

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA
ENERGÍA Y MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TÍTULO DEL PROYECTO

**“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA CONTROLADO
AUTOMATIZADO PARA MANEJO DE UN HORNO INDUSTRIAL
PARA PAN BASADO EN LA APLICACIÓN DE
MICROCONTROLADORES PARA LA EMPRESA VALLEJO E
HIJOS CIA. LTDA.”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

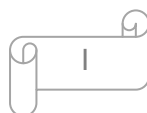
REALIZADO POR:

**CESAR DAVID YÁNEZ JUMBO
JOSE ANTONIO VALLEJO PRIETO**

DIRECTOR: ING. LUIS ECHEVERRÍA.

CODIRECTOR: ING. DIEGO CASARES.

SANGOLQUÍ, 12 DE ENERO DEL 2009



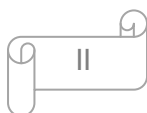
CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA CONTROLADO AUTOMATIZADO PARA MANEJO DE UN HORNO INDUSTRIAL PARA PAN BASADO EN LA APLICACIÓN DE MICROCONTROLADORES PARA LA EMPRESA VALLEJO E HIJOS CIA. LTDA.**”, fue realizado en su totalidad por los señores César David Yáñez Jumbo y José Antonio Vallejo Prieto, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingenieros Mecánicos.

Ing. Luis Echeverría
DIRECTOR

Ing. Diego Casares
CODIRECTOR

Sangolquí, 12 de enero del 2009



LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA CONTROLADO AUTOMATIZADO PARA MANEJO DE UN HORNO INDUSTRIAL PARA PAN BASADO EN LA APLICACIÓN DE MICROCONTROLADORES PARA LA EMPRESA VALLEJO E HIJOS CIA. LTDA.”

ELABORADO POR:

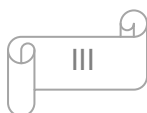
Sr. César David
Yáñez Jumbo.

Sr. José Antonio
Vallejo Prieto

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DIRECTOR DE LA CARRERA
DE INGENIERÍA MECÁNICA
Ing. Juan Díaz

Sangolquí, 12 de enero del 2009



DEDICATORIA

A mi madre y padre, que con su inmenso esfuerzo, cariño, apoyo y paciencia constante e incondicional a lo largo de mi carrera y de mi vida.

A toda mi familia, que siempre con su apoyo me han dado fuerzas para seguir adelante.

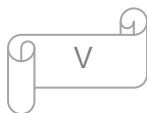
A los verdaderos amigos, quienes siempre han estado presentes en los buenos y malos momentos.

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser parte de mi vida, por darme a mis padres y mi familia, por darme la entereza y el coraje para continuar en los malos momentos.

A mis padres que fueron las personas que cimentaron las bases para que me convierta en una persona de bien.

A todos los profesores y maestros con los que compartí a lo largo de mi carrera estudiantil.



INDICE DE CONTENIDO

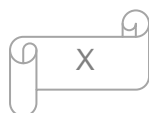
CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	II
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN	XVII
INTRODUCCIÓN	XVIII
1. GENERALIDADES.....	19
1.1. DETALLE DEL HORNO A AUTOMATIZAR.....	19
1.1.1. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS EN EL CIRCUITO.....	22
1.1.2. FUNCIONAMIENTO GENERAL.....	24
1.2. ANTECEDENTES.....	25
1.3. DEFINICION DEL PROBLEMA.....	26
1.4. OBJETIVOS	27
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	27
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
1.5. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA	27
1.6. ALCANCE	28
2. MARCO TEORICO	31
2.1. GENERALIDADES	31
2.1.1. BREBE HISTORIA DE HORNOS DE PAN.....	31
2.1.2. TEMPERATURA.....	31
2.1.2.1. EFECTO PELTIER.....	33
2.1.2.2. EFECTO SEEBECK (EFECTO TERMOELÉCTRICO)	33
2.1.2.3. TERMOCUPLAS.....	35
2.1.2.3.1. PROBLEMAS DE CONEXIÓN	38
2.1.2.3.2. RESISTENCIA DE LA GUÍA.....	38
2.1.2.3.3. DESCALIBRACIÓN.....	38
2.1.2.3.4. RUIDO	39
2.1.2.3.5. VOLTAJE EN MODO COMÚN	39
2.1.2.3.6. DESVIACIÓN TÉRMICA	40
2.1.2.4. MEDIR TEMPERATURA CON UN VOLTIMETRO	40

2.1.2.4.1.	PROCEDIMIENTO EXACTO.....	40
2.1.2.4.2.	PROCEDIMIENTO APROXIMADO.....	41
2.2.	DESARROLLO TECNOLÓGICO	41
2.2.1.	LA AUTOMATIZACIÓN.....	42
2.2.2.	REVOLUCIÓN O NUEVA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL	43
2.3.	ÁREAS DE APLICACIÓN	43
2.4.	TIPOS	43
2.4.1.	CLASIFICACION DE HORNOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA	44
2.5.	SISTEMAS DE CONTROL PROGRAMABLE.....	45
2.5.1.	TIPOS.....	46
2.5.1.1.	PLC.....	47
2.5.1.2.	MICROCONTROLADORES	48
2.5.2.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	54
2.5.2.1.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PLC.....	54
2.5.2.1.1.	VENTAJAS	54
2.5.2.1.2.	DESVENTAJAS	55
2.5.2.2.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS MICROCONTROLADORES	55
2.6.	ANÁLISIS TÉRMICO DEL PROCESO	56
2.6.1.	CONDUCCIÓN	57
2.6.2.	LA CONVECCIÓN	57
2.6.3.	LA RADIACIÓN.....	59
2.6.4.	TRANSFERENCIA DE CALOR EN EL HORNO ROTATORIO.....	60
3.	ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL	69
3.1.	DETERMINACION DE LAS VARIABLES IMPORTANTES DEL PROCESO	69
3.2.	DETERMINACION DE SENSORES.....	70
3.2.1.	SENSOR DE TEMPERATURA	70
3.2.1.1.	TERMOCUPLA TIPO K.....	73
3.2.2.	MICROSWITCH.....	73
3.3.	DETERMINACION DE ACTUADORES.....	74
3.4.	DETERMINACION DEL SISTEMA DE CONTROL.....	75
3.4.1.	EL MICROCONTROLADOR PIC.....	79
3.4.1.1.	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:	79
3.4.1.2.	CARACTERÍSTICAS PERIFÉRICAS:	80
4.	DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL E IMPRESIÓN DE LA PLACA ..	81
4.1.	DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL	81

4.1.1.	ENTRADAS	81
4.1.1.1.	TECLADO	82
4.1.1.2.	TERMOCUPLA TIPO K	84
4.1.1.2.1.	CONVERTIDOR DIGITAL DE TERMOCUPLA K MAX6675	84
4.1.1.2.2.	CURVA CORREGIDA DE LAS CONDICIONES OPERACIONALES	86
4.1.1.3.	MICROSWITCH PUERTA Y BANDEJA	88
4.1.2.	SALIDAS	88
4.1.2.1.	PANTALLA	89
4.1.2.2.	INDICADORES DE CONTROL	90
4.1.2.2.1.	MULTIPLEXOR 3 A 8 74HC138	92
4.1.2.3.	ELEMENTOS DE POTENCIA	93
4.1.3.	PARAMETROS DE CONTROL	94
4.1.3.1.	TIEMPO	94
4.1.3.1.1.	DS1307	95
4.1.3.2.	SUMINISTRO DC	97
4.1.3.3.	FRECUENCIA	104
4.1.4.	DISEÑO ELECTRONICO	105
4.1.4.1.	CONEXIÓN MATRIZ DE TECLADO	107
4.1.4.2.	CONEXIONES MAX6675	108
4.1.4.3.	CONEXIÓN MICROSWITCH	109
4.1.4.4.	CONEXIONES LCD	109
4.1.4.5.	CONEXIÓN 74HC138	110
4.1.4.6.	SALIDAS A TARJETA DE POTENCIA	111
4.1.4.7.	CONEXIÓN DS1307	112
4.1.4.8.	CONEXIÓN FUENTE DC	113
4.1.4.9.	CONEXIÓN CRYSTAL	114
4.1.4.10.	CIRCUITO DE RESET	114
4.2.	DISEÑO DEL ESQUEMA ELECTRONICO	116
4.2.1.	PANTALLA LCD	116
4.2.1.1.	DISEÑO	118
4.2.1.2.	RUTEADO	119
4.2.2.	TECLADO	120
4.2.2.1.	DISEÑO	121
4.2.2.2.	RUTEADO	124
4.2.3.	CONTROL	125
4.2.3.1.	CONEXIONES	125
4.2.3.1.1.	BORNERAS	126
4.2.3.1.2.	BUS DE DATOS 10 PINES	128

4.2.3.2.	RUTEADO	129
4.2.4.	POTENCIA	130
4.2.4.1.	RELE	130
4.2.4.2.	PROTECCION	132
4.2.4.3.	DISEÑO	134
4.2.4.4.	RUTEADO	138
4.2.5.	FUENTE DE PODER 12 V DC	139
4.2.6.	ESQUEMA DE TARJETAS	140
4.2.7.	ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA	141
4.3.	PRUEBAS Y SIMULACION	142
4.3.1.	TARJETA DE CONTROL.....	142
4.3.2.	TARJETA DE POTENCIA.....	142
4.4.	IMPRESIÓN DE LA TARJETA.....	144
4.4.1.	MÉTODO DE FABRICACIÓN DE CIRCUITOS IMPRESOS	144
4.4.2.	DISEÑO DEL CIRCUITO IMPRESO POR SOFTWARE	144
4.4.2.1.	PANTALLA.....	145
4.4.2.2.	TECLADO	146
4.4.2.3.	CONTROL	147
4.4.2.4.	POTENCIA.....	148
4.4.3.	IMPRESIÓN DE LAS PISTAS Y SCREEN DE LOS ELEMENTOS	149
4.4.4.	PREPARACIÓN DE LA PLACA (BAQUELITA O FIBRA DE VIDRIO)	150
4.4.5.	TRANSFERENCIA TÉRMICA DEL PAPEL HACIA LA LÁMINA DE COBRE... 152	
4.4.6.	PROCESO DE ATACADO (REDUCCIÓN) DEL COBRE	154
4.4.7.	PROCESO DE LIMPIEZA DE LA PLACA YA ATACADA CON ÁCIDO	156
4.4.8.	TRANSFERENCIA TÉRMICA DEL SCREEN DE LOS ELEMENTOS.....	157
4.4.9.	PERFORACIÓN DE LA PLACA	158
4.4.10.	SOLDADURA DE ELEMENTOS	160
5.	DESARROLLO DEL SOFTWARE DE CONTROL	163
5.1.	DIAGRAMA DE FLUJO.....	163
5.2.	PROGRAMA EN ALTO NIVEL.....	168
5.3.	SIMULACION	173
5.4.	TRANSMISION DEL PROGRAMA AL PIC.....	190
6.	INSTALACION DEL SISTEMA DE CONTROL.....	195
6.1.	INSTALACION A LOS ACTUADORES	201
6.2.	INSTALACION A LOS SENSORES	201

6.3.	INSTALACION DE LOS SISTEMAS DE CONTROL.....	201
7.	FUNCIONAMIENTO Y PRUEBAS DEL SISTEMA CONJUNTO	203
7.1.	ENCENDIDO.....	203
7.2.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	204
7.2.1.	SETEAR EL RELOJ.....	205
7.2.2.	PROGRAMAR HORNO	205
7.2.3.	PROGRAMAR VAPOR.....	206
7.2.4.	EJECUTAR EL PROGRAMA DEL HORNO.....	208
7.2.5.	ACTIVAR VAPOR.....	210
7.2.6.	FINALIZACIÓN	212
8.	ANALISIS ECONOMICO FINANCIERO	215
8.1.	ANALISIS ECONOMICO	215
8.1.1.	DETERMINACIÓN DE COSTOS.....	215
8.1.1.1.	COSTOS DIRECTOS.....	215
8.1.1.2.	COSTOS INDIRECTOS	216
8.1.2.	COSTOS DE PRODUCCIÓN.....	217
8.1.3.	DEPRECIACIÓN.....	218
8.2.	ANALISIS FINANCIERO.....	219
8.2.1.	INGRESOS.....	219
8.2.2.	EGRESOS.....	220
8.2.3.	FLUJO DE CAJA NETO.....	220
8.2.4.	TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) Y VALOR ACTUAL NETO (VAN),	221
9.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	223
9.1.	CONCLUSIONES	223
9.2.	RECOMENDACIONES.....	223
BIBLIOGRAFIA		225
WEB CONSULTADAS		226
NOMENCLATURA		227
ANEXOS		231
A1.	PIC18F452.....	231
A2.	MAX6675.....	335



A3.	LCD LM044L.....	343
A4.	74HC138	346
A5.	DS1307.....	353
A6.	7805	365
A7.	LM 123 LM323	392
A8.	MC33167T	400
A9.	FUENTE DE PODER ATX	416
A10.	CATALOGO HORNO TERMOPAN	444
B1.	COMUNICACIÓN - BUS I2C.....	448
B2.	PROGRAMACION EN MICROBASIC	457
B3.	GUIA TERMOGRAFÍA	483
B4.	TERMOMETRO INFRARROJO FLUKE SERIE 60	495
C1.	TABLAS DE ANALISIS ECONOMICO FINANCIERO	499
C2.	TABLA TERMOCUPLA.....	504

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 MODELOS DE HORNO DE PAN.....	19
Tabla 2 DIMENSIONES DE HORNO SIN CAMARA DE LEUDO	20
Tabla 3 DIMENSIONES HORNO CON CAMARA DE LEUDO	21
Tabla 4 DATOS TECNICOS HORNO RETONDARO.....	22
Tabla 5 TRANSDUCTORES DE TEMPERATURA	32
Tabla 6 MODELOS BASICOS DE PIC.....	52
Tabla 7 DISPOSICION CAMARA	64
Tabla 8 TABLA DE TEMPERATURAS.....	65
Tabla 9 SALIDAS.....	69
Tabla 10 ENTRADAS	70
Tabla 11 FASES	70
Tabla 12 SENSORES DE TEMPERATURA.....	71
Tabla 13 TIPO DE TERMOCUPLAS.....	72
Tabla 14 UBICACIÓN DE MICROSWITCH.....	74
Tabla 15 ACTUADORES	75
Tabla 16 PIC16F84A	76
Tabla 17 FAMILIA PIC 16FXXX.....	76
Tabla 18 FAMILIA PIC18FXXX.....	77
Tabla 19 NUMERO DE ENTRADAS.....	82
Tabla 20 MATRIZ DE TECLADO	82
Tabla 21 PINES MAX6675.....	85
Tabla 22 CONEXIÓN MAX6675 CON PIC18F452.....	86
Tabla 23 AMPLIFICACION MAX6675.....	87
Tabla 24 NUMERO DE SALIDAS	89
Tabla 25 TIPOS DE LCD	89
Tabla 26 TIPOS DE LED	91
Tabla 27 PINES 74HC138	92
Tabla 28 PINES DS1307	95
Tabla 29 CARACTERISTICAS 7805.....	98
Tabla 30 CARACTERISTICAS LM123.....	99
Tabla 31 CARACTERISTICAS LM323.....	100
Tabla 32 CARACTERISTICAS MC33167T	101
Tabla 33 COMPARATIVA SUMINISTRO DC.....	103
Tabla 34 FUENTE IMPLEMENTADA.....	104
Tabla 35 CONDENSADORES SEGÚN FRECUENCIA.....	105
Tabla 36 CONEXIONES DE PINES PIC18F452.....	105
Tabla 37 PUERTOS DEL LCD (DATA SHEET)	109
Tabla 38 CONDICIONES DE OPERACION.....	117
Tabla 39 BORNERAS DE TARJETA DE CONTROL	126
Tabla 40 FUNCION TECLADO SIMULADO EN ISIS	173
Tabla 41 MATERIALES INDIRECTOS.....	216
Tabla 42 MANO DE OBRA INDIRECTA	217

Tabla 43 IMPREVISTOS.....	217
Tabla 44 COSTOS DE PRODUCCIÓN.....	217
Tabla 45 DEPRECIACIÓN POR TASA CONSTANTE	218
Tabla 46 INGRESOS.....	220
Tabla 47 FLUJO DE CAJA NETO.....	220
Tabla 48 FLUJO DE FONDOS.....	221

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 ESQUEMA VISTA FRONTAL	23
Ilustración 2 ESQUEMA VISTA SUPERIOR	24
Ilustración 3 COEFICIENTE DE SEEBEK.....	35
Ilustración 4 COMPENSACIÓN DE CERO	36
Ilustración 5 CABLES COMPENSADOS.....	37
Ilustración 6 DIAGRAMA EN BLOQUE DE UN MICROCONTROLADOR	49
Ilustración 7 PINES FAMILIA PIC16FXXX	53
Ilustración 8 UBICACIÓN DE MEDIDAS DE TEMPERATURA	63
Ilustración 9 NOMENCLATURA DE MEDICIONES DE TEMPERATURA	64
Ilustración 10 TEMPERATURA CAMARA SUPERIOR	65
Ilustración 11 TEMPERATURA CAMARA MEDIA.....	66
Ilustración 12 TEMPERATURA CAMARA INFERIOR.....	66
Ilustración 13 TEMPERATURA CAMARA TOTAL	67
Ilustración 14 TERMOCUPLA K.....	73
Ilustración 15 PINES FAMILIA PIC18FXXX	80
Ilustración 16 MATRIZ DE TECLADO.....	83
Ilustración 17 PULSADOR	84
Ilustración 18 TIPOS DE PULSADOR.....	84
Ilustración 19 ESQUEMA MAX6675	85
Ilustración 20 CONFIGURACION PINES MAX6675	85
Ilustración 21 AMPLIFICACION MAX6675	88
Ilustración 22 CONFIGURACION PINES 74HC138	92
Ilustración 23 SIMBOLOGÍA LÓGICA	93
Ilustración 24 PINES DS1307	96
Ilustración 25 CIRCUITO TIPICO DE OPERACION.....	96
Ilustración 26 COMUNICACION DS 1307.....	96
Ilustración 27 CRISTAL DEL RTC DS1307.....	97
Ilustración 28 7805.....	97
Ilustración 29 ESQUEMA MC33167T	101
Ilustración 30 CONEXIÓN PARA UN CRYSTAL DE CUARZO	104
Ilustración 31 PINES PIC 18F452 EN ISIS	106
Ilustración 32 MATRIZ DE TECLADO EN ISIS	107
Ilustración 33 MAX6675 EN ISIS	108
Ilustración 34 MICROSWITCHS DE PUERTA Y BANDEJA EN ISIS	109
Ilustración 35 PUERTOS DEL LCD EN ISIS	110
Ilustración 36 CONEXIÓN 74HC138 EN ISIS	110
Ilustración 37 BORNERS DE TARJETA DE CONTROL A TARJETA DE POTENCIA EN ISIS.....	111
Ilustración 38 SALIDA A DISPARADOR DE RELE DE TURBINA.....	111
Ilustración 39 SEÑALES DE CONTROL EN CONECTOR DE 10 PINES EN ISIS	112
Ilustración 40 CONEXIÓN DS1307 EN ISIS	112
Ilustración 41 CONEXIÓN DE FUENTE 5V EN ISIS.....	113
Ilustración 42 CONEXIÓN DEL CRISTAL EN ISIS	114

Ilustración 43 RESET EN ISIS	114
Ilustración 44 TARJETA DE CONTROL EN ISIS	115
Ilustración 45 ESQUEMA 3D PANTALLA	117
Ilustración 46 ESQUEMA DE VOLTAJES	118
Ilustración 47 CONEXIONES ELECTRICAS DE PANTALLA EN ISIS	118
Ilustración 48 RUTEADO DE PANTALLA EN ARES	120
Ilustración 49 ESQUEMA 3D TECLADO.....	121
Ilustración 50 CONEXIONES ELECTRICAS DE TECLADO EN ISIS	122
Ilustración 51 LED TURBINA-MATRIZ TECLADO	123
Ilustración 52 LEDS	123
Ilustración 53 RUTEADO DE TECLADO EN ARES	124
Ilustración 54 ESQUEMA 3D CONTROL	125
Ilustración 55 BORNERAS B1-B2-B7	126
Ilustración 56 BORNERA B5.....	127
Ilustración 57 BORNERAS B3-B4.....	127
Ilustración 58 RUTEADO DE CONTROL EN ARES.....	129
Ilustración 59 ESQUEMA 3D POTENCIA	130
Ilustración 60 RELE	131
Ilustración 61 PROTECION EN ISIS.....	132
Ilustración 62 PROTECCION EN ARES	132
Ilustración 63 CIRCUITO DISPARADOR EN ISIS.....	133
Ilustración 64 DISEÑO DE TARJETA DE POTENCIA EN ISIS	134
Ilustración 65 RUTEADO DE TARJETA DE POTENCIA.....	138
Ilustración 66 RELE DE LA TURBINA.....	139
Ilustración 67 ESQUEMA DE PANTALLA, TECLADO, CONTROL Y POTENCIA	140
Ilustración 68 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO.....	141
Ilustración 69 SEÑALES DE CONTROL EN ISIS	142
Ilustración 70 CIRCUITO DISPARADOR DE RELE EN ISIS	143
Ilustración 71 CAJA PLASTICA	195
Ilustración 72 TAPA MODIFICADA	196
Ilustración 73 CONJUNTO ARMADO	197
Ilustración 74 CAJA DE CONTACTORES	198
Ilustración 75 FUENTE DE PODER.....	199
Ilustración 76 SISTEMA DE AUTOMATIZACION ARMADO	199
Ilustración 77 SISTEMA DE AUTOMATIZACION EXPLOSIONADO.....	200
Ilustración 78 DISTRIBUCION DE BOTONES	203
Ilustración 79 DEPRECIACIÓN DEL EQUIPO	219

INDICE DE IMAGENES

Imagen 1 SR-L14.....	20
Imagen 2 SR-L16 CON CAMARA.....	20
Imagen 3 HORNO ROTATIVO RETONDARO.....	21
Imagen 4 VENTILADOR PARA FORZAR LA CONVECCION EN CAMARA DE PAN.....	58
Imagen 5 FLUKE 62.....	62
Imagen 6 MICROSWITCH.....	74
Imagen 7 CONECTOR DE 5 V.....	113
Imagen 8 CONECTOR DE 12 V.....	139
Imagen 9 PRUEBAS DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACION EN EL PROTOBOARD.....	143
Imagen 10 CIRCUITO IMPRESO DE PANTALLA.....	145
Imagen 11 CIRCUITO IMPRESO DEL TECLADO.....	146
Imagen 12 CIRCUITO IMPRESO DE TARJETA DE CONTROL.....	147
Imagen 13 CIRCUITO IMPRESO DE TARJETA DE POTENCIA.....	148
Imagen 14 CORTAR LA PLACA.....	150
Imagen 15 LIMPIAR.....	151
Imagen 16 TERMOIMPRESIÓN.....	153
Imagen 17 MATERIALES.....	154
Imagen 18 ATAQUE QUÍMICO.....	155
Imagen 19 LIMPIEZA FINAL.....	157
Imagen 20 TERMOFIJACION FINAL.....	158
Imagen 21 TALADRADO.....	159
Imagen 22 HERRAMIENTAS Y MATERIALES PARA SUELDA.....	160
Imagen 23 LIMPIEZA FINAL.....	161
Imagen 24 INSTALACION SISTEMA AUTOMATIZACION.....	202
Imagen 25 CALCAMONIA DE CONTROL.....	204

RESUMEN

Dada la importancia que ha adquirido la automatización, en todos y cada uno de los procesos industriales y no industriales, se torna indispensable para el ingeniero mecánico familiarizarse, investigar y desarrollar las nuevas tecnologías, para producir bienes y servicios de gran demanda en la industria nacional, que permitan un control automatizado de procesos, procesos en los que intervienen máquinas, máquinas que en sí mismas son un proceso mecánico, térmico, automatizado o susceptible de automatización.

Este proyecto está orientado a la utilización de una tecnología relativamente nueva, cuya implementación como reemplazo del PLC tiene una gran demanda por su costo y flexibilidad, estamos hablando de los microcontroladores programables en general y en particular de la familia PIC que forma parte de los circuitos integrados de Microchip Technology Inc. cuyo desarrollo, empujado por su gran éxito, nos permite tener en el mercado una gran gama de soluciones tecnológicas para las diversas necesidades y aplicaciones, siendo además una tecnología en constante desarrollo de la mano de la de los microprocesadores.

La automatización es el procesamiento de las entradas para controlar, temporizar las salidas, en este proyecto se debe, de ser necesario, acondicionar las señales de las entradas, para que las pueda leer y procesar el microcontrolador, desarrollar el programa que con las lecturas de las entradas controle las salidas, acondicionar las señales de salida del microcontrolador, de ser necesario, para con ellas activar condicional o temporariamente las salidas.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto en el capítulo uno muestra la necesidad de realizar una investigación y análisis actual del desarrollo de nuevas tecnologías para la automatización.

En el capítulo 2 se considera el marco teórico, tipos de sistema de control programable análisis térmico de la cámara de pan.

En el capítulo 3 se analizan las respectivas tecnologías, características, determinación de sensores, actuadores y del sistema de control.

En el capítulo 4 se desarrollo el diseño del sistema de control, la impresión y construcción de las tarjetas tomando en cuenta los materiales usados su configuración,

En el capítulo 5 se desarrolla el software de control, se realiza la respectiva simulación del mismo para validar su funcionamiento antes de grabarlo al hardware

En el capítulo 6 se explica la instalación a los actuadores, sensores y todo el sistema de control

En el capítulo 7 se realiza el encendido realizando las pruebas de funcionamiento del sistema de automatización, tema de este proyecto.

En el capítulo 8 Finalmente se realizó un análisis de viabilidad comercial y factibilidad financiera.

1. GENERALIDADES

1.1. DETALLE DEL HORNO A AUTOMATIZAR

En la industria Ecuatoriana existen varios modelos de hornos giratorios de diferentes tamaños, capacidades, fabricantes; quedando como el principio de funcionamiento general el mismo por lo que en todos estos se podrá aplicar el sistema de automatización contratado a la Empresa Vallejo e Hijos Cía. Ltda.

A continuación se detallan los modelos sus partes y elementos constitutivos más el funcionamiento general el cual es el mismo para los modelos de hornos que generalmente se los comercializa en el mercado ecuatoriano

Tabla 1 MODELOS DE HORNO DE PAN

MODELOS BASICOS	NUMERO DE LATAS
S5	5
S10	10
S15	15
S20	20
S40	40
MODELOS NUEVOS	NUMERO DE LATAS
SR - L14 DIESEL	12
	16
	20
	40
SR - L16 CON CAMARA	12
	16
	20
	40



Imagen 1 SR-L14



Imagen 2 SR-L16 CON CAMARA

Tabla 2 DIMENSIONES DE HORNO SIN CAMARA DE LEUDO

DATOS TECNICOS	DIMENCIONES			COMBUSTIBLE		Potencia			
	Ancho	Fondo	Alto	Diesel G/H	Gas kg/H	Electrica	N. Bandeja	Tam. Band	N. Gradiller
HORNO DE 12 LATAS	1.20	1.60	1.57		0.75	110 Kw/h	24	65x45 cm	2
HORNO DE 16 LATAS	1.82	1.30	1.90	1		220 Kw/h	32	65x45 cm	2
HORNO DE 20 LATAS	1.82	1.30	2.15	1		220 Kw/h	40	65x45 cm	2

HORNO DE 40 LATAS	2.30	1.64	2.20	1.50		220 Kw/h	80	65x45 cm	2
CAMARA	0.82	1.05	1.90			220 Kw/h			

Tabla 3 DIMENSIONES HORNO CON CAMARA DE LEUDO

DATOS TECNICOS	DIMENSIONES [m]		
DETALLE	ANCHO	FONDO	ALTO
HORNO DE 12 LATAS	2.05	1.60	1.57
HORNO DE 16 LATAS	2.48	1.30	1.90
HORNO DE 20 LATAS	2.64	1.29	2.15
HORNO DE 40 LATAS	3.40	1.64	2.30
CAMARA 40 LATAS	1.20	1.50	2.30



Imagen 3 HORNO ROTATIVO RETONDARO

Tabla 4 DATOS TECNICOS HORNO RETONDARO

SUPERFICIE	ALTURA	CONSUMO ELÉCTRICO	CONSUMO CAL/HORA
1.60 x 1.60 m.	2.40 m.	2 KW / H	70.000 Cal/H

Además de estos modelos de hornos rotatorios de pan el cliente de Vallejo e Hijos Cía. Ltda. sugirió un modelo de horno español en el cual le interesa aplicar el sistema de automatización desarrollado en este proyecto ver [ANEXO A10*](#)

1.1.1. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS EN EL CIRCUITO

- TeC Temperatura de Cocción
- TiC Tiempo de Cocción
- QD Quemador a Diesel
- MT Motor de Turbina
- MR Motor reductor
- TTC Temperatura de la Termocupla
- LP Limitador de la Puerta
- LR Limitador del Rotor
- AL Alarma
- TV Tiempo de encendido de la electro válvula
- EV Electro válvula

VISTA FRONTAL

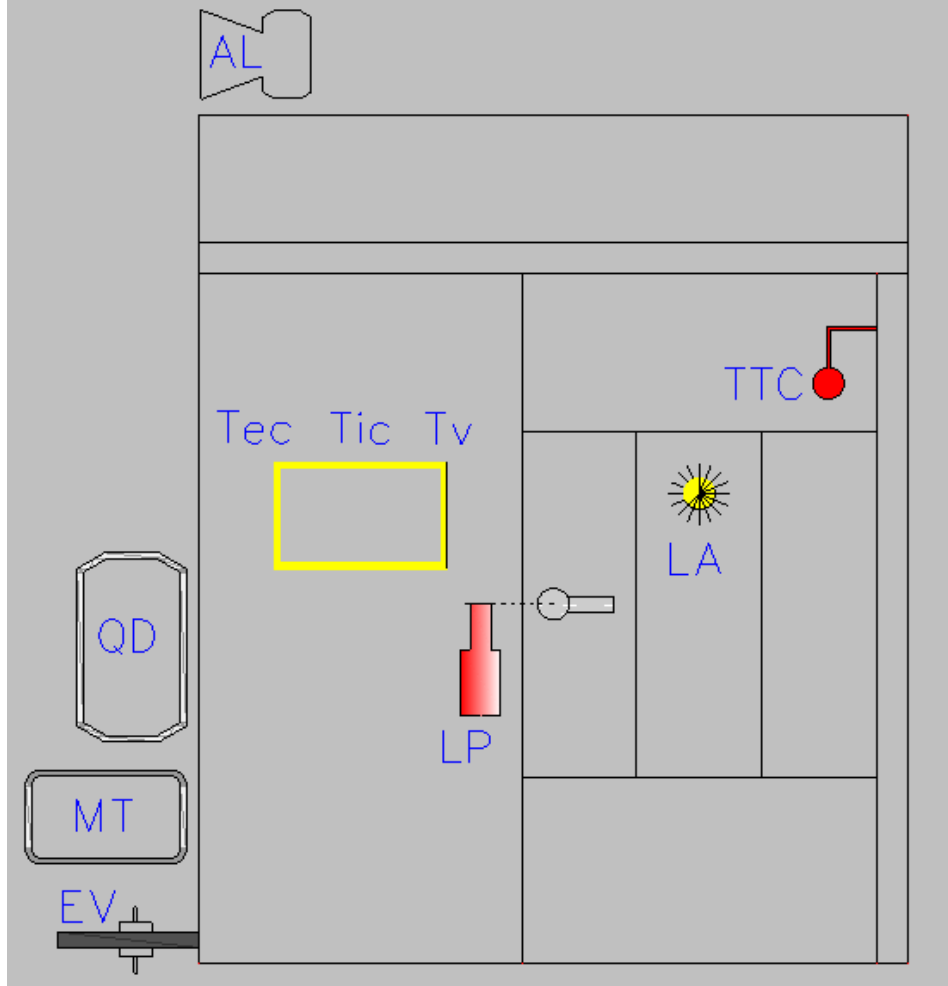


Ilustración 1 ESQUEMA VISTA FRONTAL

VISTA SUPERIOR

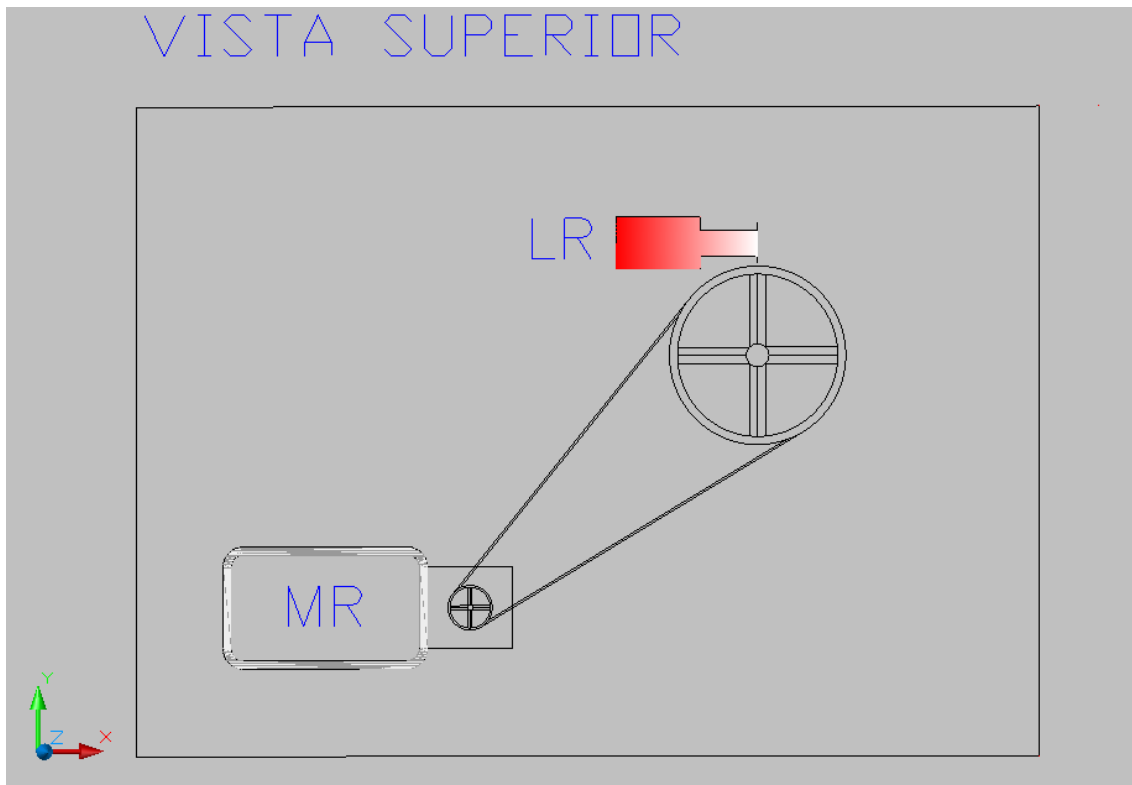


Ilustración 2 ESQUEMA VISTA SUPERIOR

1.1.2. FUNCIONAMIENTO GENERAL

El usuario de este equipo necesita cocer el pan a una cierta temperatura en un tiempo determinado y de requerir para ciertas ocasiones especiales (Pan de Agua), necesitara mandar vapor dentro de la cámara de cocción (Electro Válvula – dar paso de agua), para lo cual sigue ciertos parámetros generales:

- a) **Encender el equipo**
- b) **Programar horno:**
Temperatura de cocción 50 a 250 °C y Tiempo de cocción 5 a 60 min.
- c) **Programar vapor:**
Tiempo electroválvula de horno ó tiempo electroválvula de cámara de leudo 2 a 60 s.

d) Inicio de proceso:

Calentador encendido mientras Temperatura de cocción \leq Temperatura de horno

Encender alarma si Temperatura de cocción $>$ Temperatura de horno

Apagar alarma

Ingresar el pan

Encender turbina mientras Tiempo de cocción \leq Tiempo programado

Activar vapor si se ha programado electroválvula de horno o cámara de leudo

e) Fin de proceso:

Apagar calentador, turbina, luz, rotor si Tiempo de cocción $>$ Tiempo programado

1.2. ANTECEDENTES

La Empresa Vallejo e hijos Cía. Ltda. en su afán de tener una ventaja competitiva con la industria nacional productores de hornos rotativos industriales y maquinaria como ECUAHORNOS, HORNOS ANDINO, EQUIPAN, entre otros y mejorar su producción industrial de maquinaria y equipos se ha visto en la necesidad de buscar una ventaja competitiva para acaparar el mercado nacional de la venta de maquinaria industrial, empezando con la de los hornos industriales, buscando mejorar su sistema de automatización brindado una mejor presentación del equipo, facilidad de manejo, versatilidad a un menor costo a largo plazo, ya que la inversión inicial de investigación puede ser un poco alta.

La automatización de equipos industriales está tomando al mundo Industrial por ende a toda la maquinaria y equipos mecánicos; razón por la cual el Ingeniero Mecánico debe dominar este ámbito de la tecnología si quiere mantenerse vigente y competitivo en el campo profesional de hoy, más aún tomando en cuenta la formación de nuevas ingenierías como la carrera de mecatrónica

La industria Ecuatoriana no puede quedarse a la zaga de sus competidores internacionales y la responsabilidad del Ing. Mecánico es cubrir las necesidades de este campo ya que un Ing. Electrónico de Control desconoce el funcionamiento de los mecanismos, de los materiales de los componentes, de los sistemas hidráulicos, y neumáticos, transferencia de calor, lo que nos da una ventaja competitiva si desarrollamos nuestros conocimientos en esta tecnología

La automatización presenta varias alternativas de las cuales la que utiliza controladores programables, se ha vuelto muy popular, siendo esta la que se considera en la presente tesis, ya que a pesar del mayor tiempo de investigación e ingeniería necesaria para su diseño y construcción, una vez realizada se puede ocupar para cualquier horno y además representa una ventaja competitiva por ser difícil de imitar, tecnología aplicada a la medida optimizada para este proceso, netamente superior a la competencia, aplicable a varias situaciones, su menor costo, versatilidad, facilidad de manejo, razón por la cual la industria está migrando hacia esta tecnología.

1.3. DEFINICION DEL PROBLEMA

La falta de aplicación de sistemas de control programable para la automatización de equipos industriales mediante microcontroladores, es debido a la falta de bibliografía de proyectos reales aplicados en la industria, a la falta de motivación para el estudio de la automatización mediante sistemas programables con microcontroladores en la carrera de ingeniería mecánica.

Por esto es importante plantearse, ¿Cómo influye la falta de bibliografía, en los estudios de la automatización mediante sistemas programables con microcontroladores en la carrera de ingeniería mecánica?, ¿Qué efecto tiene la falta de motivación específica, en el estudio de la automatización mediante sistemas programables con microcontroladores en la carrera de ingeniería mecánica?, ¿En cuánto determina la falta del estudio de la automatización mediante sistemas programables con microcontroladores en la carrera de

ingeniería mecánica?, ¿Cuál es la incidencia de la elaboración de un sistemas programable con microcontroladores para equipos industriales?

Por estas razones el presente proyecto pretende determinar, cuál es la incidencia de la elaboración de un sistema programable con microcontroladores para la automatización de un horno industrial de pan.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

DISEÑAR Y CONSTRUIR UN SISTEMA DE CONTROL PROGRAMABLE PARA AUTOMATIZAR UN HORNO INDUSTRIAL DE PAN FABRICADO POR LA EMPRESA VALLEJO E HIJOS CIA. LTDA.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Entender las ventajas y desventajas que se tiene en la Industria usando sistemas de control programable, en los procesos de automatización de maquinaria y equipos mecánicos
- Estudiar y analizar el funcionamiento de los elementos que actúan en todo el sistema del Horno para Pan, y las posibles alternativas para incorporar en el sistema de control automático.
- Realizar un estudio e investigación de los principales sistemas de control programable y seleccionar el más adecuado para esta aplicación.
- Diseñar el sistema de alimentación y conexión de los elementos del sistema horno para pan al sistema automatizado de control.
- Realizar el programa mediante el cual se va automatizar los elementos que forman el sistema horno para pan.
- Determinar los beneficios que se adquirirán con la culminación del proyecto

1.5. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA

Para la Empresa Vallejo e Hijos Cía. Ltda. es importante generar tecnología nacional innovadora para poder mantenerse competitivo en el mercado nacional y tratar de ingresar al internacional para lo cual tiene como idea principal entregar al consumidor un equipo con tecnología de punta manteniendo su precio de venta por medio de la automatización industrial mediante sistemas de control programables.

En muchas empresas Ecuatorianas se manejan sistemas automatizados que en muchos de los casos contratan personal extranjero para implementar en sus plantas estos dispositivos ya que muchos de los problemas de los profesionales es que se complica juntar los conocimientos del Ing. Mecánico y el Ing. Electrónico, es por esta razón que es de suma importancia fomentar a los estudiantes que se están formando en las aulas de la ESPE como futuros Ingenieros Mecatrónicos para que pongan énfasis en sus conocimientos que serán luego aplicados en la Industria e incentivar con proyectos como este al Ing. Mecánico de la ESPE para que investigue y se forme en esta rama ya que los problemas en la Industria son hoy y campo aplicativo existe en gran cantidad ya que muchas de las Empresas Ecuatorianas funcionan aun con sistemas ineficientes que se pueden mejorar con la automatización, disminuyendo personal y haciéndolas más eficientes en la manufactura; incrementando así la posibilidad de ser mejores competidores a nivel mundial.

1.6. ALCANCE

Incrementar las ventas de la Empresa Vallejo e Hijos Cia. Ltda. por lo menos en un 10% en los 2 primeros años luego del ingreso de esta nueva tecnología.

Facilitar la operación y control de hornos industriales para pan de la empresa Vallejo e Hijos Cía. Ltda. ofreciendo mandos electrónicos mediante el diseño y construcción de un sistema controlado automatizado programable, para reemplazar los mandos electromecánicos obteniendo mejores resultados en la implementación del control con una menor inversión de tiempo y dinero, ofreciendo además a los usuarios un mejor acabado y facilidad de manejo del equipo.

Demostrar que el uso de un sistema de control programable es importante en un proyecto mecatrónico y que no existe sistema mecánico que no se pueda convertir en mecatrónico, constituyéndose estos a muy corto plazo en una necesidad imperiosa para un ingeniero mecánico, frente a lo que hay en la industria.

2. MARCO TEORICO

2.1. GENERALIDADES

2.1.1. BREBE HISTORIA DE HORNOS DE PAN

Los hornos son una construcción que al igual que las bodegas o los molinos, solían ser privados o comunales, formando parte de la casa o siendo una construcción independiente de la casa.

El horno es una construcción que evoluciono poco a lo largo de la historia.

Los hornos comunales eran mucho más grandes que los individuales, porque eran usados "a rolda" (pasando de vecino en vecino) las hornadas eran más grandes para que durara el pan hasta que volviera a tocar el turno. Estos hornos eran construidos por todo el pueblo o por todos los vecinos que lo utilizaban.

Hoy en día envista del notable incremento poblacional el consumo de pan a aumentado en nuestro medio ya que para muchas personas este el único sustento nutricional asequible por su bajo costo, dando lugar a que existan muchas panaderías, ofreciendo a los productores industriales de estos equipos un nicho de mercado bastante atractivo.

2.1.2. TEMPERATURA

Una cantidad física que es una medida del promedio de la energía cinética de las partículas constituyentes de un cuerpo. Determina la dirección a la cual fluirá el calor cuando dos cuerpos estén en contacto, el cuerpo con la temperatura más alta perderá calor en tanto que el de menor temperatura lo ganará.

Debe usarse un sensor de temperatura, que será un dispositivo capaz de transformar la magnitud física ó variable de instrumentación en magnitudes

eléctricas, esta magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una tensión eléctrica (como en un termopar), etc.

La señal que nos entrega el sensor no solo sirve para medir la variable, también sirve para convertirla mediante circuitos electrónicos en una señal estándar (4 a 20 mA, o 1 a 5VDC) para tener una relación lineal con los cambios de la variable sensada dentro de un rango (span), para fines de control de dicha variable en nuestro proceso

Tabla 5 TRANSDUCTORES DE TEMPERATURA

Magnitud	Transductor	Característica
Temperatura	Termopar	Analógica
	RTD	Analógica
	Termistor NTC	Analógica
	Termistor PTC	Analógica
	Bimetal	I/O

Una termocupla o termopar es un transductor de temperatura, es decir, un dispositivo que traduce una magnitud física en una señal eléctrica. Está compuesta por dos alambres de metales diferentes, los que unidos convenientemente generan entre sus extremos libres una diferencia de potencial proporcional a la diferencia de temperatura entre ellos. Su funcionamiento, se basa en un descubrimiento hecho por Seebeck en 1821: si se sueldan dos metales diferentes, cuyos extremos están a distintas temperaturas, aparece una f.e.m. (llamada f.e.m Seebeck) Posteriormente, se mostró que esta f.e.m proviene en realidad de dos efectos diferentes:

- Uno resultante sólo del contacto entre dos metales disímiles y la temperatura de dicha unión. Este es el llamado “Efecto Peltier” y es debido a la difusión de electrones desde el conductor con mayor densidad electrónica al de menor densidad.
- Otro, debido a los gradientes de temperatura a lo largo de los conductores en el circuito. Este es el llamado “Efecto Thompson” y es debido al flujo de calor entre los extremos de los conductores, que es transportado por los electrones, induciendo entonces una f.e.m. entre los extremos de los mismos.

2.1.2.1. EFECTO PELTIER

El cambio en la temperatura producido en la unión de dos metales diferentes o semiconductores cuando una corriente eléctrica pasa a través de esta. La dirección de la corriente determina que la temperatura suba o baje. Los primeros metales en ser investigados fueron el Bismuto y el Cobre; si la corriente fluye del Bismuto al Cobre la temperatura se eleva, si por el contrario la corriente fluye al revés, la temperatura baja. El efecto fue descubierto en 1834 por Jean Peltier (1785-1845) y recientemente se ha utilizado para la refrigeración en baja escala. Véase el efecto Seebeck.

2.1.2.2. EFECTO SEEBECK (EFECTO TERMOELÉCTRICO)

La generación de una f.e.m. en un circuito conteniendo dos metales diferentes o semiconductores, cuando la unión entre estos dos se mantiene a diferentes temperaturas. La magnitud de la f.e.m. depende de la naturaleza de los metales y la diferencia en temperatura. El efecto Seebeck es la base de los termopares. Este fue nombrado por Thomas Seebeck (1770-1831) quien encontró que un campo magnético envolvería un circuito consistente de dos metales conductores solamente si la unión entre ambos metales fuera mantenida a diferentes temperaturas. Él asumió de forma incorrecta que los metales habían sido magnetizados por la diferencia de temperaturas. Véase el efecto Peltier

En la mayoría de los casos, la f.e.m. Thompson es bastante pequeña en comparación con la f.e.m. Peltier y, dependiendo de los materiales elegidos para la termocupla, la f.e.m. Thompson puede ser despreciada.

Históricamente, se llamó efecto Seebeck a la combinación de los efectos Thompson y Peltier. En realidad, esto sería así si no hubiera gradientes de temperatura en la zona aledaña a las uniones de la termocupla. Sin embargo, éste efecto de tipo espacial se manifiesta, por ejemplo cuando la termocupla está en presencia de un campo magnético. En general, se considera el efecto del campo sobre la f.e.m. desarrollada en las uniones solamente; sin embargo los gradientes de temperaturas generados a lo largo de los cables, son responsables de diferencias de potencial que en algunos casos son más que apreciables y deben ser tenidos en cuenta.

En la mayoría de los casos, considerar los efectos Peltier y Thompson sumados es aceptable como una buena aproximación del efecto Seebeck.

Debemos mencionar también, que la inserción de un metal intermedio en el circuito de una termocupla no afecta la f.e.m. neta, si las dos uniones con el tercer metal se mantienen a la misma temperatura.

La mayoría de las tablas sobre termocuplas dan valores de voltajes en función de la temperatura.

Sin embargo, existen tablas que dan valores del coeficiente Seebeck en función de la temperatura.

Veamos la relación existente entre el voltaje Seebeck y el coeficiente Seebeck.

Definimos al coeficiente Seebeck como el cociente entre el voltaje generado en la termocupla (ΔV) por una pequeña diferencia de temperatura (ΔT) entre sus extremos y dicha diferencia de temperatura.

Para cada metal, es posible determinar su coeficiente Seebeck absoluto formando una cupla con un metal de referencia. Por convención, el signo de dicho coeficiente se dice positivo, si la corriente inducida fluye hacia el metal de referencia. Podemos ver en la figura, las curvas para los coeficientes Seebeck del Chromel y del Alumel usados en la termocupla.

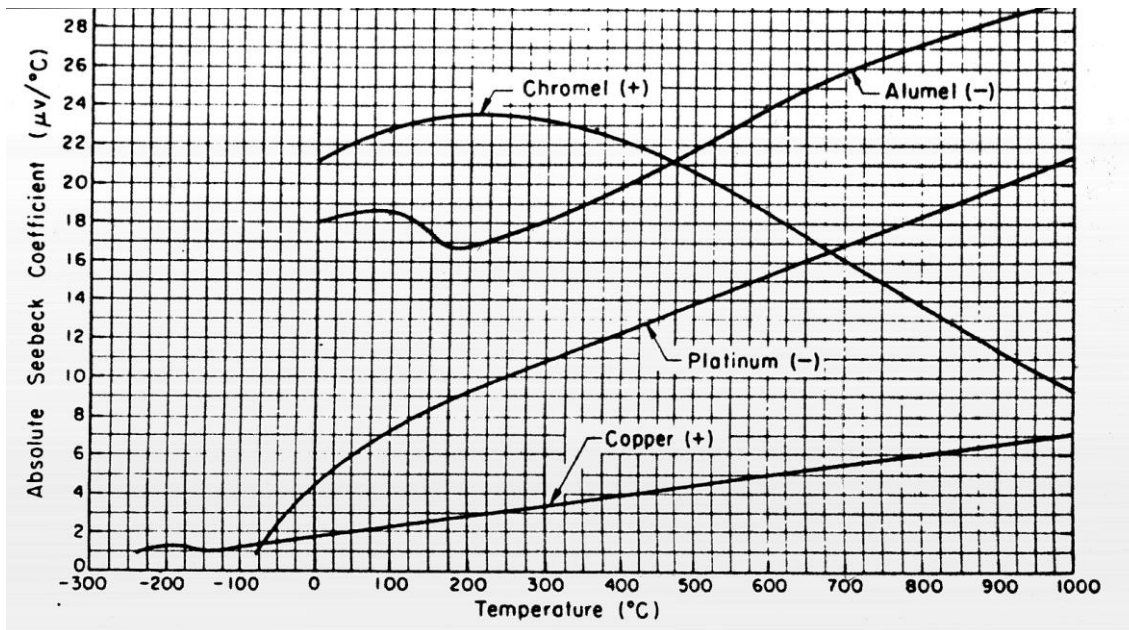


Ilustración 3 COEFICIENTE DE SEEBEK

Coeficientes Seebeck absolutos en función de la temperatura, para distintos materiales usados comúnmente en la construcción de termocuplas

2.1.2.3. TERMOCUPLAS

Una termocupla se hace con dos alambres de distinto material unidos en un extremo (soldados generalmente). Al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño (efecto Seebeck) del orden de los mili volts el cual aumenta con la temperatura.

Por ejemplo, una termocupla "tipo J" está hecha con un alambre de hierro y otro de constantán (aleación de Cu cobre y Ni nickel)

Al colocar la unión de estos metales a 750 °C, debe aparecer en los extremos 42.2 mV.

El principal inconveniente de las termocuplas es su necesidad de "compensación de cero". Esto se debe a que en algún punto, habrá que empalmar los cables de la termocupla con un conductor normal de cobre.

En ese punto se producirán dos nuevas termocuplas con el cobre como metal para ambas, generando cada una un voltaje proporcional a la temperatura de ambiente (T_a) en el punto del empalme.

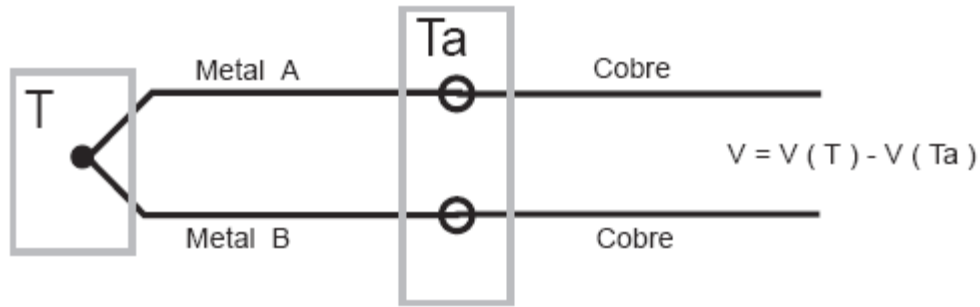


Ilustración 4 COMPENSACIÓN DE CERO

El termopar tipo J, es adecuado en atmósferas con escaso oxígeno libre. La oxidación del hilo de hierro aumenta rápidamente por encima de 550°C, siendo necesario un mayor diámetro del hilo hasta una temperatura límite de 750°C

El termopar tipo K, se recomienda en atmósferas oxidantes y a temperaturas de trabajo entre 500 y 1500°C. No debe ser utilizado en atmósferas reductoras ni sulfurosas a menos que este protegido con un tubo de protección

Antiguamente se solucionaba este problema colocando los empalmes en un baño de hielo a cero grados para que generen cero voltaje ($T_a = 0$ y luego $V(T_a) = 0$).

Actualmente todos los instrumentos modernos miden la temperatura en ese punto (mediante un sensor de temperatura adicional) y la suman para crear la compensación y obtener así la temperatura real.

El punto de empalme (llamado "unión ó juntura de referencia") es siempre en el conector a la entrada del instrumento pues ahí está el sensor de temperatura. De modo que es necesario llegar con el cable de la termocupla hasta el mismo instrumento.

Cuando el instrumento está muy retirado del lugar de medición, no siempre es posible llegar con el mismo cable de la termocupla al instrumento. Esto ocurre especialmente cuando se están usando termocuplas R, S ó B hechas con aleación de platino de muy alto precio.

La solución de este problema es usar los llamados "cables compensados" para hacer la extensión del cable. Estos exhiben el mismo coeficiente de Seebeck

de la termocupla (pero hechos de otro material de menor precio) y por lo tanto no generan termocuplas parásitas en el empalme.

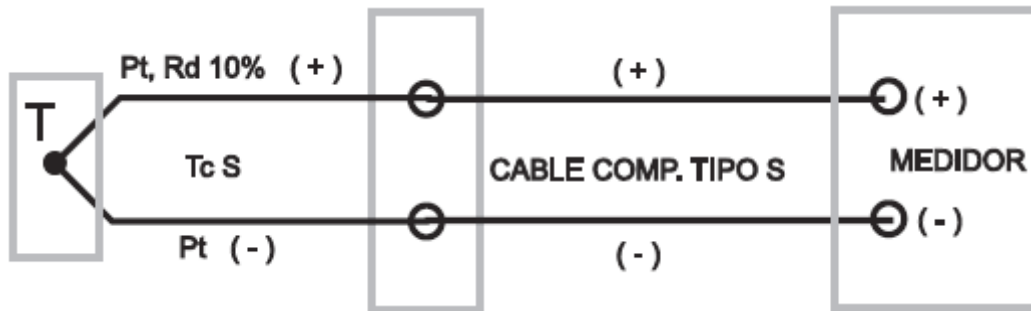


Ilustración 5 CABLES COMPENSADOS

Los cables compensados tienen una polaridad de conexión (+) y (-) que al conectarse con la termocupla se debe respetar.

Un error típico, es conectar al revés el cable en la termocupla y en el instrumento, de esta forma se genera un error en la lectura del orden de la temperatura de ambiente en el empalme.

En el caso particular de las lanzas usadas en la fundición de aceros, la termocupla se conecta en la punta con un cable compensado forrado en asbesto, que va por dentro de la lanza hasta el lado del mango. Ahí se empalma con otro cable compensado con revestimiento de goma más flexible que llega hasta la entrada del instrumento.

Es importantísimo que estos dos cables compensados sean para el tipo de termocupla que se está usando y además estén conectados con la polaridad correcta (+) con (+) y (-) con (-). De otra forma será imposible obtener una medición sin error.

Siempre se debe consultar al proveedor ó fabricante del cable compensado por los colores que identifican los cables (+) y (-), pues las normas de estos colores varían con el tipo de termocupla y país de procedencia del cable.

Para verificar que un instrumento de termocupla funciona correctamente, es conveniente hacer un corto ó puente en la entrada de modo que $V = 0$, entonces el instrumento deberá marcar la temperatura de ambiente T_a que hay en el conector trasero donde se hizo el puente

2.1.2.3.1. PROBLEMAS DE CONEXIÓN

La mayoría de los errores de medición son causados por uniones no intencionales del termopar. Se debe tener en cuenta que cualquier contacto entre dos metales distintos creará una unión. Si lo que se desea es aumentar la longitud de las guías, se debe usar el tipo correcto del cable de extensión. Así por ejemplo, el tipo K corresponde al termopar K. Al usar otro tipo se introducirá una unión termopar. Cualquiera que sea el conector empleado debe estar hecho del material termopar correcto y su polaridad debe ser la adecuada. Lo más correcto es emplear conectores comerciales del mismo tipo que el termopar para evitar problemas.

2.1.2.3.2. RESISTENCIA DE LA GUÍA

Para minimizar la desviación térmica y mejorar los tiempos de respuesta, los termopares están integrados con delgados cables. Esto puede causar que los termopares tengan una alta resistencia, la cual puede hacer que sea sensible al ruido y también puede causar errores debidos a la resistencia del instrumento de medición. Una unión termopar típica expuesta con 0,25 mm. tendrá una resistencia de cerca de 15 ohmios por metro. Si se necesitan termopares con delgadas guías o largos cables, conviene mantener las guías cortas y entonces usar el cable de extensión, el cual es más grueso, (lo que significa una menor resistencia) ubicado entre el termopar y el instrumento de medición. Se recomienda medir la resistencia del termopar antes de utilizarlo.

2.1.2.3.3. DESCALIBRACIÓN

La descalibración es el proceso de alterar accidentalmente la conformación del cable del termopar. La causa más común es la difusión de partículas atmosféricas en el metal a los extremos de la temperatura de operación. Otras causas son las impurezas y los químicos del aislante difundiendo en el cable del termopar. Si se opera a elevadas temperaturas, se deben revisar las

especificaciones del aislante de la sonda. Tenga en cuenta que uno de los criterios para calibrar un instrumento de medición, es que el patrón debe ser por lo menos 10 veces más preciso que el instrumento a calibrar.

2.1.2.3.4. RUIDO

La salida de un termopar es una pequeña señal, así que es susceptible de error por ruido eléctrico. La mayoría de los instrumentos de medición rechazan cualquier modo de ruido (señales que están en el mismo cable o en ambos) así que el ruido puede ser minimizado al retorcer los cables para asegurarse que ambos recogen la misma señal de ruido. Si se opera en un ambiente extremadamente ruidoso, (Ej: cerca de un gran motor), es necesario considerar usar un cable de extensión protegido. Si se sospecha de la recepción de ruido, primero se deben apagar todos los equipos sospechosos y comprobar si las lecturas cambian. Sin embargo, la solución más lógica es diseñar un filtro pasabajas (resistencia y condensador en serie) ya que es poco probable que la frecuencia del ruido (por ejemplo de un motor) sea menor a la frecuencia con que oscila la temperatura.

2.1.2.3.5. VOLTAJE EN MODO COMÚN

Aunque las señales del termopar son muy pequeñas, voltajes mucho más grandes pueden existir en el output del instrumento de medición. Estos voltajes pueden ser causados tanto por una recepción inductiva (un problema cuando se mide la temperatura de partes del motor y transformadores) o por las uniones a conexiones terrestres. Un ejemplo típico de uniones a tierra sería la medición de un tubo de agua caliente con un termopar sin aislamiento. Si existe alguna conexión terrestre pueden existir algunos voltios entre el tubo y la tierra del instrumento de medición. Estas señales están una vez más en el modo común (las mismas en ambos cables del termopar) así que no causarán ningún problema con la mayoría de los instrumentos siempre y cuando no sean demasiado grandes. Voltajes del modo común pueden ser minimizados al usar

los mismos recaudos del cableado establecidos para el ruido, y también al usar termopares aislados.

2.1.2.3.6. DESVIACIÓN TÉRMICA

Al calentar la masa de los termopares se extrae energía que afectará a la temperatura que se trata determinar. Considérese por ejemplo, medir la temperatura de un líquido en un tubo de ensayo: existen dos problemas potenciales. El primero es que la energía del calor viajará hasta el cable del termopar y se disipará hacia la atmósfera reduciendo así la temperatura del líquido alrededor de los cables. Un problema similar puede ocurrir si un termopar no está suficientemente inmerso en el líquido, debido a un ambiente de temperatura de aire más frío en los cables, la conducción térmica puede causar que la unión del termopar esté a una temperatura diferente del líquido mismo. En este ejemplo, un termopar con cables más delgados puede ser útil, ya que causará un gradiente de temperatura más pronunciado a lo largo del cable del termopar en la unión entre el líquido y el aire del ambiente. Si se emplean termopares con cables delgados, se debe prestar atención a la resistencia de la guía. El uso de un termopar con delgados cables conectado a un termopar de extensión mucho más gruesa a menudo ofrece el mejor resultado.

2.1.2.4. MEDIR TEMPERATURA CON UN VOLTÍMETRO

2.1.2.4.1. PROCEDIMIENTO EXACTO

Medir con el voltímetro el voltaje que entrega la termocupla por ej V .

Medir la temperatura de ambiente T_a (temperatura del contacto de las puntas del voltímetro con los cables de la termocupla). Ver en una tabla de termocuplas que voltaje corresponde a la temperatura.

Sea por ejemplo $V_{ab}(T_a)$

Hacer la suma de los 2 volates obtenidos $V_{ab} = V + V_{ab}(T_a)$ y ver en la tabla a que temperatura corresponde.

Esta será la temperatura real a la que está sometida la termocupla.

Por ejemplo:

Se mide en una termocupla K un voltaje de 10.846 mV.

Si la temperatura de ambiente en los contactos es 25 °C, entonces en la tabla esto corresponde a 1.000 mV.

Luego $V_{ab} = 10.846 + 1.000 = 11.846 \text{ mV}$, esto según la tabla (ver [ANEXO C2*](#)) corresponde a 291°C

2.1.2.4.2. PROCEDIMIENTO APROXIMADO

Medir con el voltímetro el voltaje que entrega la termocupla.

Ahora ver en una tabla de termocuplas a que temperatura corresponde el voltaje.

Sumarle a esta temperatura encontrada en la tabla, la temperatura de ambiente (temperatura del contacto de las puntas del voltímetro con los cables de la termocupla) para hacer la compensación de cero.

Por ejemplo:

Se mide en una termocupla K un voltaje de 10.846 mV.

En la tabla de termocupla K (ver [ANEXO C2*](#)) se encuentra que para 10.846 mV corresponden a 267 °C.

Si la temperatura de ambiente en los contactos es 25 °C aproximadamente, entonces la temperatura medida es 292°C (25°C + 267°C)

2.2. DESARROLLO TECNOLÓGICO

Hoy en día la tecnología ha avanzado a pasos agigantados y se puede encontrar en el mercado hornos para pan Industriales de excelentes acabados y automatizados, sirviendo estos como una herramienta indispensable para el artesano panadero y la industria panificadora.

2.2.1. LA AUTOMATIZACIÓN

La palabra automatización fue acuñada en 1935 por el entonces gerente de una fábrica de la General Motors, Delmar S. Harder.

La automatización en su sentido amplio se refiere a cualquier dispositivo que sea capaz de reducir el esfuerzo humano necesario para hacer un trabajo, ya sea físico, mental o ambos. En un sentido más específico, automatización significa el control mecánico o electrónico, que sustituye la función de control del cerebro humano.

La lavadora posee un grado de automatización bajo. La cargamos con ropa, ajustamos los mandos y la ponemos en marcha. Cuando termina el ciclo, sencillamente se detiene. Los computadores en cambio poseen un grado alto de automatización. Los computadores no solamente controlan otras máquinas y su funcionamiento, sino que también se comunican con ellas, reciben información de las mismas sobre su funcionamiento y utilizan esta información para corregir o guiar el proceso de fabricación mientras sigue adelante.

La automatización es entonces el sistema de fabricación diseñado con el fin de usar la capacidad de las máquinas para hacer determinadas tareas anteriormente efectuadas por seres humanos, y para controlar la secuencia de las operaciones sin intervención humana.

El término también se utiliza para describir sistemas no destinados a la fabricación, en los que dispositivos programados o automáticos pueden funcionar de forma independiente o semiindependiente del control humano. Se utiliza en comunicaciones, aviones y en astronáutica.

El feedback o realimentación, constituye el concepto fundamental de la automatización.

2.2.2. REVOLUCIÓN O NUEVA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Los progresos industriales, que se iniciaron en Inglaterra en el siglo XVIII para luego propagarse por todo el mundo, han continuado sin interrupción hasta nuestros días. Pero, a partir de 1860, se observa un nuevo avance en la evolución de la ciencia y la tecnología, producido por el desarrollo de las ciencias de la naturaleza. A este periodo se le conoce con el nombre de Nueva Revolución Industrial o Segunda Revolución Industrial, caracterizado por la aplicación de la tecnología a todos los aspectos de la existencia humana

2.3. AREAS DE APLICACIÓN

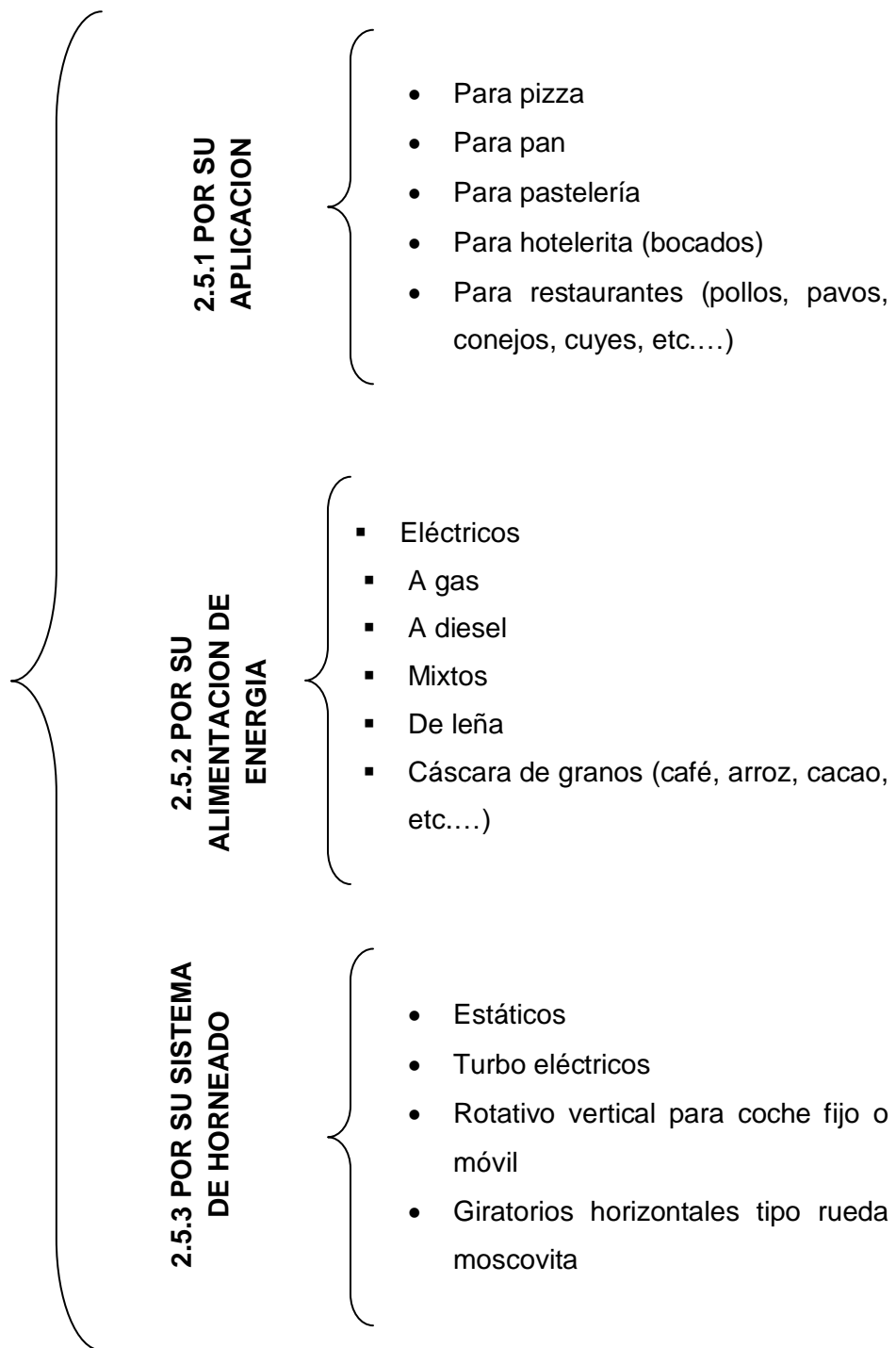
Los hornos industriales tienen una área de aplicación bastante extensa como en la fundición del acero, vidrio, etc, pero el presente se enfocará al área alimenticia, la cual tiene una gran aplicación en las ramas de los hornos para pizza, pan, pastelería, hotelerita (bocados), restaurantes (pollos, pavos, conejos, cuyes, etc....) siendo el más influyente la rama de la panadería.

2.4. TIPOS

- El cubilote de fundición.
- Los hornos de reversos.
- Hornos rotatorios.
- Hornos de crisol.
- Hornos de crisol de tipo sosa.
- Hornos basculantes.
- Hornos de aire.
- Hornos eléctricos. Pueden ser de acero o de inducción.

2.4.1. CLASIFICACION DE HORNOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA

2.5 CLASIFICACION DE HORNOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA



2.5. SISTEMAS DE CONTROL PROGRAMABLE

Desde los inicio de los sistemas de control programable, influenciaron en forma extrema el desarrollo de muchas actividades con los sistemas digitales. Hacia los años 70 prácticamente cualquier compañía mediana o grande podía contar con un sistema digital para su administración, los sistemas digitales encontraron multitud de aplicaciones en el ámbito de control industrial. Así, los DCS (sistema control distribuido) y los PLC (controlador lógico programable) empezaron a ser parte común de una planta mediana o grande. Sin embargo, aquí también los costos impedían determinadas aplicaciones, particularmente en la pequeña industria, es por ello que cada vez más comenzaron a emplearse sistemas de control sencillos, basados en computadora.

De acuerdo con la definición de la "Nema" (National Electrical Manufacturers Association) un controlador programable es: "Un aparato electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entrada/salida digitales (ON/OFF) o analógicos (1 5 VDC, 4 20 mA, etc.), varios tipos de máquinas o procesos

Dispositivos Programables: Son equipos dotados de inteligencia para el control, pero se diferencian de los equipos anteriormente descritos en que no poseen un nivel de software definido para una tarea específica. Por ejemplo un PLC está diseñado el control lógico, típicamente programable por medio de lógicas en escalera. Los controladores unilazo están diseñados para control PID, por lo que son sencillos de configurar para esta aplicación, y poseen una interfaz al operador diseñada para su función. En cambio, un dispositivo programable es programado en un lenguaje de alto nivel, con un alto grado de flexibilidad. Por supuesto, esta mayor flexibilidad implica un mayor trabajo de programación para una aplicación definida.

Otros: En definitiva, cualquier equipo basado en microprocesador que posea una interfaz standard como RS-232 ó RS-485 y un protocolo abierto puede ser supervisado desde una PC. Con frecuencia, el dispositivo de E/S es minimizado en la descripción de un Sistema de Control Basado en PC. Si pedimos a un usuario que nos describa su sistema, es probable que se explique en el software de supervisión, el sistema operativo de la PC y la causa de su elección, la red, y la PC propiamente dicha, mientras dedica poco tiempo al dispositivo de E/S. Sin embargo, éste ha costado el 40% del total del sistema. El principal factor en la selección del dispositivo de E/S es la necesidad de control y cálculo. Esto orientará al uso de controladores unilazo, PLCs, etc. Otros factores a considerar son la facilidad de expansión, resolución de la conversión A/D y D/A, facilidad de mantenimiento y, por supuesto el soporte local y el costo

Algunos procesos de control complejos, como los que son utilizados en la industria química, pueden requerir algoritmos y características más allá de la capacidad de PLC de alto nivel. Controladores de alta velocidad también requieren de soluciones a medida; por ejemplo, controles para aviones.

Los PLC pueden incluir lógica para implementar bucles analógicos, “proporcional, integral y derivadas” o un controlador PID. Un bucle PID podría ser usado para controlar la temperatura de procesos de fabricación, por ejemplo. Históricamente, los PLC’s fueron configurados generalmente con solo unos pocos bucles de control analógico y en donde los procesos requieren cientos o miles de bucles, un Sistema de Control Distribuido (DCS) se encarga. Sin embargo, los PLC se han vuelto más poderosos, y las diferencias entre las aplicaciones entre DCS y PLC han quedado menos claras

Hoy en día estos están siendo remplazados por los microcontroladores que tienen un costo sumamente bajo en comparación de otros sistemas de control, el único inconveniente es que requieren de una preparación específica en este campo para desarrollarlos con éxito.

2.5.1. TIPOS

Dentro de los muchos tipos que podríamos encontrar hemos seleccionado a dos principales y los hemos estudiado, buscando ventajas y desventajas entre el PLC y los microcontroladores

2.5.1.1. PLC

El término PLC de amplia difusión en el medio significa en inglés, Controlador Lógico Programable. Originalmente se denominaban PCs (Programmable Controllers), pero, con la llegada de las IBM PCs, para evitar confusión, se emplearon definitivamente las siglas PLC.

En Europa, el mismo concepto es llamado Autómata Programable.

La definición más apropiada es: Sistema Industrial de Control Automático que trabaja bajo una secuencia almacenada en memoria, de instrucciones lógicas.

Es un sistema porque contiene todo lo necesario para operar, e industrial por tener todos los registros necesarios para operar en los ambientes hostiles encontrados en la industria.

Esta familia de aparatos se distingue de otros controladores automáticos en que puede ser programado para controlar cualquier tipo de máquina, a diferencia de otros muchos que, solamente pueden controlar un tipo específico de aparato. Un programador o Control de Flama de una caldera, es un ejemplo de estos últimos.

Además de poder ser programados, se insiste en el término "Control Automático", que corresponde solamente a los aparatos que comparan ciertas señales provenientes de la máquina controlada de acuerdo con algunas reglas programadas con anterioridad para emitir señales de control para mantener la operación estable de dicha máquina.

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Maniobra de máquinas
- Maquinaria industrial de plástico
- Máquinas transfer
- Maquinaria de embalajes
- Maniobra de instalaciones:
- Instalación de aire acondicionado, calefacción...
- Instalaciones de seguridad
- Señalización y control:
- Chequeo de programas
- Señalización del estado de procesos

2.5.1.2. MICROCONTROLADORES

Un microcontrolador es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: CPU, Memoria y Unidades de E/S, es decir, se trata de un computador completo en un solo circuito integrado.

Es un circuito integrado programable que acepta un listado de instrucciones y contiene todos los componentes de un computador. Se utilizan para realizar determinadas tareas o para gobernar dispositivos y debido a su reducido tamaño puede ir incorporado en el dispositivo que gobierna.

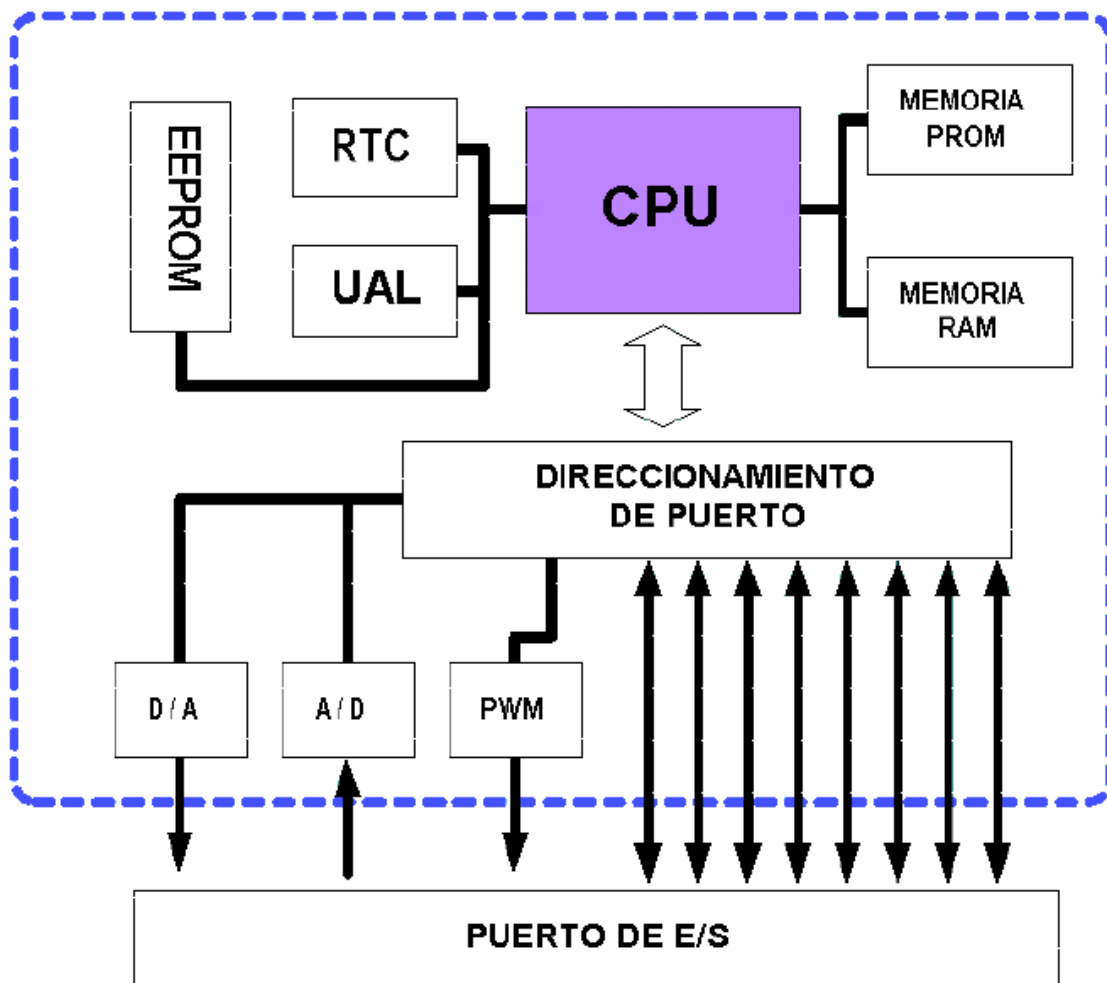


Ilustración 6 DIAGRAMA EN BLOQUE DE UN MICROCONTROLADOR

Un microcontrolador de fábrica, no realiza tarea alguna, este debe ser programado para que realice desde un simple parpadeo de un led hasta un sofisticado control de un robot. Un microcontrolador es capaz de realizar la tarea de muchos circuitos lógicos como compuertas AND, OR, NOT, NAND,

convertidores A/D, D/A, temporizadores, decodificadores, etc., simplificando todo el diseño a una placa de reducido tamaño y pocos elementos.

El microcontrolador es un dispositivo dedicado. En su memoria solo reside un programa destinado a regir una aplicación determinada, sus líneas de entradas y salidas (E/S ó I/O) permiten la conexión de, por ejemplo, sensores y relés (relays). Una vez programado y configurado el microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada.

Un microcontrolador dispone normalmente de los siguientes componentes:

- Procesador o Unidad Central de Procesos (CPU).
- Memoria RAM para contener los datos.
- Memoria para el programa tipo ROM/PROM/EPROM/EEPROM.
- Líneas para comunicarse con el exterior (Entrada/Salida).
- Diversos módulos para el control de periféricos (temporizadores, puertos serie y paralelo, A/D y D/A, etc.).
- Generador de pulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.

Evidentemente, el corazón del microcontrolador es un microprocesador, pero cabe recordar que el microcontrolador es para una aplicación concreta y no es universal como el microprocesador.

Diferencia entre Microprocesadores y Microcontroladores.

El microprocesador es un circuito integrado que contiene la Unidad Central de Proceso (CPU), también llamado procesador. El CPU está formado por la Unidad de Control, que interpreta las instrucciones, y el BUS de Datos, que los ejecuta.

Los pines de un microprocesador sacan al exterior las líneas de sus buses de direcciones, datos y control para permitir conectarle con la Memoria y los Módulos de E/S y configurar un computador implementado por varios circuitos integrados.

Se dice que un microprocesador es un sistema abierto porque su configuración es variable de acuerdo con la aplicación a la que se destine.

El microcontrolador es un sistema cerrado. Todas las partes del computador están contenidas en su interior y sólo salen al exterior las líneas que gobiernan los periféricos.

Se podría pensar que las características de un sistema cerrado representan una desventaja con relación a los Microprocesadores, pero en la práctica cada fabricante de microcontroladores oferta un elevado número de modelos diferentes, desde los más sencillos hasta los más poderosos. Es difícil no encontrar uno que se adapte a nuestros requerimientos del momento.

Es posible seleccionar la capacidad de las memorias, el número de líneas de E/S, la cantidad y potencia de los elementos auxiliares, la velocidad de funcionamiento, etc. Por todo ello, un aspecto muy destacado del diseño es la selección del microcontrolador a utilizar.

A continuación se presenta una lista de comparación entre ambos dispositivos:

- La CPU del microcontrolador es más simple y sus instrucciones están orientadas principalmente a las operaciones con las líneas de E/S.
- La memoria RAM (datos) que ofrecen los microcontroladores es de baja capacidad. Los Microprocesadores pueden acceder a grandes bancos de memoria RAM externa.
- En los microcontroladores, la memoria ROM es limitada, generalmente menor o igual a 4 Kbytes y del tipo EPROM (*“Erasable Programmable Read Only Memory”*), OTP (*“One Time Programmable”*) y EEPROM (*“Electrically Erasable Programmable Read Only Memory”*). Los Microprocesadores pueden tener memorias ROM externas de diferentes tecnologías y capacidades.
- Con los microcontroladores no es necesario diseñar complejos circuitos decodificadores de memoria y de puertos de E/S.
- La mayoría de los microcontroladores no tienen accesible los buses de dirección, datos y control del CPU.
- La velocidad de operación de los microprocesadores es mayor.

- Ambos requieren de un sistema de desarrollo para cada familia que permita escribir, ensamblar y depurar los programas en lenguaje de máquina.

Los microcontroladores PIC (Peripheral interface Controller), son fabricados por la empresa MICROCHIP Technology INC. cuya central se encuentra en Chandler, Arizona, esta empresa ocupa el primer lugar en venta de microcontroladores de 8 bits desde el año 2002. Su gran éxito se debe a la gran variedad (más de 180 modelos), gran versatilidad, gran velocidad, bajo costo, bajo consumo de potencia, y gran disponibilidad de herramientas para su programación. Uno de los microcontroladores más populares en la actualidad es el PIC16F628A y sus variantes PIC16F627A y PIC16F648A, estos uC. soporta hasta 100.000 ciclos de escritura en su memoria FLASH, y 1'000.000 ciclos en su memoria Eeprom (tiempo de retención de datos 100 años), este está reemplazando rápidamente al popular PIC16F84A, pues presenta grandes ventajas como son:

Tabla 6 MODELOS BASICOS DE PIC

	PIC			
	16F84A	16F627A	16F628A	16F648A
Memoria de programa			24048 X	
Flas	1024 X 14	1024 X 14	14	4096 X 14
Memoria datos RAM	68 X 8	224 X 8	224 X 8	256 X 8
Memoria Datos EPROM	64 X 8	128 X 8	128 X 8	256 X 8
Pines de entrada/salida	13	16	16	16
Comparadores de voltaje	0	2	2	2
Interrupciones	4	10	10	10
Timers 8/16 bits	1	3	3	3
Modulos PWM/CCP	NO	SI	SI	SI
Comunicación serial				
USART	NO	SI	SI	SI

Todas estas y otras ventajas más como el oscilador interno RC de 4MHZ, MCLR programable, mayor capacidad de corriente, Programación en bajo voltaje, etc. Lo hacen al PIC16F628A, como el microcontrolador ideal para estudiantes y aficionados, ya que al tener oscilador interno y el MCLR (master clear) sea programable, es mucho más sencillo ponerlo en funcionamiento, basta con conectar al pin 14 a 5V y el pin 5 a tierra para que empiece a trabajar (ver figura).

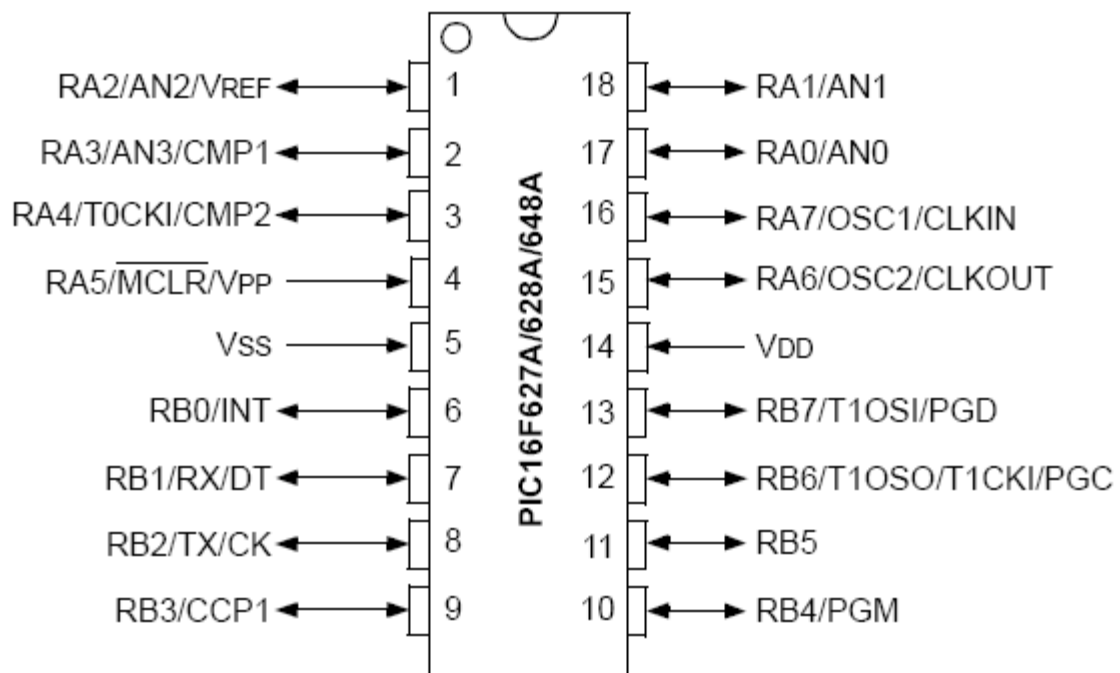


Ilustración 7 PINES FAMILIA PIC16FXXX

Existen varios micros de la misma familia con similares características pero ideales para aplicaciones diferentes como son los de la familia de los PIC18FXX.

2.5.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

2.5.2.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PLC

2.5.2.1.1. VENTAJAS

Las condiciones favorables son las siguientes:

- a) Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:
 - No es necesario dibujar el esquema de contactos.
 - No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general, la capacidad de almacenamiento del modulo de memoria es lo suficientemente grande
 - La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega, etc.
- b) Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado y añadir aparatos.
- c) Mínimo espacio de ocupación
- d) Menor coste de mano de obra de la instalación
- e) Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismo autómatas pueden detectar e indicar averías.
- f) Posibilidad de gobernar varias maquinas con un mismo autómata.
- g) Menor tiempo para la puesta de funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.
- h) Si por alguna razón la maquina queda fuera de servicio, el autómata útil para otra máquina o sistema de producción.

2.5.2.1.2. DESVENTAJAS

En primer lugar, de que hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a unos de los técnicos de tal sentido, pero hoy en día ese inconveniente está solucionado porque las universidades y/o institutos superiores ya se encargan de dicho adiestramiento.

Pero hay otro factor importante como el costo inicial que puede o no ser un inconveniente, según las características del automatismo en cuestión. Dado que el PLC cubre ventajosamente en amplio espacio entre la lógica cableada y el microprocesador es preciso que el proyectista lo conozca tanto en su actitud como en sus limitaciones. Por tanto, aunque el coste inicial debe ser tenido en cuenta a la hora de decidimos por uno u otro sistema, conviene analizar todos los demás factores para asegurarnos una decisión acertada.

2.5.2.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS MICROCONTROLADORES

Los Microcontroladores están presentes en nuestro trabajo, en nuestra casa y en nuestra vida, en general. Se pueden encontrar controlando el funcionamiento de los ratones y teclados de los computadores, en los teléfonos, en los hornos microondas y los televisores de nuestro hogar. Pero la invasión acaba de comenzar y el nacimiento del siglo XXI será testigo de la conquista masiva de estos diminutos computadores, que gobernarán la mayor parte de los aparatos que fabricaremos y usamos los humanos.

Los PLC`s en la actualidad acaparan el campo Industrial, debido a la confiabilidad que existe en ellos; el único inconveniente con ellos es su costo inicial y si se quiere aplicar para automatizar equipos Industriales pequeños como una máquina o un horno, estos encarecerían el producto. Por esta razón los microcontroladores PIC están teniendo gran acogida en el campo Industrial, los cuales cada vez usan programas más amigables como el mikroBasic para su configuración y el manejo de sus componentes se ha facilitado de tal forma que no es ya indispensable que se encuentren únicamente en el campo del Ing. Electrónico, sino del Ing. Mecánico también. A diferencia de los PLC, los

MICROCONTROLADORES requieren de un conocimiento un poco más avanzado que para los PLC pero la diferencia de costos que pueda existir en un producto terminado puede ser bastante alto, convirtiéndose los MICROCONTROLADORES en un aleado de los productores industriales

2.6. ANALISIS TERMICO DEL PROCESO

El análisis térmico es, por definición, la medida de los cambios físicos o químicos que ocurren en una sustancia en función de la temperatura mientras la muestra se calienta (o se enfría) con un programa de temperaturas controlado.

Así, la medida se puede hacer sobre los valores absolutos de una propiedad (p.ej. el peso o el módulo de compresibilidad), la diferencia entre las propiedades de una muestra y un material de referencia que no se ve afectado en esas condiciones (p.ej. la temperatura, o el flujo de calor necesario para mantener los dos materiales a la misma temperatura), la velocidad de cambio de una propiedad (p.ej. derivada de peso o de otra propiedad).

En los hornos de pan de tipo giratorio, intervienen tres factores de propagación del calor en el proceso de cocción de un alimento:

- Conducción
- Convección (forzada)
- Radiación

El término Análisis Térmico engloba una serie de técnicas en las cuales, algún parámetro físico del sistema es medido de manera continua en función de la temperatura, mientras es sometido a una variación controlada de temperatura, en el caso de nuestro proyecto el parámetro a medir será el ESTADO ISOTERMICO que alcanza la cámara de horneado

2.6.1. CONDUCCIÓN

Por conducción se entiende la transmisión de energía calórica, o calor, de un objeto a una determinada temperatura (medida del calor) puesto en contacto con otro a temperatura menor, o cuando se aplica calor en un punto del objeto para fluir a todas las parte más frías equilibrando de esta manera la temperatura en todas la parte del objeto. La transmisión del calor para llegar a equiparse en un objeto depende de la temperatura relativa entre dos puntos u objetos, de calor que el material puede conducir en una unidad de tiempo, de la superficie de contacto. Materiales distintos tienen distinta capacidad térmica dependiendo, por ejemplo, de su densidad.

Un material con un alto valor de calor específico es en grado de almacenar mucha cantidad de calor y cederlo paulatinamente. Los ladrillos refractarios o paredes de lana de vidrio responden a esta característica; acumulan mucho calor, pero es un mal conductor, mientras que el aluminio no almacena mucho calor pero lo conduce bien. El acero o el hierro fundido acumulan mucho calor y son buenos conductores. El agua puede absorber mucha cantidad de calor y cederla despacio, mientras que el aire absorbe muy poco calor.

En el horno rotatorio de pan tenemos que la conducción es despreciable ya que la temperatura alcanzada en la cámara de pan se produce principalmente por la convección forzada generada por el quemador y el ventilador (turbina) en conjunto

2.6.2. LA CONVECCIÓN

La convección es el mecanismo transferencia de calor a través de un fluido con movimiento masivo de éste. En la convección existe movimiento del fluido a nivel macroscópico mientras que en la conducción existe movimiento a nivel microscópico, atómico o molecular, pero no a nivel macroscópico, entendiendo como nivel macroscópico movimiento de volúmenes relativamente grandes del fluido.

La convección se clasifica en natural y forzada. En la convección forzada se obliga al fluido a fluir mediante medios externos, como un ventilador **ver imagen** o una bomba. En la convección natural el movimiento del fluido es debido a causas naturales, como el efecto de flotación, el cual se manifiesta con la subida del fluido caliente y el descenso del fluido frío.



Imagen 4 VENTILADOR PARA FORZAR LA CONVECCION EN CAMARA DE PAN

La convección forzada se clasifica a su vez en externa e interna dependiendo de si el flujo de fluido es interno o externo. El flujo de un fluido se clasifica como interno o externo dependiendo de si se fuerza al fluido a fluir por un canal confinado (superficie interior) o por una superficie abierta. El flujo de un fluido no limitado por una superficie (placa, alambre, exterior de un tubo) es flujo externo. El flujo por un tubo o ducto es flujo interno si ese fluido está limitado por completo por superficies sólidas.

En el horno rotatorio de pan tenemos conexión forzada e interna

La velocidad de transferencia de calor a través de un fluido es mucho mayor por convección que por conducción. Cuanto mayor es la velocidad del fluido mayor es la velocidad de transferencia de calor.

La transferencia de calor por convección depende de las propiedades del fluido, de la superficie en contacto con el fluido y del tipo de flujo. Entre las propiedades del fluido se encuentran: la viscosidad dinámica μ , la conductividad térmica k , la densidad ρ . También se podría considerar que depende de la viscosidad cinemática ν , puesto que $\nu = \mu / \rho$. Entre las propiedades de la superficie que intervienen en la convección están la geometría y la aspereza. El tipo de flujo, laminar o turbulento, también influye en la velocidad de transferencia de calor por convección.

En cualquier caso, la velocidad de transferencia de calor por convección siempre es proporcional a la diferencia de temperatura entre la superficie y el fluido. Este hecho se modela matemáticamente mediante la Ley de Enfriamiento de Newton: $q_{\text{punto}} = h (T_s - T_f)$ o

$Q_{\text{punto}} = h A_s (T_s - T_f)$ donde T_s es la temperatura de la superficie en contacto con el fluido y T_f es la temperatura del fluido lo suficientemente lejos de dicha superficie. La influencia de las propiedades del fluido, de la superficie y del flujo se cuantifica en el coeficiente de película o coeficiente de transferencia de calor por convección (h).

2.6.3. LA RADIACIÓN

La radiación es la transmisión del calor bajo la forma de ondas electromagnéticas y no requiere contacto, ni fluido intermediario. Es la forma con que nuestro sol calienta la tierra. La cantidad y calidad de la transferencia del calor depende de la diferencia de temperatura entre dos objetos, del área de las superficies que transmisoras o receptoras y de su calidad como color, estructura, tejido, además de la distancia entre los objetos. La transferencia generalmente no es visible porque la mayor parte de las ondas electromagnéticas se encuentran en el espectro del infrarrojo. Con la radiación puede transferirse enorme cantidad de calor en poco tiempo

En el horno rotatorio de pan tenemos que la radiación es despreciable ya que la temperatura alcanzada en la cámara de pan se produce principalmente por la convección forzada.

2.6.4. TRANSFERENCIA DE CALOR EN EL HORNO ROTATORIO

La transferencia de calor es compleja, esta complejidad está asociada con el hecho de que la energía es transferida desde una flama a las superficies absorbentes de calor durante el proceso de las reacciones químicas del flujo, emisión selectiva, absorberencia en un medio anisotrópico.

La absorción de calor de las superficies que tienen una capa de depósitos son caracterizados por una alta resistencia térmica.

Las condiciones de transferencia de calor en los hornos son influenciados por varios factores como son: las dimensiones del horno y las formas de las cámaras de combustión, la construcción y arreglo de los quemadores, el tipo de combustible quemado, especialmente la parte mineral y las condiciones de operación del horno.

Es muy difícil tomar en cuenta todos estos factores en la metodología de cálculo. Sin embargo, basados en datos experimentales y varios modelos teóricos, estos efectos pueden predecirse razonablemente,). Blokh et al (1988).

En los hornos de pan rotatorios objeto de este proyecto los procesos de transferencia de calor determinantes son la conducción y la convección forzada que aumenta la velocidad de transferencia de calor lo que disminuye el tiempo en el cual la cámara de pan alcanza un estado isotérmico

Basados en los objetivos del presente estudio, el mismo se enfoca a la determinación del lugar de ubicación del sensor de temperatura dentro de la cámara del horno, **que deberá estar en la zona o sitio que sea el último en alcanzar el estado ISOTÉRMICO DE LA CÁMARA**, para que al arrojar el valor de temperatura, este sea indicativo de que toda la cámara y no solo un sector a alcanzado una misma temperatura, ya que esta condición térmica es necesaria para una cocción homogénea del pan sin importar el nivel de la bandeja en que se encuentre, todo esto basado en un estudio y medición de temperaturas en varios puntos de la cámara de calentamiento y horneado del pan; de esta manera se confirmará o no si la parte superior de la cámara es la última en alcanzar una temperatura dada, como se deduce de la posición del sensor de temperatura en todos los modelos de horno rotativo a los que puede aplicarse este sistema de automatización; además que Ing. Francisco Vallejo e Hijos Cia. Ltda. se limita a la automatización de estos hornos rotativos, su construcción la realiza otra empresa que contrata a Vallejo e Hijos Cia. Ltda para su automatización, razón por la cual no dispone de información específica de diseño del horno.

Para determinar la **zona o sitio que sea el último en alcanzar el estado ISOTÉRMICO DE LA CÁMARA** se puede seguir varios procesos entre ellos: una termografía con cámaras térmicas *(ver guía básica de termografía con cámaras térmicas en [ANEXO B3](#)) o un estudio y medición de temperaturas en varios puntos de la cámara de calentamiento y horneado con la ayuda de un Termómetro Remoto de Infrarrojos Fluke 62

El minitermómetro sin contacto Fluke 62 es el instrumento perfecto para iniciarse en los termómetros por infrarrojos para profesionales. Con la mejor precisión de su clase, el minitermómetro Fluke 62 le ofrece lecturas fiables y rápidas de la temperatura de la superficie. Este dispositivo compacto y portátil permite a los profesionales diagnosticar problemas, así como supervisar la temperatura sin entrar en contacto con los mismos. El minitermómetro 62 es lo suficientemente resistente para su manejo en entornos industriales gracias a su

carcasa de goma protectora. Además incluye una práctica funda de nylon para que pueda comprobar la temperatura siempre que lo desee.

Minitermómetro por infrarrojos

- Máxima precisión en su clase: $\pm 1,5\%$ de lectura
- Amplio rango de temperatura de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $500\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Puntero láser con corrección de desviación
- Pantalla con retroiluminación para zonas de escasa iluminación



Imagen 5 FLUKE 62

Mayor información de su manejo y funcionamiento ver catalogo en el [ANEXO B4](#)

Debido a los altos costos de la termografía con cámaras térmicas vs la disponibilidad y cero costos por el termómetro remoto de infrarrojos, en razón de préstamo temporal de los mismos, por el tiempo de la toma de datos, se optó por esta alternativa.

La determinación de temperaturas con termómetro remoto de infrarrojos de la cámara de calentamiento y horneado se hará en el modelo SR – L14 DIESEL sobre el panel interior posterior de la cámara; 3 puntos para la cámara superior A1, A2, A3; 3 puntos para la cámara media B1, B2, B3; 3 puntos para la cámara inferior C1, C2, C3

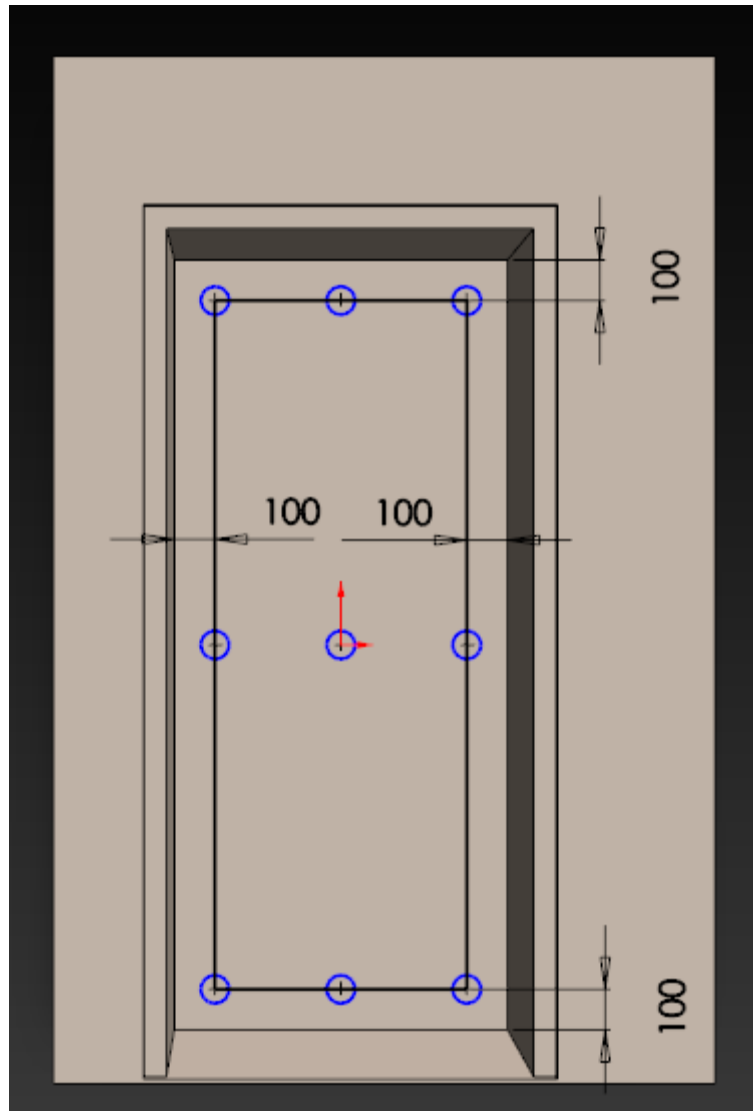


Ilustración 8 UBICACIÓN DE MEDIDAS DE TEMPERATURA

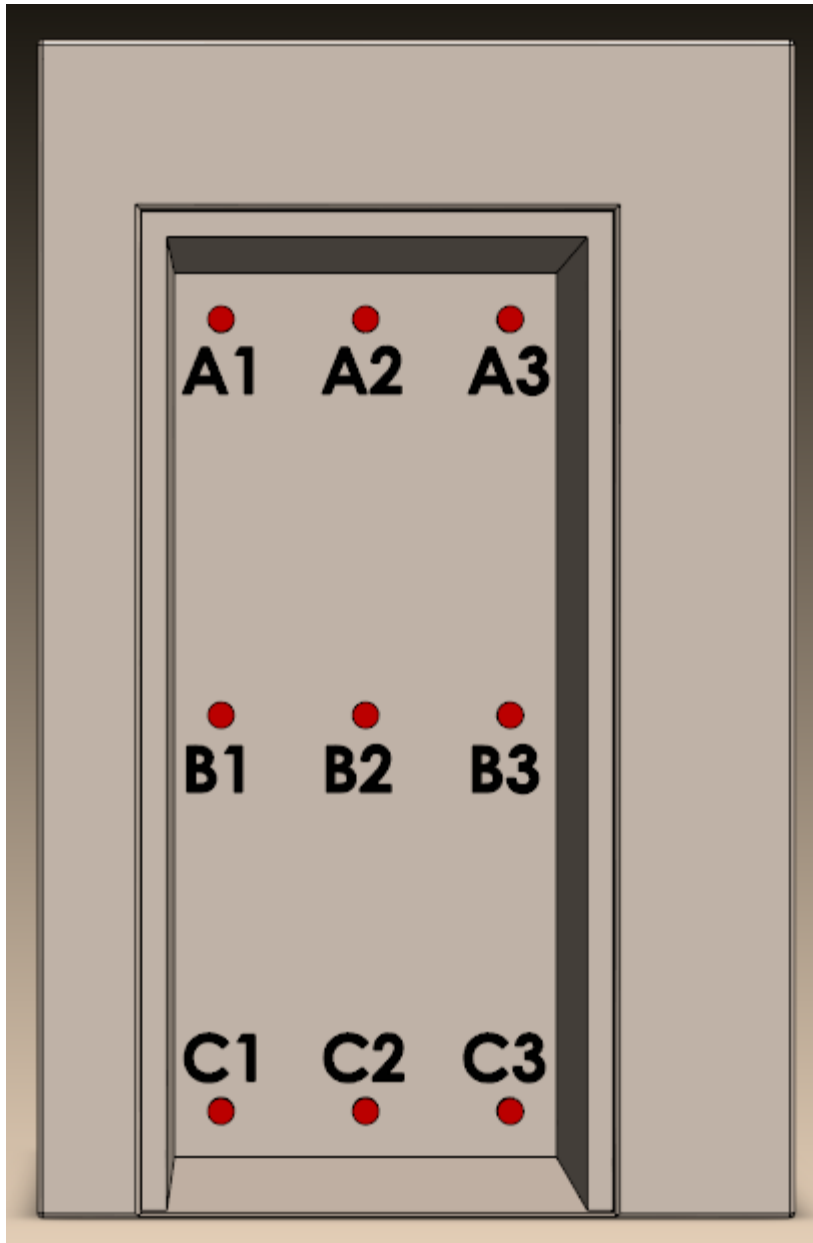


Ilustración 9 NOMENCLATURA DE MEDICIONES DE TEMPERATURA

Los datos que se tomarán son a una temperatura de cámara de cocción de pan de 120 °C, se tomarán temperaturas en la parte inferior, media y superior

Tabla 7 DISPOSICION CAMARA

A 1,2,3	PARTE SUPERIOR
B 1,2,3	PARTE MEDIA
C 1,2,3	PARTE INFERIOR

Tabla 8 TABLA DE TEMPERATURAS

TIEMPO	TEMPERATURA [°C]								
	PARTE SUPERIOR			PARTE MEDIA			PARTE INFERIOR		
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
1	28,5	25,5	22,5	45,5	38,5	31,5	62,5	55,5	48,5
1,5	56,05	53,325	50,6	70,775	64,775	58,775	85,5	79,5	73,5
3	92,6	90,15	87,7	105,05	100,05	95,05	117,5	112,5	107,5
4,5	97,15	94,975	92,8	107,325	103,325	99,325	117,5	113,5	109,5
6	101,7	99,8	97,9	109,6	106,6	103,6	117,5	114,5	111,5
7,5	106,25	104,625	103	111,875	109,875	107,875	117,5	115,5	113,5
9	109,8	108,45	107,1	113,65	112,4	111,15	117,5	116,25	115
10,5	113,925	113,425	112,925	115,425	114,925	114,425	117,5	117	116,5
12	116,5	115,7	115,66	116,62	116,58	116,54	117,5	117,46	117,42

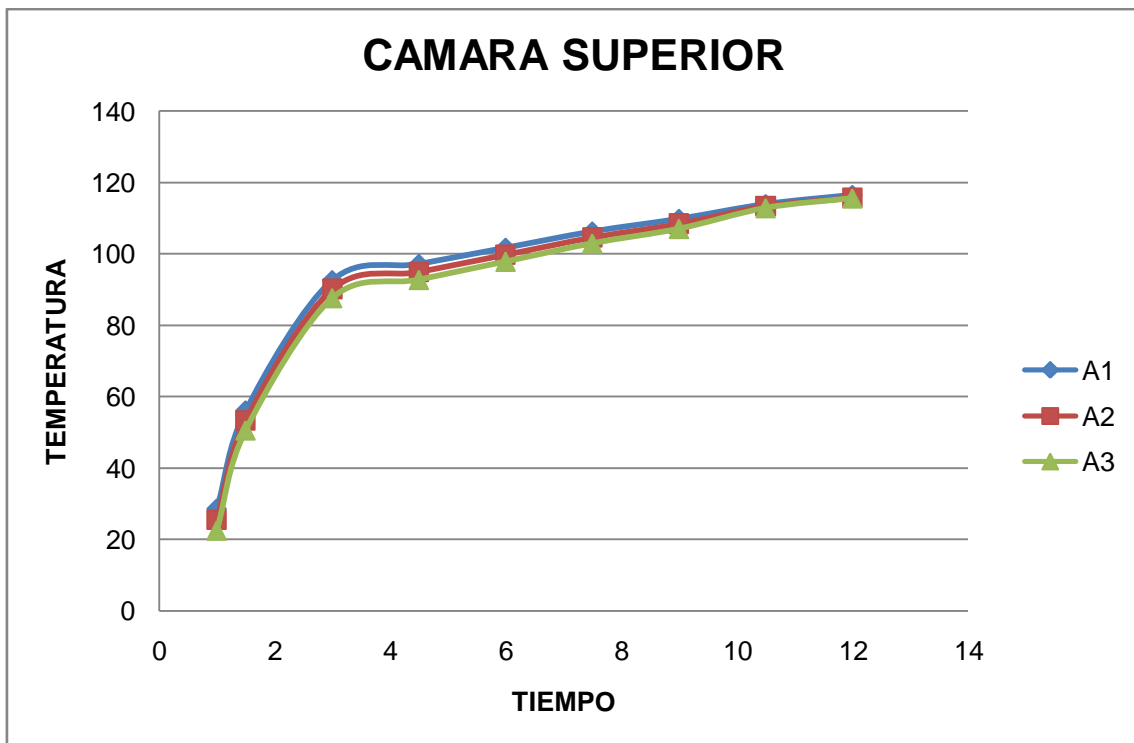


Ilustración 10 TEMPERATURA CAMARA SUPERIOR

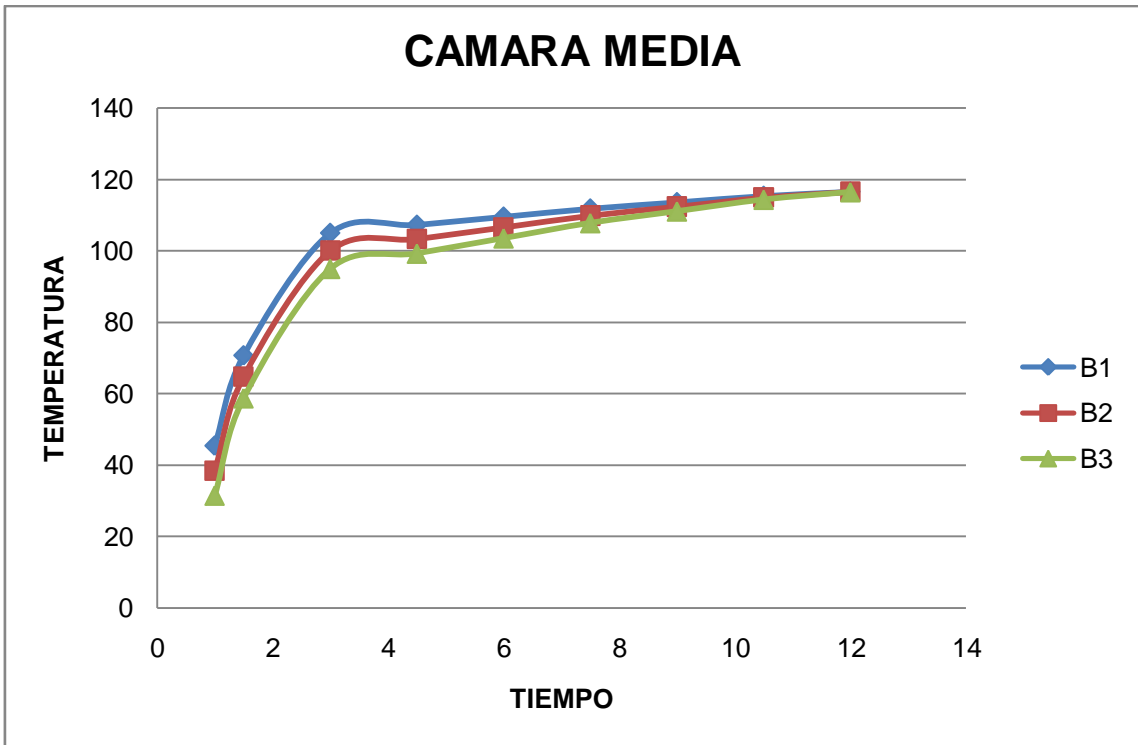


Ilustración 11 TEMPERATURA CAMARA MEDIA

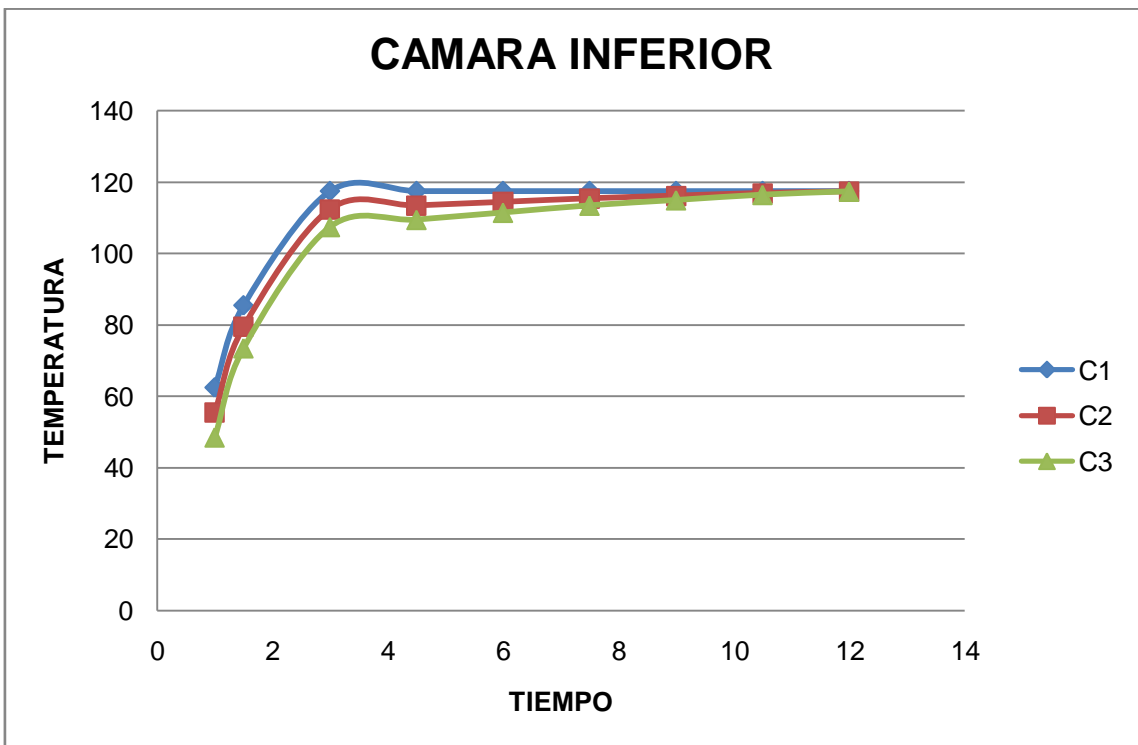


Ilustración 12 TEMPERATURA CAMARA INFERIOR

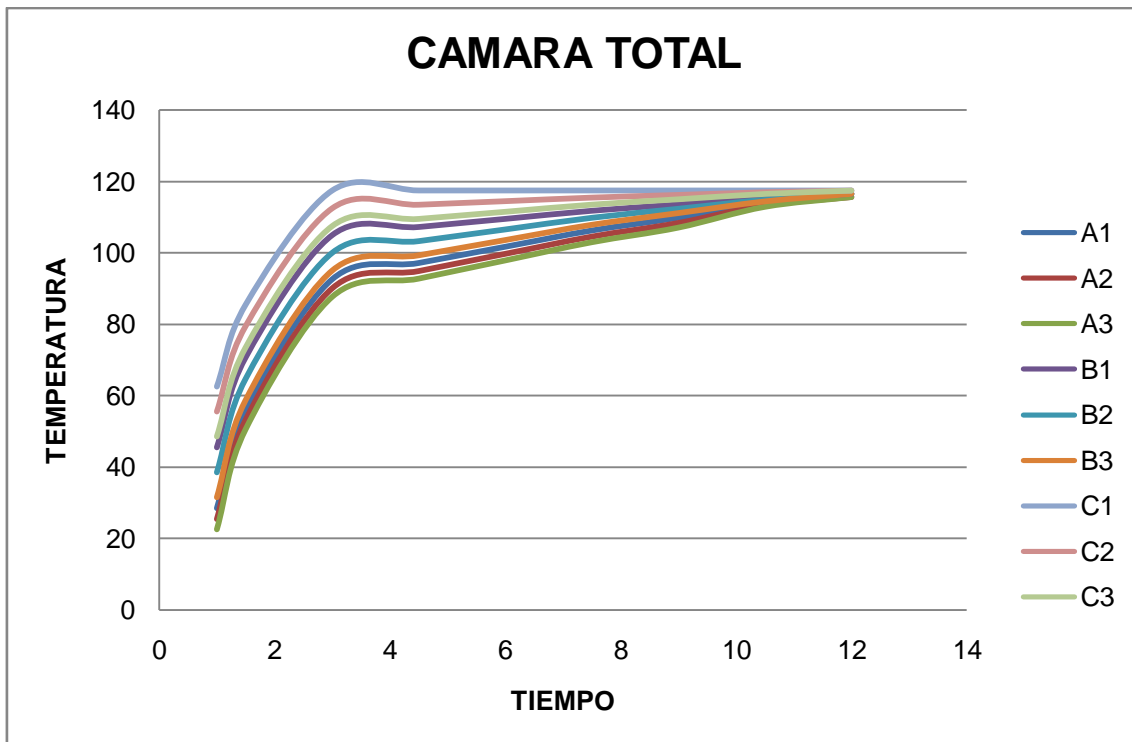


Ilustración 13 TEMPERATURA CAMARA TOTAL

De todas las gráficas se puede concluir que a medida que transcurre el tiempo tanto la parte inferior, media y superior de la cámara de cocción del pan tienden claramente a tener la misma temperatura, convirtiéndose así en una cámara isotérmica en la cual el último lugar en alcanzar esa condición siempre será la parte superior A1 A2 A3 por lo que es aquí donde se deberá colocar el sensor de temperatura y dentro de la parte superior será la zona A3, ya que esta es la última en alcanzar la condición isotérmica en el tiempo.

El sistema de calentamiento del horno consiste en el siguiente proceso:

Se enciende el quemador, luego este calor se distribuye hacia un caldero, el cual en su parte inferior consta de una turbina que distribuirá este aire caliente de una manera uniforme por el rededor de todo el interior de la cámara, convirtiéndose en un sistema de convección forzada, esta cámara tiene unas regulaciones de entrada de aire para distribuir de una manera uniforme el calor, manteniendo a esta en un estado isotérmico

3. ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

3.1. DETERMINACION DE LAS VARIABLES IMPORTANTES DEL PROCESO

TeC	Temperatura de Cocción
TiC	Tiempo de Cocción
QD	Quemador a Diesel
MT	Motor de Turbina
MR	Motor reductor
TTC	Temperatura de la Termocupla
LP	Limitador de la Puerta
LR	Limitador del Rotor
AL	Alarma
TV	Tiempo de encendido de la electroválvula
EV1	Electro válvula horno
EV2	Electro válvula leudador

Tabla 9 SALIDAS

No	Item
1	Quemador a Diesel
2	Motor de la Turbina del Caldero
3	Motor Reductor (Rotor)
4	Electro válvula para el vapor
5	Alarma

6	Luz de Alumbrado
---	------------------

Tabla 10 ENTRADAS

No	Item	Voltaje (V)	Amperaje (A)
1	Limitador del Rotor NC	110	
2	Limitador de la Puerta NO	110	
3	Termocupla + -		

ALIMENTACION DE CORRIENTE

Tabla 11 FASES

No	Item
4	Entrada de alimentación (R)
5	Entrada de alimentación (S)
6	Entrada de alimentación (N)

3.2. DETERMINACION DE SENSORES

3.2.1. SENSOR DE TEMPERATURA

Existen dos tipos de transductores de temperatura muy comunes: las termocuplas y los termistores, además de otros sensores de temperatura cuyas principales características revisamos en la tabla

Tabla 12 SENSORES DE TEMPERATURA

Elemento sensor	Campo de aplicación	Precisión	Ventajas	Desventajas
T. de vidrio	-196°C a +500°C	1%	Bajo precio, Simplicidad Larga vida	Frágil, Medida local (no control automático ni almacenamiento de valores)
T. de bulbo	-40°C a 425°C	1%	Sin alimentación de energía Compacto	Voluminoso Montaje delicado Medida local
T. bimetálicos	0°C a 500°C	1%	Precio Robustez	Medida local
T. de resistencia de platino	-200°C a +500°C	0.2%	Sensibilidad Precisión Respuesta rápida	Frágil Más caro que el termopar El propio calentamiento
Termistores	0°C a +40°C	0,01%	Gran sensibilidad y precisión Respuesta rápida Pequeño tamaño Estable	No lineal Rango de aplicación limitado
Termopares T Termopares J Termopares K Termopares R o S Termopares W	-200°C a +250°C 0°C a +750°C 0°C a +1.300°C 0°C a +1.600°C 0°C a +2.800°C	2% 0.5% 1% 0.5% 1%	Pequeño tamaño Respuesta rápida Precio razonable Bastante lineales	Afectados por corrosión Necesaria compensación de soldadura fría
Pirómetros ópticos	+50°C a +6.000°C	0.5%	No contacto Buena repetibilidad	Elevado precio Difícil determinar Tª exacta
Pirómetros de radiación total	+50°C a +6.000°C	0.5%	No contacto Buena repetibilidad	Elevado precio Difícil determinar Tª exacta

				Lentitud de respuesta
--	--	--	--	-----------------------

Las termocuplas o termopares son el sensor de temperatura más usado industrialmente, por el rango de temperatura al que funcionan, tamaño, precio por lo que es de este segmento que se seleccionará el sensor para este sistema de automatización.

Tabla 13 TIPO DE TERMOCUPLAS

TIPO	MATERIAL		RANGO °C	PRECISION	RANGO	CARACTERISTICA IMPORTANTE
	CABLE +	CABLE -			MAX. mV	
	ALEACION	ALEACIÓN				
J	Hierro	Constatan (Cu-Ni)	-180 A +750	0.5%	42.2	Afectado por corrosión
K	Nickel/ cromo	Nickel/ aluminio	-180 A 1372 600 A 1.000 en atmósferas oxidantes	1%	54.8	Buena resistencia a la oxidación
T	cobre	Cobre/ níquel	-250 A 400		20.8	
R	87% Platino 13% Rhodio	100% Platino	0 A 1767	0.5%	21.09	
S	90% Platino 10% Rhodio	100% Platino	0 A 1767		18.68	
B	70% Platino 30% Rhodio	94% Platino 6% Rhodio	0 A 1820		13.814	
W	95% Volframio 5% Renio	74% Volframio 26% Renio	0 A 2.800 en atmósferas inertes o vacío	1%		

3.2.1.1. TERMOCUPLA TIPO K

Debido a la idoneidad de la termocupla tipo K, mayor rango de temperatura, mejor resistencia a la corrosión frente a al tipo J, bajo precio y a que este es el tipo de sensor que se encuentra en los hornos a automatizarse, será el sensor con el que se diseñe nuestro sistema.

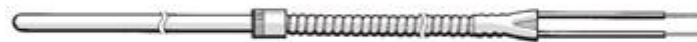


Ilustración 14 TERMOCUPLA K

La termocupla K se usa típicamente en fundición y hornos a temperaturas menores de 1300 °C, por ejemplo fundición de cobre y hornos de tratamientos térmicos.

Tipo K (Cromo (Ni-Cr) Chromel / Aluminio (aleación de Ni -Al) Alumel): con una amplia variedad de aplicaciones, está disponible a un bajo costo y en una variedad de sondas. Tienen un rango de temperatura de -200 °C a +1.372 °C y una sensibilidad 41µV/°C aprox. Posee buena resistencia a la oxidación.

3.2.2. MICROSWITCH

Estos Microswitch vienen pre instalados en todos los modelos de hornos de pan a automatizar y cumplen la función de sensores para determinar

- Cuando la puerta está abierta o cerrada
- Cuando la bandeja de pan mientras gira por acción del rotor, se encuentra alineada con respecto a la abertura de la puerta, con el objetivo de posibilitar el ingreso y salida del pan por parte del operario

Un micro switch es un término genérico usado para referirse a un switch eléctrico que es capaz de ser activado por muy poca fuerza física. Son muy común es debido a su bajo costo y extrema durabilidad, típicamente mayores a 1 millones de ciclos y hasta 10 millones de ciclos para los modelos de trabajo rudo. Esta durabilidad es una consecuencia natural del diseño, Internamente una franja de metal rígida debe ser doblada para activar el interruptor. Cuando la presión desaparece el metal vuelve a su posición original.

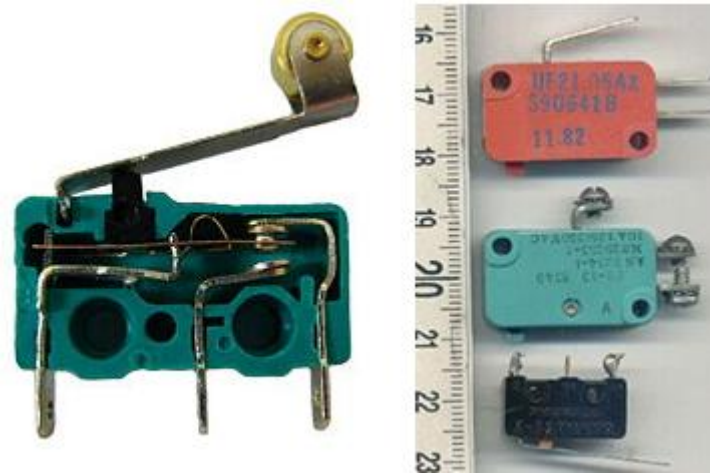


Imagen 6 MICROSWITCH

Tabla 14 UBICACIÓN DE MICROSWITCH

No	ITEM	Voltaje [V]
1	Microswitch del Rotor NC	110
2	Microswitch de la Puerta NA	110

3.3. DETERMINACION DE ACTUADORES

Los actuadores viene pre instalados en los diferentes modelos de hornos de pan a automatizar

Tabla 15 ACTUADORES

No	ÍTEM	Voltaje (V)	Amperaje (A)	Potencia (HP)
1	Quemador a Diesel	110	8	1/4
2	Motor de la Turbina del Caldero	220 - 110	9 - 14	2
3	Motor Redactor (Rotor)	220 - 110	9 - 14	1/2
4	Electro válvula para el vapor	220 o 110	1	1
5	Electro válvula para el vapor	220 o 110	1	1
6	Alarma	110		
7	Luz de Alumbrado	110		

3.4. DETERMINACION DEL SISTEMA DE CONTROL

El controlador determinado en el proceso es un microcontrolador, el mismo que tiene costos muy bajos pero requieren de un mayor conocimiento en automatización involucrada con conocimientos de electrónica; según las necesidades de este proyecto se lo determinara a continuación.

Es el dispositivo encargado de realizar cálculos aritméticos y lógicos y que temporiza y controla las operaciones de los demás elementos de un sistema. Se necesita un micro que cumpla las siguientes especificaciones

- 11 botones, 2 micro switch, 1 sensor de temperatura como entradas
- 2 electroválvulas, 1 motoreductor, 1 turbina, 1 calentador y 9 leds como salidas

En el mercado nacional se tiene a disponibilidad los siguientes micros:

- Microncontroladores de gama media de la familia 16FXXX
- Microncontroladores de gama alta de la familia 18FXXX

Tabla 16 PIC16F84A

	PIC16F84A
Memoria de programa Flash	1024 X 14
Memoria datos RAM	68 X 8
Memoria Datos EPROM	64 X 8
Pines de entrada/salida I/O	13
Comparadores de voltaje	0
Interrupciones	4
Timers 8/16 bits	1
Modulos PWM/CCP	NO
Comunicación serial USART	NO

Tabla 17 FAMILIA PIC 16FXXX

		PIC16FXXX					
		16F627A	16F628A	16F648A	16LF627A	16LF628A	16LF648A
CLOCK	Frecuencia máxima (MHz)	20	20	20	20	20	20
MEMORIA	Flash (words)	1024 X 14	2048 X 14	4096 X 14	1024 X 14	24048 X 14	4096 X 14
	RAM (bytes)	224 X 8	224 X 8	256 X 8	224 X 8	224 X 8	256 X 8
	EPROM (bytes)	128 X 8	128 X 8	256 X 8	128 X 8	128 X 8	256 X 8
PERIFÉRICOS	Timer modules 8/16 bits	TMRO TMR1 TMR2	TMRO TMR1 TMR2	TMRO TMR1 TMR2	TMRO TMR1 TMR2	TMRO TMR1 TMR2	TMRO TMR1 TMR2
	Comparadores de voltaje	2	2	2	2	2	2
	Captura comparadores Módulos PWM	SI (1)	SI (1)	SI (1)	SI (1)	SI (1)	SI (1)
	Comunicación serial	USART	USART	USART	USART	USART	USART

	Voltaje interno de referencia	SI	SI	SI	SI	Si	Si
CARACTERÍSTICAS	Interrupciones	10	10	10	10	10	10
	Pines I/O	16	16	16	16	16	16
	Rango de voltaje [V]	3.0 a 5.5	3.0 a 5.5	3.0 a 5.5	2.0 a 5.5	3.0 a 5.5	2.0 a 5.5
	Reset	SI	SI	SI	SI	Si	Si
	Timers	3	3	3	3	3	3
	Pines	18 pin DIP SOIC 20 PIN SSOP 28 PIN QFN	18 pin DIP SOIC 20 PIN SSOP 28 PIN QFN	18 pin DIP SOIC 20 PIN SSOP 28 PIN QFN	18 pin DIP SOIC 20 PIN SSOP 28 PIN QFN	18 pin DIP SOIC 20 PIN SSOP 28 PIN QFN	18 pin DIP SOIC 20 PIN SSOP 28 PIN QFN

Tabla 18 FAMILIA PIC18FXXX

		PIC18FXXX			
		18F242	18F252	18F442	18F452
CLOCK	Frecuencia máxima de operación (MHz)	20	20	20	20
MEMORIA	Flash (Bytes)	16 K	32 K	16 K	32 K
	Instrucciones (Bytes)	8192 X 16	16384 X 16	8192 X 16	16384 X 16
	RAM (Bytes)	768	1536	768	1536
	EPROM (bytes)	256	256	256	256
	Bus de datos (Bits)	8	8	8	8
FÉRI	Comparadores de voltaje	2	2	2	2

	Captura comparadores Módulos PWM	2	2	2	2
	Comunicación serial	MSSP USART	MSSP USART	MSSP USART	MSSP USART
	Comunicación paralela	---	---	PSP	PSP
	Modulo análogo a digital (10 bits)	5	5	8	8
	Voltaje interno de referencia	SI	SI	SI	SI
	Interrupciones	17	17	18	18
CARACTERÍSTICAS	Puertos I/O	A (7 bits), B (8 bits), C (8 bits),	A (7 bits), B (8 bits), C (8 bits),	A (7 bits), B (8 bits), C (8 bits), D (8 bits) , E (8 bits)	A (7 bits), B (8 bits), C (8 bits), D (8 bits) , E (8 bits)
	Rango de voltaje [V]	3.0 a 5.5	3.0 a 5.5	3.0 a 5.5	2.0 a 5.5
	Reset	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST
	Timer modules (8/16 bits)	4	4	4	4
	Detector programable de bajo voltaje	Si	Si	Si	Si
	Reset programable	Si	Si	Si	Si
	Set de instrucciones	75 instruccione s	75 instruccione s	75 instruccione s	75 instrucciones
	Pines	28-pin DIP	28-pin DIP	40-pin DIP	40-pin DIP

		28-pin SOIC	28-pin SOIC	44-pin PLCC 44-pin TQFP	44-pin PLCC 44-pin TQFP
--	--	-------------	-------------	----------------------------	----------------------------

3.4.1. EL MICROCONTROLADOR PIC.

El micro que mejor responde a las especificaciones que demanda este proceso es el 18F452 bajo los siguientes criterios:

- Es el que mayor número de puertos dispone y el único de todos los modelos de gama alta que cumple con nuestros requerimientos de puertos de entrada para la cantidad de comandos de nuestro proyecto
- Mayor cantidad de memoria
- Número de pines
- Es el mejor modelo de gama alta
- La diferencia de precio es despreciable
- Diseñado para optimizar el rendimiento del compilador

Este integrado de la familia PIC, forma parte de los circuitos integrados de Microchip Technology Inc., que pertenece a la categoría de los microcontroladores. Presenta características muy versátiles que le permiten aplicaciones en un gran número de variedades.

3.4.1.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Memoria Flash de 32 Kbytes.
- Número de instrucciones: 16384.
- RAM (incluida) de 1536 bytes.
- Datos EEPROM 256 bytes.

3.4.1.2. CARACTERÍSTICAS PERIFÉRICAS:

- Posee 5 puertos I/O, de 8 bits, menos el puerto A que sólo tiene 7 bits.
- Compatibilidad A/D de 10 bits.
- Tiene un generador de oscilación que le brindan características de timer.

Una vez seleccionado el micro lo primero que debe hacerse es familiarizarse e identificar cuántos puertos y que funciones cumplen para poder realizar correctamente las conexiones

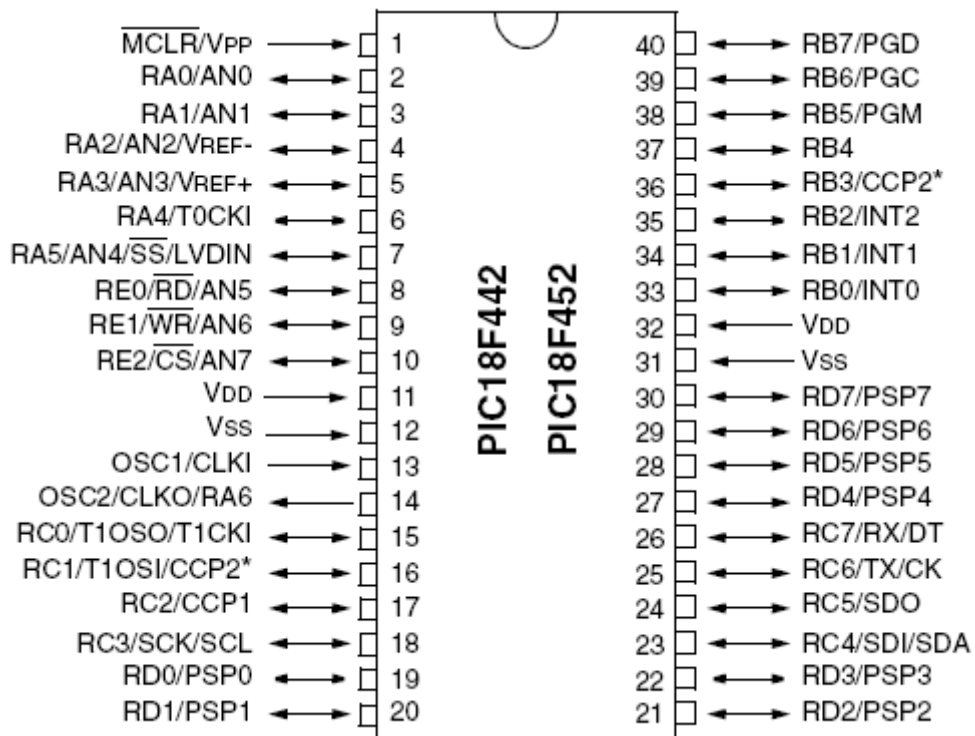


Ilustración 15 PINES FAMILIA PIC18FXXX

Para mayor información de su manejo y funcionamiento en el [ANEXO A1*](#)

4. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL E IMPRESIÓN DE LA PLACA

Este capítulo abarca el diseño electrónico del sistema de automatización con la asistencia de la plataforma de diseño PROTEUS versión 7

Lo primero que debe hacerse es decidir si todo el sistema de control, es decir la tarjeta de control y sus periféricos se diseñan en una sola placa o tarjeta, o dividiremos su número según la función que desempeñen dentro del sistema de control.

Debido a las ventajas que presenta el diseño del sistema en varias tarjetas vs. una tarjeta única, con respecto a detección de daños, mantenimiento, ensamblaje; además que estos puntos son de vital importancia no solo en la fase de construcción y pruebas, sino también al momento de una implementación definitiva y comercialización, por ello este es el tipo de diseño que implementaremos en nuestro sistema de control.

4.1. DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL

El circuito de control se implementará en una tarjeta, cuya función será ejecutar el programa de control del horno mediante el PIC18F452, que leyendo los datos de las entradas y procesándolos según el programa con otros parámetros de control como el tiempo y el suministro DC controlará las salidas:

El análisis de diseño de la tarjeta de control parte del hecho de que este es el PIC más adecuado, por lo que, es en base a esta constante que se buscará variar los demás elementos electrónicos.

Para cualquier especificación del Microchip PIC18F452 favor dirigirse a su DATASHEET en [ANEXO A1 *](#)

4.1.1. ENTRADAS

Se debe enumerar todos los dispositivos de entrada para el micro y así poder identificarlos e implementarlos uno a uno

Tabla 19 NUMERO DE ENTRADAS

TABLA ENTRADAS	
	#
Teclado	11
Termocupla K	1
Microswitch cierre de puerta	1
Microswitch alineamiento de bandeja	1

4.1.1.1. TECLADO

Matriz de teclado 3 X 4 usando los puertos B del micro del 33 al 39 se obtiene la matriz de los 11 comandos que serán introducidos por medio de pulsadores (botones) por parte del operario

Tabla 20 MATRIZ DE TECLADO

	C1 33	C2 34	C3 35	C4 36
F1 37	ON	SUBIR	ALARMA OFF	OK
F2 38	CANCELAR	PROGRAMAR HORNO	PROGRAMAR VAPOR	ACTIVAR VAPOR
F3 39	LUZ INTERIOR	ROTOR	BAJAR	

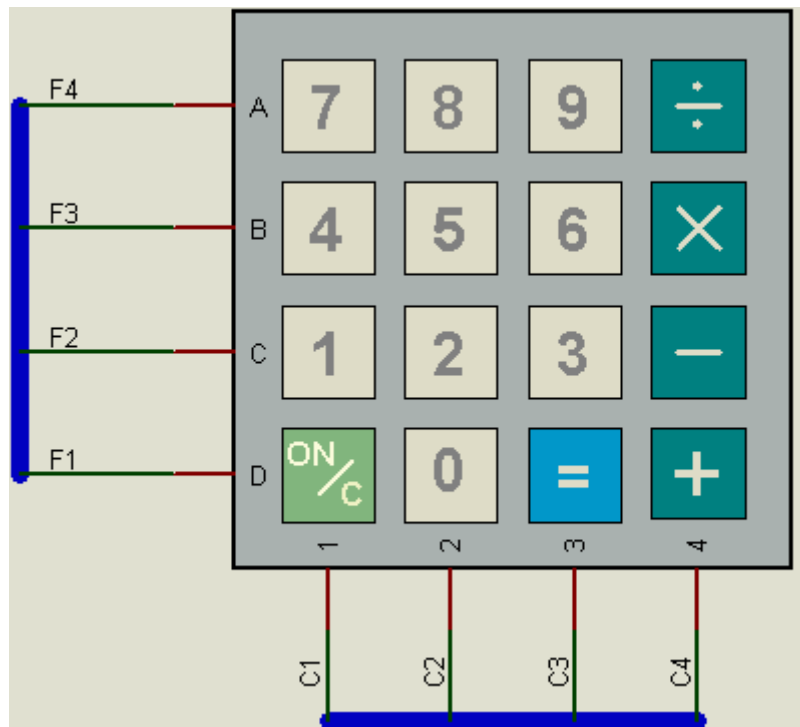


Ilustración 16 MATRIZ DE TECLADO

El pulsador es un elemento que permite el paso o interrupción de la corriente mientras es accionado. Cuando ya no se actúa sobre él vuelve a su posición de reposo.

Puede ser el contacto normalmente cerrado en reposo NC, o con el contacto normalmente abierto NA, para esta aplicación se usará el contacto normalmente abierto.

Consta del botón pulsador; una lámina conductora que establece contacto con los dos terminales al oprimir el botón y un muelle que hace recobrar a la lámina su posición primitiva al cesar la presión sobre el botón pulsador.

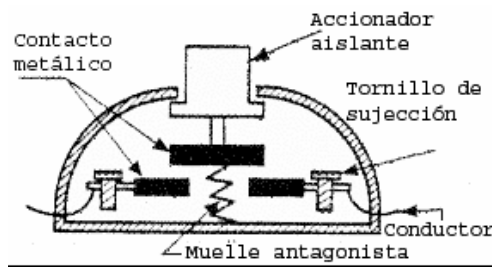


Ilustración 17 PULSADOR

Diferentes tipos de pulsadores:

(a) Basculante. (b) Pulsador timbre. (c) Con señalizador. (d) Circular. (e) Extraplano.

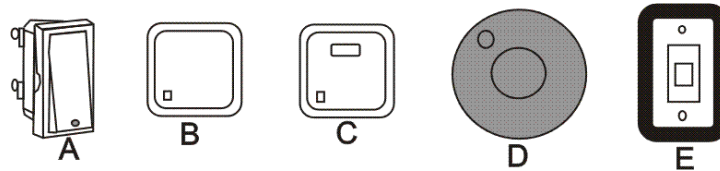


Ilustración 18 TIPOS DE PULSADOR

4.1.1.2. TERMOCUPLA TIPO K

La termocupla tipo K entrega una diferencia de potencial eléctrico en el orden de los mV (mili voltios) por lo que se necesita diseñar un amplificador de señal o buscar un micro que adapte la señal

4.1.1.2.1. CONVERTIDOR DIGITAL DE TERMOCUPLA K MAX6675

Se decidió usar este chip que ejecuta la compensación de soldadura fría, digitaliza las señales análogas de termocupla tipo K, con una resolución de 12 bits 0.25 °C.

El MAX6675 amplifica, compensa y convierte a digital la señal dada por un termopar del tipo K. El dato final lo serializa a través de un puerto SPI

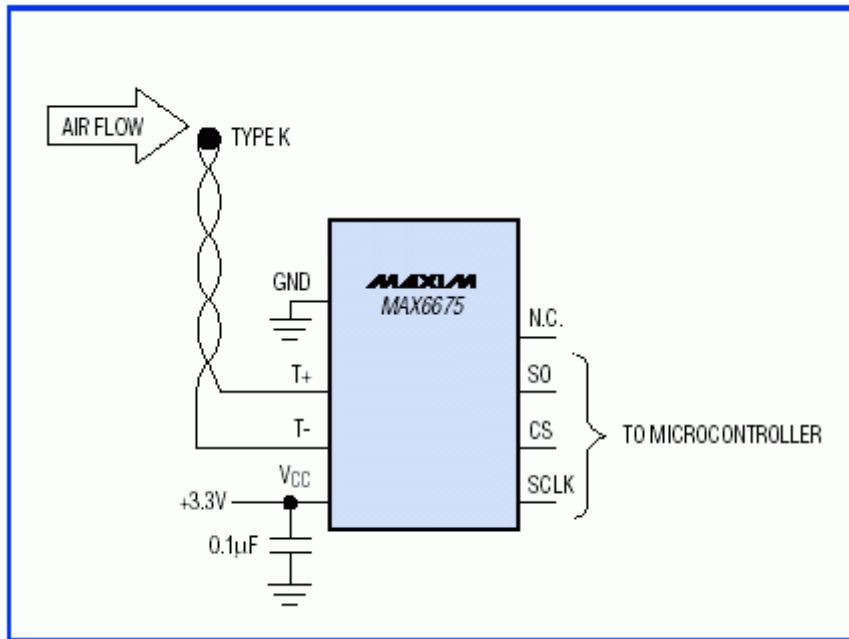


Ilustración 19 ESQUEMA MAX6675

Tabla 21 PINES MAX6675

CONFIGURACION PINES MAX6675			
# PIN	FUNCION / CONEXIÓN	# PIN	FUNCION / CONEXIÓN
1	TIERRA / PILA -	8	NC
2	TERMOCUPLA - K	7	OUT SERIAL DATA (SDO) / 23 PIC
3	TERMOCUPLA +K	6	CHIP SELECT / 10 PIC
4	FUENTE DE PODER DC	5	IN SERIAL CLOCK / 18 PIC

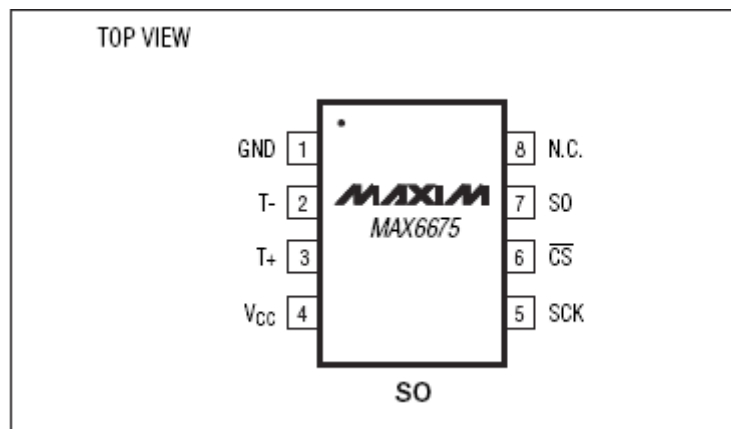


Ilustración 20 CONFIGURACION PINES MAX6675

Tabla 22 CONEXIÓN MAX6675 CON PIC18F452

DETALLE DE PINES MAX 6675			
PIN	NAME	FUNCTION	CONEXION PIC18F452
1	GND	Ground	
2	T-	Alumel Lead of Type-K Thermocouple. Should be connected to ground externally.	
3	T+	Chromel Lead of Type-K Thermocouple	
4	VCC	Positive Supply. Bypass with a 0.1 μ F capacitor to GND.	
5	SCK	Serial Clock Input	PIN 18
6	CS	Chip Select. Set CS low to enable the serial interface.	PIN 10
7	SO	Serial Data Output	PIN 23
8	N.C.	No Connection	

Para mayor información y especificación del MAXIM MAX 6675 favor dirigirse a su DATA SHEET en [ANEXO A2*](#)

4.1.1.2.2. CURVA CORREGIDA DE LAS CONDICIONES OPERACIONALES

La curva original de la termocupla K se basa en operaciones a nivel del mar en condiciones normales, ver tabla de [ANEXO C2*](#) por lo que se debe obtener una curva real en las condiciones reales en las que va a operar la termocupla K con el MAX6675 ver tabla 4.7 de temperatura vs. amplificación interna del MAX6675 antes de convertir la señal en digital.

Tabla 23 AMPLIFICACION MAX6675 PARA QUITO

TEMPERATURA	MAX6675 mV
10	138
20	177
30	216
40	256
50	296
60	336
70	377
80	417
90	457
100	498
110	538
120	578
130	618
140	657
150	696
160	735
170	774
180	813
190	852
200	891
210	930
220	969
230	1008
240	1047
250	1087
260	1127
270	1167
280	1207
290	1247
300	1287
310	1327
320	1368
330	1408
340	1449
350	1490
360	1531
370	1571
380	1612
390	1653
400	1694

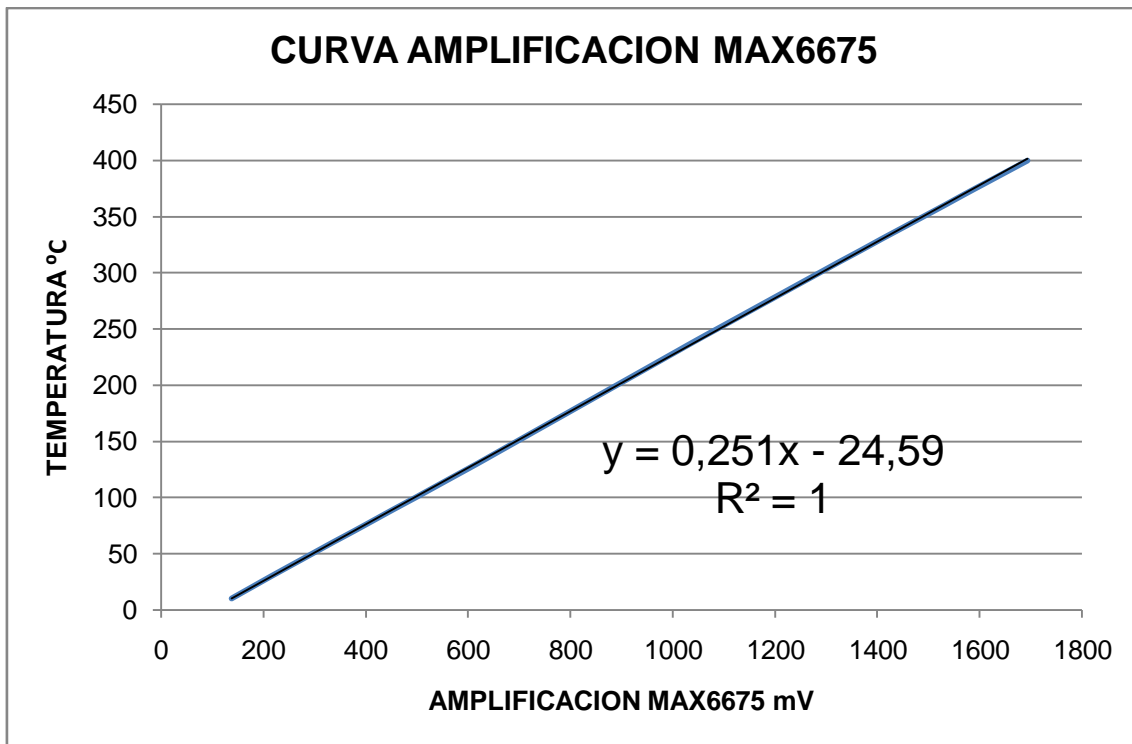


Ilustración 21 GRAFICA Tabla 23 AMPLIFICACION MAX6675

Esta es la ecuación a utilizarse en la programación del PIC18F452 que lee al MAX6675

$$T = 0.25x - 24.59 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Donde $x[mV]$ = amplificación de señal analoga del MAX6675

4.1.1.3. MICROSITCH PUERTA Y BANDEJA

En este caso los Microswitch vienen instalados en los hornos por lo que únicamente se debe conectarlos al sistema de control directamente.

4.1.2. SALIDAS

Se debe enumerar todos los dispositivos de salida para el micro y así poder identificarlos e implementarlos uno a uno

Tabla 24 NUMERO DE SALIDAS

SALIDAS	
	#
Pantalla	1
Indicadores de control	9
Motoreductor	1
Foco	1
Turbina	1
Calentador	1
Alarma	1
Electroválvula de horno	1
Electroválvula de cámara	1

4.1.2.1. PANTALLA

Se debe seleccionar un dispositivo de visualización e información hacia el operario, para la programación y manejo del sistema, para lo cual se recurrirá a la implementación de un módulo LCD

En el mercado existen 4 tipos de LCD:

- LCD gráficos
- LCD alfanuméricos
- LCD seriales
- LCD panel display

Tabla 25 TIPOS DE LCD

TIPO LCD	CARACTERISTICAS IMPORTANTES	FILAS X COLUMNAS	VENTAJAS	INCONVENIENTES
GRAFICOS	ALTAS RESOLUCIONE	96 X 65 122 X 32		SUBUTILIZADO PARA ESTA

	S DESPLIEGUE DE IMÁGENES COLORES	128 X 64 128 X 66 132 X 65 240 X 64 240 X 128		APLICACIÓN PRECIO CONSUMO
ALFANUMÉRICOS	DESPLIEGUE DE NÚMEROS Y LETRAS	16 X 1 16 X 2 16 X 4 20 X 2 20 X 4 32 X 2 40 X 2	ADECUADO PARA EL TIPO DE APLICACIÓN PRECIO CONSUMO	
SERIALES	TECNOLOGIA OBSOLETA	16 X 2 20 X 2 20 X 4 40 X 2		TIPO DE COMUNICACIÓN MÁS LENTA FUERA DE USO
PANEL DISPLAY	DESPLIEGUE DE CARACTERES NUMERICOS UNICAMENTE	3 DIGITOS 4 DIGITOS		NO ADECUADO PARA ESTE TIPO DE APLICACION

Por el tipo de aplicación, precio, consumo; el tipo de LCD que se adaptan 100 % a nuestras necesidades son los LCD ALFANUMERICOS.

Dentro de este grupo el que se eligió por la versatilidad de su disposición de filas por columnas es el 20 X 4 que puede desplegar 20 caracteres alfanuméricos por columna de un total de 4 columnas.

Para mayor información y especificación del LCD ALFANUMERICO 20 X 4 LM044L favor dirigirse a su DATA SHEET en [ANEXO A3*](#)

4.1.2.2. INDICADORES DE CONTROL

Se ocupará como indicadores de control leds luminosos, debido al bajo consumo de corriente 10 mA para LEDs de baja luminosidad y 20 mA para LEDs de alta luminosidad

En términos generales, pueden considerarse de forma aproximada los siguientes valores de diferencia de potencial:

- Rojo = 1,8 V a 2,2 V
- Naranja = 2,1 V a 2,2 V
- Amarillo = 2,1 V a 2,4 V
- Verde = 2 V a 3,5 V
- Azul = 3,5 V a 3,8 V
- Blanco = 3,6 V

Tabla 26 TIPOS DE LED

COMPUESTO	COLOR	LONGITUD DE ONDA
Arseniuro de galio (GaAs)	Infrarrojo	940nm
Arseniuro de galio y aluminio (AlGaAs)	Rojo e infrarrojo	890nm
Arseniuro fosfuro de galio (GaAsP)	Rojo, naranja y amarillo	630nm
Fosfuro de galio (GaP)	Verde	555nm
Nitruro de galio (GaN)	Verde	525nm
Seleniuro de zinc (ZnSe)	Azul	
Nitruro de galio e indio (InGaN)	Azul	450nm
Carburo de silicio (SiC)	Azul	480nm
Diamante (C)	Ultravioleta	
Silicio (Si)	En desarrollo	

Usamos el led azul debido a que tiene menor longitud de onda por ende es el más visible

Se Tiene 9 leds como indicadores luminosos de control por lo que se debe implementar un multiplexor $2^3 = 8$, es decir con 3 entradas y 8 salidas, lo que nos permite no sobrepasar el número disponible de puertos del micro

4.1.2.2.1. MULTIPLEXOR 3 A 8 74HC138

El circuito integrado que permite hacer esto es el 74HC138

Tabla 27 PINES 74HC138

PIN NO.	SIMBOLO	FUNCION
1,2,3	A0 – A2	Entradas de direcciones
4,5	E1, E2	Entradas de activación (BAJO)
6	E3	Entradas de activación (ALTO)
8	TIERRA	0 [V]
15,14,13,12,11,10,9,7	Y0 – Y7	Salidas
16	Vcc	Fuente DC

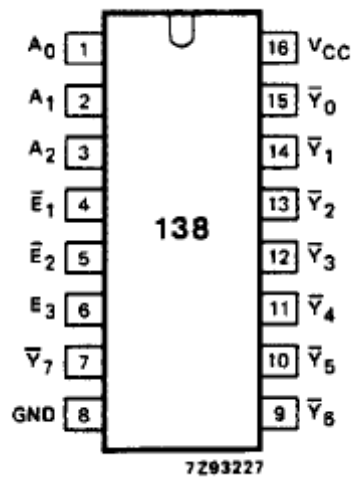


Ilustración 22 CONFIGURACION PINES 74HC138

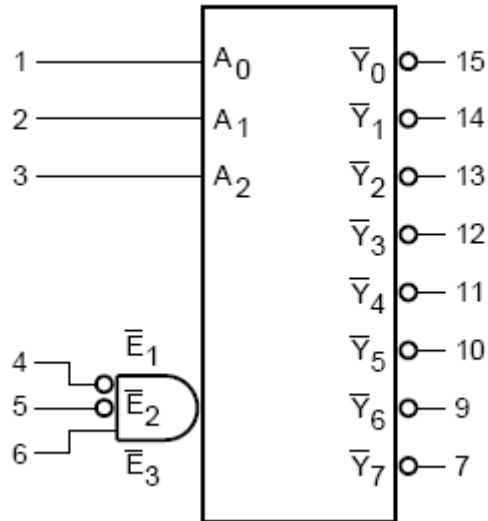


Ilustración 23 SIMBOLOGÍA LÓGICA

Para mayor información y especificación del 74HC138 favor dirigirse a su DATA SHEET en [ANEXO A4*](#)

4.1.2.3. ELEMENTOS DE POTENCIA

Las señales de control de 5V a los actuadores o elementos de potencia serán acondicionadas por una tarjeta de potencia.

La función de esta tarjeta será activar los elementos de potencia con el acondicionamiento de la señal de control de 5V además de filtrar o evitar los ruidos y los picos de corriente que alcanzan los motores de corriente alterna al encenderse, los que pueden afectar el correcto funcionamiento del micro, favor dirigirse a la sección 4.2.4

4.1.3. PARAMETROS DE CONTROL

4.1.3.1. TIEMPO

Los PICs no saben en qué día y hora se encuentran. Perdidos en el no-tiempo, la realidad analógica o digital es un continuo donde las fracciones de tiempo superior a algunos milisegundos son entes abstractos.

Anclados en patrones de frecuencia decimales que no son divisibles por sus primos binarios, esclavos del redondeo, siempre les sobran o les faltan unos microsegundos para dar el segundo perfecto.

Para medir esta variable se necesita de un RTC (Real Time Clock)

Un reloj en tiempo real (RTC) es un reloj de computadora (frecuentemente en la forma de un circuito integrado) que conserva o guarda el transcurso del tiempo actual

Aunque el término a menudo se refiere a los dispositivos en computadoras personales, servidores y sistemas empotrados, RTC están presentes en casi cualquier dispositivo electrónico que necesita mantener el tiempo exacto.

No debe confundirse con la señal de reloj medidas en frecuencia que rige la electrónica digital y no cuenta el tiempo en unidades humanas.

Algunos fabricantes de RTCs son Intersil, Maxim, Philips, Texas Instruments y STMicroelectronics.

Los RTCs generalmente tienen una fuente de energía diferente al de la computadora, de esta manera pueden mantener la hora aunque la fuente de energía primaria no está presente. Generalmente la fuente alternativa de energía era una batería de litio en los sistemas antiguos y los nuevos usan supercapacitores.

Aunque la conservación del tiempo se puede hacer sin un RTC, usar uno tiene beneficios:

- Bajo consumo de energía (importante al correr desde una fuente alterna)
- Libere el sistema principal para tareas de tiempo crítico

- A veces más exacto que otros métodos

La mayor parte de los RTCs usan un oscilador de crystal, pero algunos usan la frecuencia de la línea de alimentación. En muchos casos la frecuencia del oscilador es 32.768 kHz. Esta es la misma frecuencia usada en relojes de cuarzo, y por las mismas razones, es decir que la frecuencia es exactamente $2^{15} / 1000$ ciclos por segundo, el que es una conveniente proporción para usarse con un simple circuito contador binario, pues da el segundo perfecto.

En el mercado local los RTC disponibles comercialmente son de MAXIM, el DS 1302 y el DS 1307, cuya principal diferencia es el tipo de comunicación SSI (simple serial interface) para el DS1302 e I2C (inter integrated circuits)

4.1.3.1.1. DS1307

Por disponibilidad comercial, tipo de comunicación I2C (ver [ANEXO B1*](#)) serial, bidireccional, más inmune al ruido; precio, el RTC DS 1307 es el seleccionado como Reloj de tiempo real que cuenta: segundos, minutos, horas, fechas de meses, días y años hasta el 2100. El micro obtiene de este el tiempo.

La alimentación es doble. Por un lado el VCC del circuito normal, el del PIC; y por otro una Batería de Litio que va a permitir que el reloj siga su normal funcionamiento aún cuando el PIC esté apagado. El mismo DS1307 se encarga de realizar la conmutación entre una y otra por lo que no se debe tener en cuenta esta circunstancia (salvo la de cambiar la pila cuando se agote), como sucede con el BIOS de un computador

Tabla 28 PINES DS1307

# PIN	FUNCION / CONEXIÓN	# PIN	FUNCION / CONEXIÓN
1	32.768kHz Crystal	8	FUENTE DE PODER DC
2	CRYSTAL	7	ONDA CUADRADA / NC
3	IN 5V + BATERÍA	6	SERIAL CLOCK / 8 PIC
4	TIERRA	5	SERIAL DATA / 9 PIC

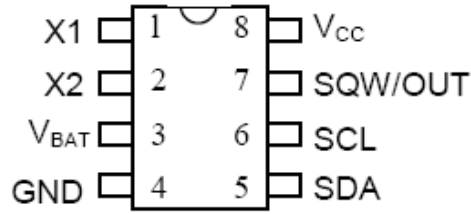


Ilustración 24 PINES DS1307

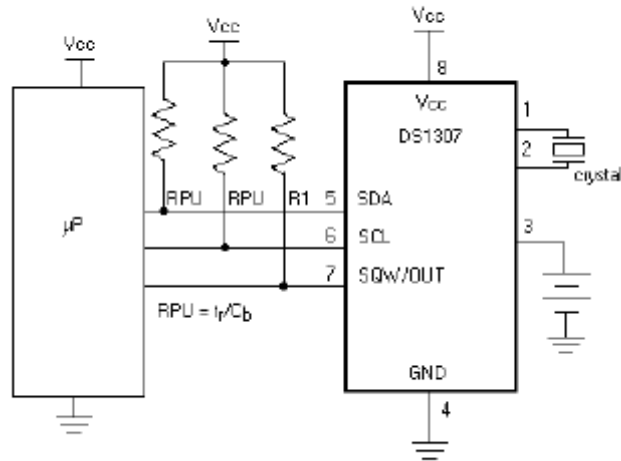


Ilustración 25 CIRCUITO TIPICO DE OPERACION

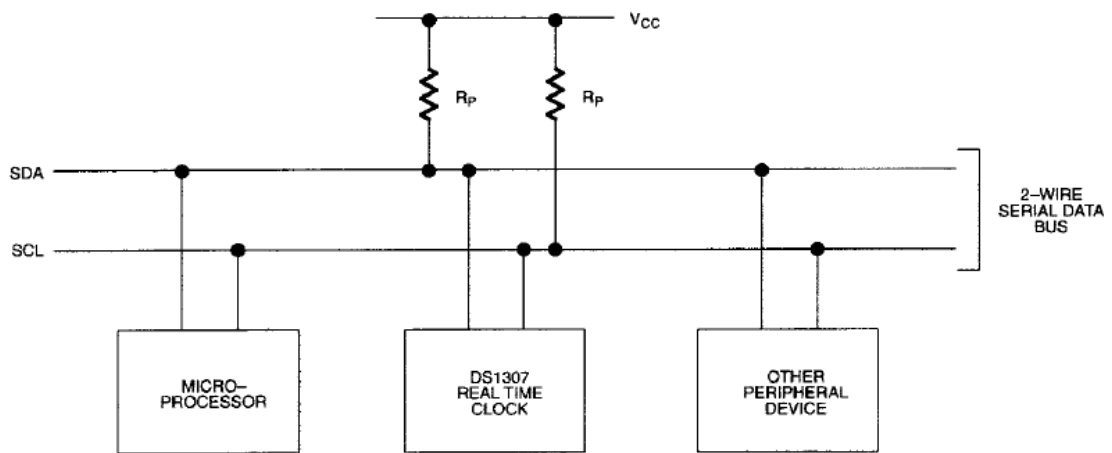


Ilustración 26 COMUNICACION DS 1307

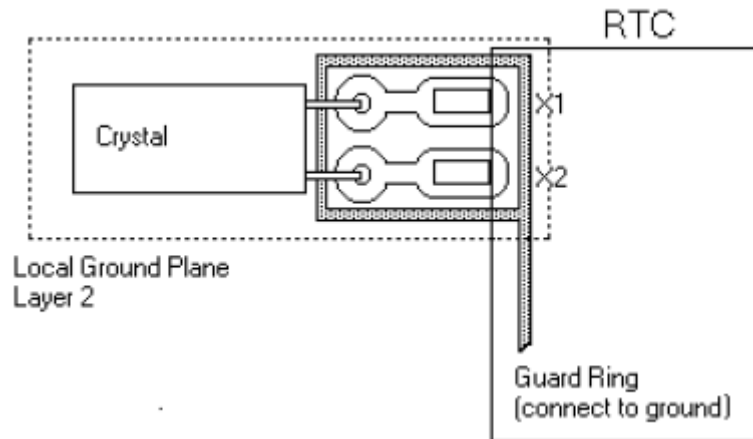


Ilustración 27 CRISTAL DEL RTC DS1307

Para mayor información y especificación del RTC Real-Time Clock DS1307 favor dirigirse a su DATA SHEET en [ANEXOS A5*](#)

4.1.3.2. SUMINISTRO DC

El sistema de control requiere de un suministro DC con una diferencia de potencial de 5V para la alimentación del PIC 18F452, el MAX6675, el DS 1305, el LCD 20 x 4, etc.

Deberá usarse un regulador (7805, LM123, LM323, MC33167T) ó una fuente de poder de 5V externa.

CARACTERÍSTICAS 7805

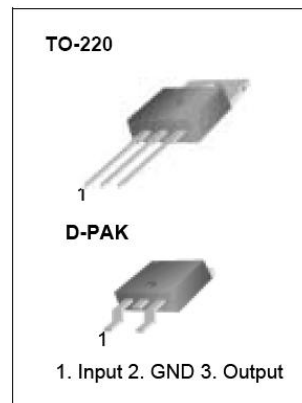


Ilustración 28 7805

Tabla 29 CARACTERISTICAS 7805

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Voltage (for VO = 5V to 18V)	VI	35	V
(for VO = 24V)	VI	40	V
Thermal Resistance Junction-Cases (TO-220)	RθJC	5	° C/W
Thermal Resistance Junction-Air (TO-220)	RθJA	65	° C/W
Operating Temperature Range (KA78XX/A/R)	TOPR	0 ~ +125	° C
Storage Temperature Range	TSTG	-65 ~ +150	° C

Parameter	Symbol	Conditions	KA7805			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
Output Voltage	VO	TJ = +25 °C	4.8	5.0	5.2	V	
		5.0mA ≤ IO ≤ 1.0A, PO ≤ 15W VI = 7V to 20V	4.75	5.0	5.25		
Line Regulation	Regline	TJ = +25 °C	VO = 7V to 25V	-	4.0	100	mV
			VI = 8V to 12V	-	1.6	50	
Load Regulation	Regload	TJ = +25 °C	IO = 5.0mA to 1.5A	-	9	100	mV
			IO = 250mA to 750mA	-	4	50	
Quiescent Current	IQ	TJ = +25 °C	-	5.0	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔIQ	IO = 5mA to 1.0A	-	0.03	0.5	mA	
		VI = 7V to 25V	-	0.3	1.3		
Output Voltage Drift	ΔVO/ΔT	IO = 5mA	-	-0.8	-	mV/°C	
Output Noise Voltage	VN	f = 10Hz to 100KHz, TA = +25 °C	-	42	-	μV/VO	
Ripple Rejection	RR	f = 120Hz VO = 8V to 18V	62	73	-	dB	
Dropout Voltage	VDrop	IO = 1A, TJ = +25 °C	-	2	-	V	
Output Resistance	rO	f = 1KHz	-	15	-	mΩ	
Short Circuit Current	ISC	VI = 35V, TA = +25 °C	-	230	-	mA	
Peak Current	IPK	TJ = +25 °C	-	3	-	A	

Para mayor especificación del 7805 favor dirigirse a su DATASHEET en [ANEXO A6*](#)

CARACTERÍSTICAS LM123

Tabla 30 CARACTERÍSTICAS LM123

Absolute Maximum Ratings (Note 1)		Operating Junction Temperature Range			
If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications. (Note 5)		LM123		-55°C to +150°C	
		Storage Temperature Range		-65°C to +150°C	
Input Voltage	20V	Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)		300°C	
Power Dissipation	Internally Limited	ESD Tolerance (Note 5)		2000V	
Parameter	Conditions	LM123			Units
		Min	Typ	Max	
Output Voltage	$T_J = 25^\circ\text{C}$ $V_{IN} = 7.5\text{V}$, $I_{OUT} = 0\text{A}$	4.7	5	5.3	V
	$7.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 15\text{V}$ $0\text{A} \leq I_{OUT} \leq 3\text{A}$, $P \leq 30\text{W}$	4.6		5.4	V
Line Regulation (Note 4)	$T_J = 25^\circ\text{C}$ $7.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 15\text{V}$		5	25	mV
Load Regulation (Note 4)	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $V_{IN} = 7.5\text{V}$, $0\text{A} \leq I_{OUT} \leq 3\text{A}$		25	100	mV
Quiescent Current	$7.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 15\text{V}$, $0\text{A} \leq I_{OUT} \leq 3\text{A}$		12	20	mA
Output Noise Voltage	$T_J = 25^\circ\text{C}$ $10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$		40		μVrms
Short Circuit Current Limit	$T_J = 25^\circ\text{C}$ $V_{IN} = 15\text{V}$ $V_{IN} = 7.5\text{V}$		3.4	4.5	A
Long Term Stability				35	mV
Thermal Resistance Junction to Case (Note 3)			2		$^\circ\text{C/W}$

CARACTERÍSTICAS LM323

Tabla 31 CARACTERÍSTICAS LM323

Absolute Maximum Ratings (Note 1)		Operating Junction Temperature Range						
If Military/Aerospace specified devices are required,								
please contact the National Semiconductor Sales Office/		LM323A	-40°C to +125°C					
Distributors for availability and specifications.		LM323	0°C to +125°C					
(Note 5)		Storage Temperature Range						
Input Voltage	20V	Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)						
Power Dissipation	Internally Limited	ESD Tolerance (Note 5)						
		2000V						
Parameter	Conditions	LM323A			LM323			Units
		Min	Typ	Max	Min			
Output Voltage	$T_J = 25^\circ\text{C}$ $V_{IN} = 7.5\text{V}$, $I_{OUT} = 0\text{A}$	4.95	5	5.05	4.8	5	5.2	V
	$7.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 15\text{V}$ $0\text{A} \leq I_{OUT} \leq 3\text{A}$, $P \leq 30\text{W}$	4.85		5.15	4.75		5.25	V
Line Regulation (Note 4)	$T_J = 25^\circ\text{C}$ $7.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 15\text{V}$		5	10		5	25	mV
Load Regulation (Note 4)	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $V_{IN} = 7.5\text{V}$, $0\text{A} \leq I_{OUT} \leq 3\text{A}$		25	50		25	100	mV
Quiescent Current	$7.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 15\text{V}$, $0\text{A} \leq I_{OUT} \leq 3\text{A}$		12	20		12	20	mA
Output Noise Voltage	$T_J = 25^\circ\text{C}$ $10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$		40			40		μVrms
Short Circuit Current Limit	$T_J = 25^\circ\text{C}$							
	$V_{IN} = 15\text{V}$		3	4.5		3	4.5	A
	$V_{IN} = 7.5\text{V}$		4	6		4	5	A
Long Term Stability				35			35	mV
Thermal Resistance Junction to Case (Note 3)			2			2		$^\circ\text{C/W}$

Para mayor especificación del LM123, LM323 favor dirigirse a su DATASHEET en [ANEXO A7*](#)

CARACTERÍSTICAS MC33167T

Regulador de alto desempeño con salida de corriente de 5^a

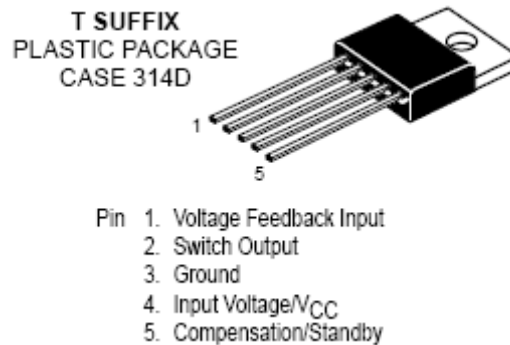


Ilustración 29 ESQUEMA MC33167T

Tabla 32 CARACTERÍSTICAS MC33167T

Output Switch Current in Excess of 5.0 A
Fixed Frequency Oscillator (72 kHz) with On-Chip Timing
Provides 5.05 V Output without External Resistor Divider
Precision 2% Reference
0% to 95% Output Duty Cycle
Cycle-by-Cycle Current Limiting
Undervoltage Lockout with Hysteresis
Internal Thermal Shutdown
Operation from 7.5 V to 40 V
Standby Mode Reduces Power Supply Current to 36 mA
Economical 5-Lead TO-220 Package with Two Optional Leadforms

Para mayor especificación del MC33167T favor dirigirse a su DATASHEET en [ANEXO A8*](#)

CARACTERÍSTICAS FUENTE DE PODER AT/ATX

La fuente de alimentación, es el componente electrónico encargado de transformar la corriente de la red eléctrica con una tensión de 200V ó 125V, a una corriente con una tensión de 5 a 12 voltios (que es la necesaria para alimentar al PIC y sus componentes).

El voltaje que ofrecen las compañías eléctricas no siempre es el mismo pues suele variar por múltiples factores. La corriente puede tener picos de tensión tanto hacia arriba como hacia abajo en el tiempo.

Como los componentes de la PIC funcionan con corriente continua, lógicamente la corriente alterna no sirve, ya que los mismos no funcionarán.

Para ello se utiliza un componente llamado puente rectificador, que será el encargado de transformar la corriente alterna en corriente continua, logrando que el voltaje no baje de 0 voltios. Una vez obtenida la corriente continua, todavía no sirve para alimentar ningún circuito porque no es constante.

Posteriormente se pasa a la fase de filtrado, que procede en alisar al máximo la señal eléctrica, para que no se den oscilaciones, lo cual se consigue por medio de uno o varios condensadores, que retienen la corriente a modo de batería y la suministran de forma constante.

Una vez que se obtiene una señal continua solo falta estabilizarla, para que cuando aumente o descienda la corriente de entrada a la fuente, no afecte a la salida de la misma, lo cual se consigue por medio de un regulador

Tabla 33 COMPARATIVA SUMINISTRO DC

SUMINISTRO DC	PROS	CONTRAS
7805	PRECIO	1 A DE PICO DE CORRIENTE FUENTE EXTRA DE 12 V
LM123	3 A DE PICO DE CORRIENTE	FUENTE EXTRA DE 12V
LM323 LM323A	3 A DE PICO DE CORRIENTE	FUENTE EXTRA DE 12V
MC33167T	5 A DE PICO DE CORRIENTE	FUENTE EXTRA DE 12V DISPONIBILIDAD
FUENTE DE PODER AT/ATX	ENTREGA DIRECTA DE 3.3, 5, 12 V con alto amperaje	TAMAÑO

Se usará una fuente de poder AT/ATX, debido a los voltajes de 5 [V] y 12 [V] se entregan directamente rectificadas e inmunes a cualquier ruido con amperajes altos; alta disponibilidad, precio medio 25% superior al MC33167T o a una fuente típica no AT/ATX, pero con grandes ventajas tecnológicas frente a estas opciones como: una señal de salida de 5 y 12 [V] completamente constante y filtrada frente a picos de corriente y ruidos, altos amperajes

Tabla 34 FUENTE IMPLEMENTADA

VOLTAJE[V]	CORRIENTE [A]
5	26
12	9

Para mayor especificación de una fuente ATX favor dirigirse a [ANEXO A9*](#)

4.1.3.3. FRECUENCIA

Todo microprocesador o micro controlador requiere de un circuito que le indique a qué velocidad debe trabajar. Este circuito es conocido por todos como un oscilador de frecuencia o generador de pulsos de reloj. Este oscilador es como el motor del microcontrolador por lo tanto, este pequeño circuito no debe faltar

El cristal se encarga de darle al micro pulsos de reloj, es decir una frecuencia en Mhz, a la cual se realizan las instrucciones, en este caso la frecuencia es de 4 Mhz

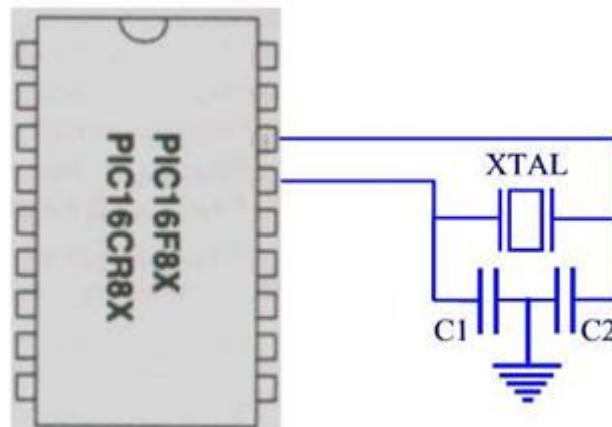


Ilustración 30 CONEXIÓN PARA UN CRYSTAL DE CUARZO

Oscilador tipo "XT" (XTal) para frecuencias no mayores de 4 Mhz.

En la imagen de la figura podemos observar la configuración del circuito.

La condición básica importante para que este oscilador funcione es que los condensadores C1 y C2 deberán ser iguales. En la tabla 33 están reflejados algunos valores básicos de los condensadores C1 y C2.

Tabla 35 CONDENSADORES SEGÚN FRECUENCIA

Frecuencia de Oscilación	C1	C2
455 KHz	47 - 100 pF	47 - 100 pF
2 Mhz	15 - 33 pF.	15 - 33 pF.
4 Mhz	15 - 33 pF.	15 - 33 pF.

Valores estándar de condensadores cerámicos para la configuración XT. Para una tensión de 5 V Microchip recomienda $C1=C2\sim 30\text{pF}$

4.1.4. DISEÑO ELECTRONICO

Seleccionados los elementos electrónicos en entradas, salidas y parámetros de control se procede a su implementación y conexión eléctrica en el software ISIS que se encuentra dentro de la plataforma de diseño electrónico PROTEUS

Tabla 36 CONEXIONES DE PINES PIC18F452

# PIN	FUNCION / CONEXIÓN	# PIN	FUNCION / CONEXIÓN
1	RESET	40	NC
2	IN PUERTA	39	IN BOTONES F3
3	IN VIÑETA BANDEJA	38	IN BOTONES F2
4	CONTROL LEDS/ 6 (74HC138)	37	IN BOTONES F1
5	OUT /1 (74HC138)	36	IN BOTONES C4
6	OUT/2 (74HC138)	35	IN BOTONES C3
7	OUT/3 (74HC138)	34	IN BOTONES C2
8	IN RD (READ)/6 DS1307 (SCL)	33	IN BOTONES C1
9	WR (WRITE) / 5 DS1307 (SDA)	32	VDD 5 V +
10	IN LEER TEMP / 6 MAX 6675	31	VSS TIERRA
11	VDD 5 V+	30	OUT DATA BUS LINE LCD / D7 LCD
12	VSS TIERRA	29	OUT DATA BUS LINE LCD / D6 LCD
13	CRYSTAL	28	OUT DATA BUS LINE LCD / D5 LCD
14	CRYSTAL	27	OUT DATA BUS LINE LCD / D4 LCD

15	OUT ACTMOTOR / B.	26	OUT LUZ / B. VC-L
16	OUT CALENTADOR / B.	25	OUT VAPOR CAM / B. VC-L
17	OUT ALARMA / B.A-VH	24	NC
18	OUT SCK (SERIAL CLOCK)/ 5 MAX 6675	23	SDI (SERIAL DATA INPUT)/ 7 MAX667
19	OUT VAPOR HORNO / B. A-VH	22	OUT ENABLE LCD / E LCD
20	OUT LED ON OFF TURBINA / LED TURBINA	21	OUT DATA LCD / RS LCD

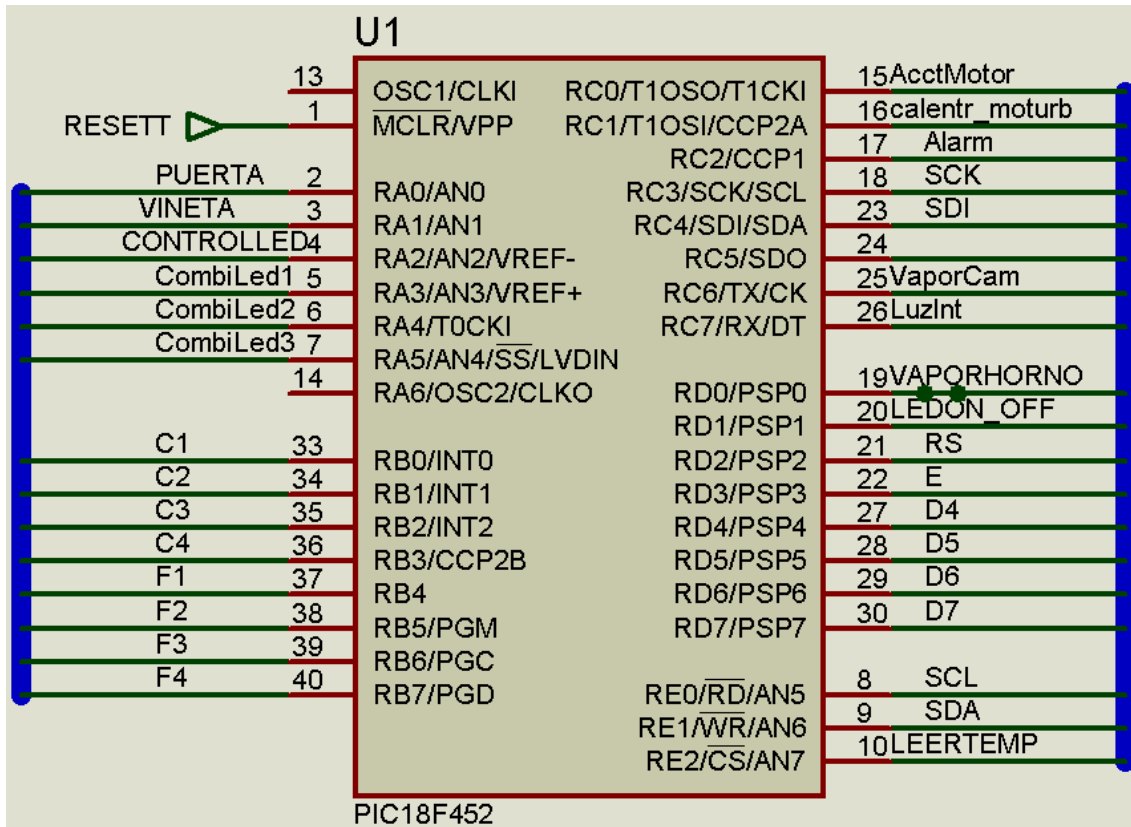


Ilustración 31 PINES PIC 18F452 EN ISIS

4.1.4.1. CONEXIÓN MATRIZ DE TECLADO

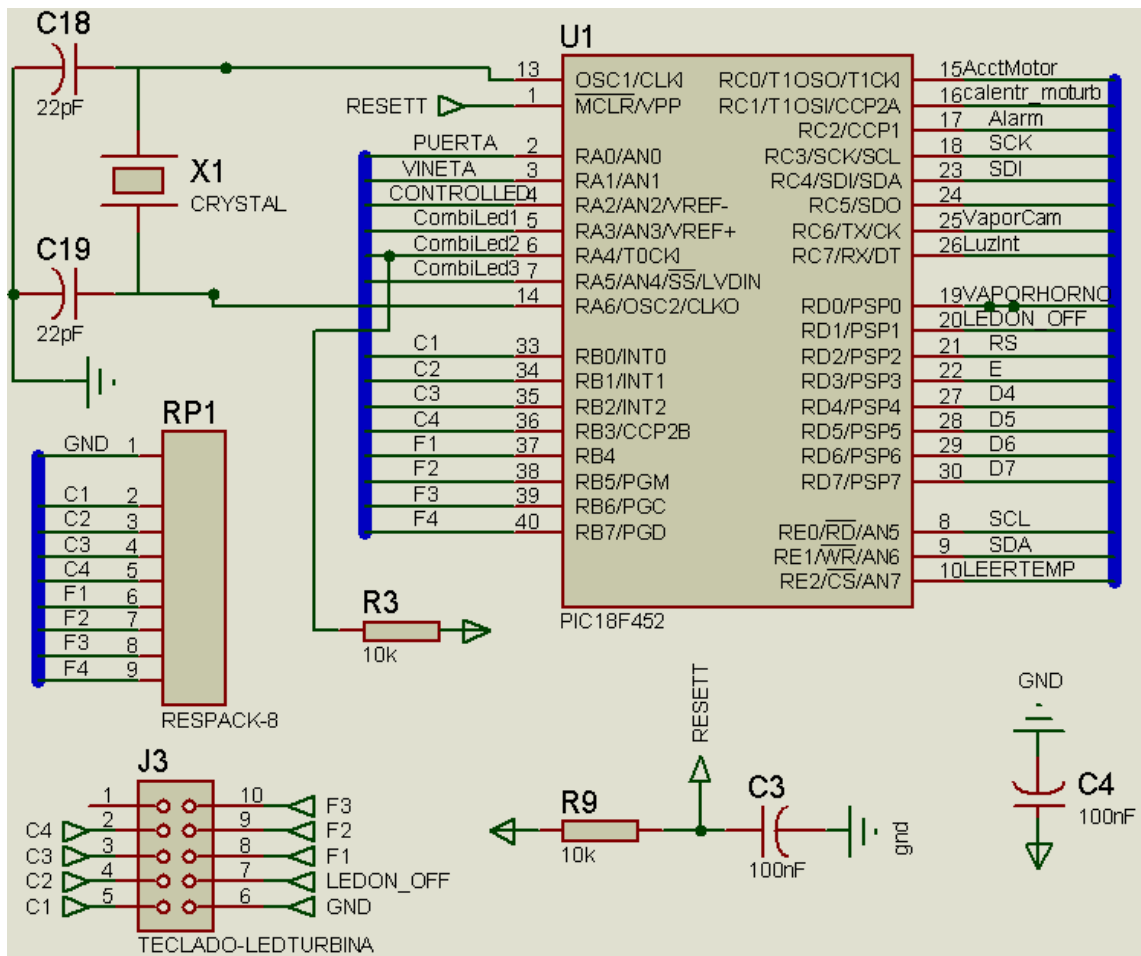


Ilustración 32 MATRIZ DE TECLADO EN ISIS

4.1.4.2. CONEXIONES MAX6675

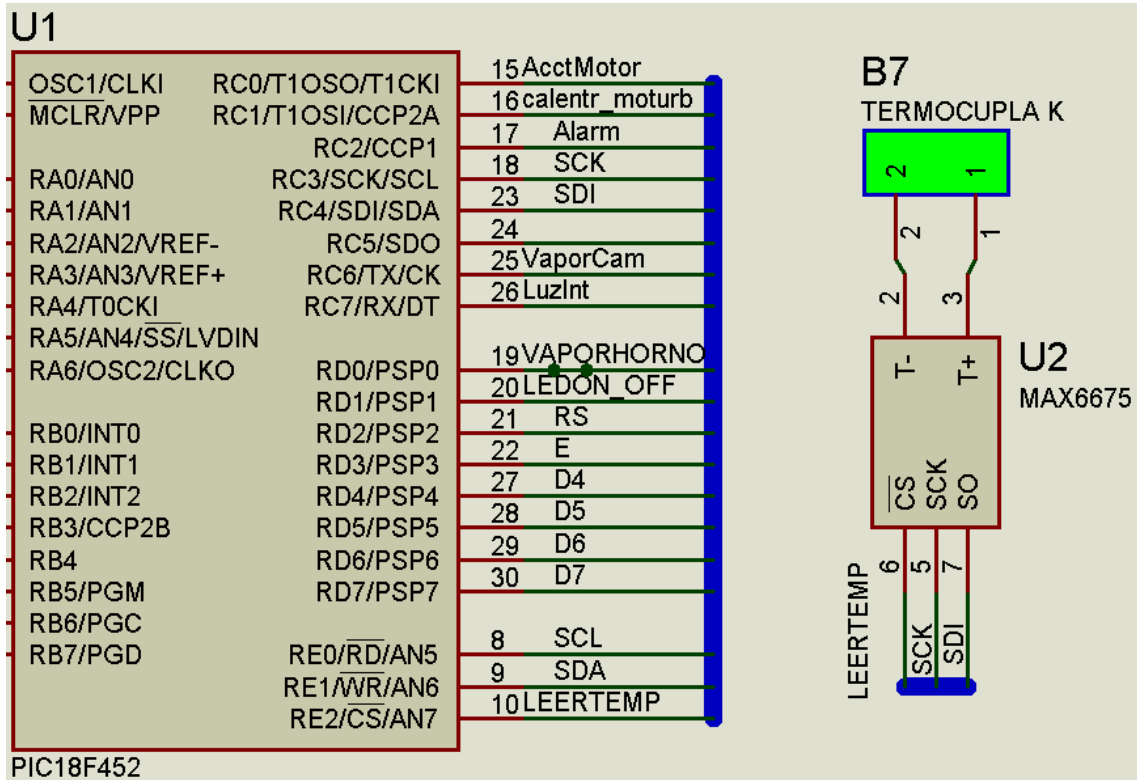


Ilustración 33 MAX6675 EN ISIS

4.1.4.3. CONEXIÓN MICROSWITCH

Circuito de terminales de entrada de sensor de puerta cerrada y bandeja alineada, el capacitor sirve como un filtro de ruido y picos de corriente

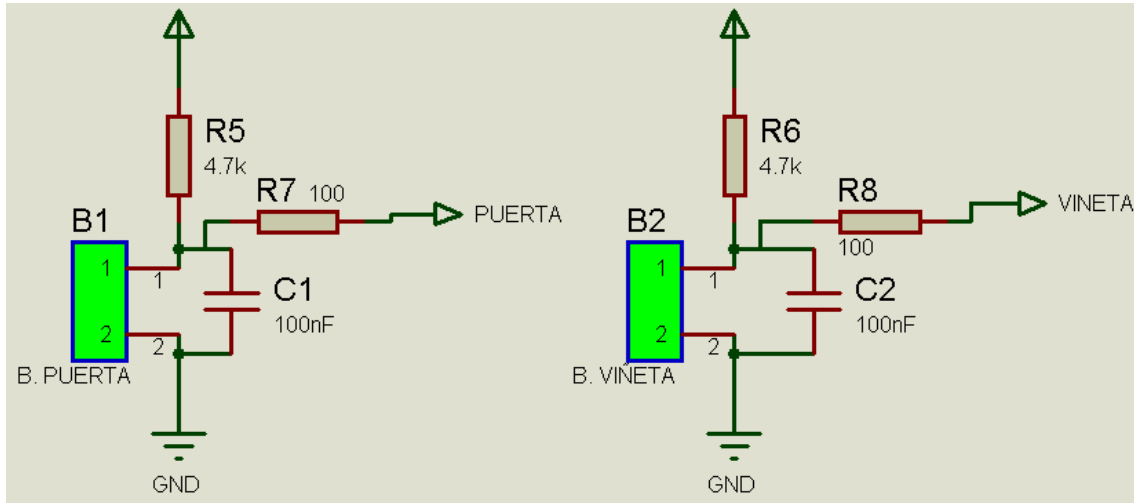


Ilustración 34 MICROSWITCHS DE PUERTA Y BANDEJA EN ISIS

4.1.4.4. CONEXIONES LCD

Estas conexiones se realizarán desde los pines 21 al 30 del micro mediante un conector de 10 pines a la placa donde se encontrará físicamente el LCD, de acuerdo al DATA SHEET del LCD

Tabla 37 PUERTOS DEL LCD (DATA SHEET)

NO	Symbol	Function
1	VSS	Ground (0V)
2	VCC	Power supply for Logic circuit
3	V0 (VEE)ILUMINACION	Power Supply for Driving the LCD
4	RS	Data / Instruction select
5	R/W	Read / Write select
6	E	Enable signal
7-14	DB0-DB7	Data Bus line
15	LED A	Power supply for LED
16	LED K	Power supply for LED

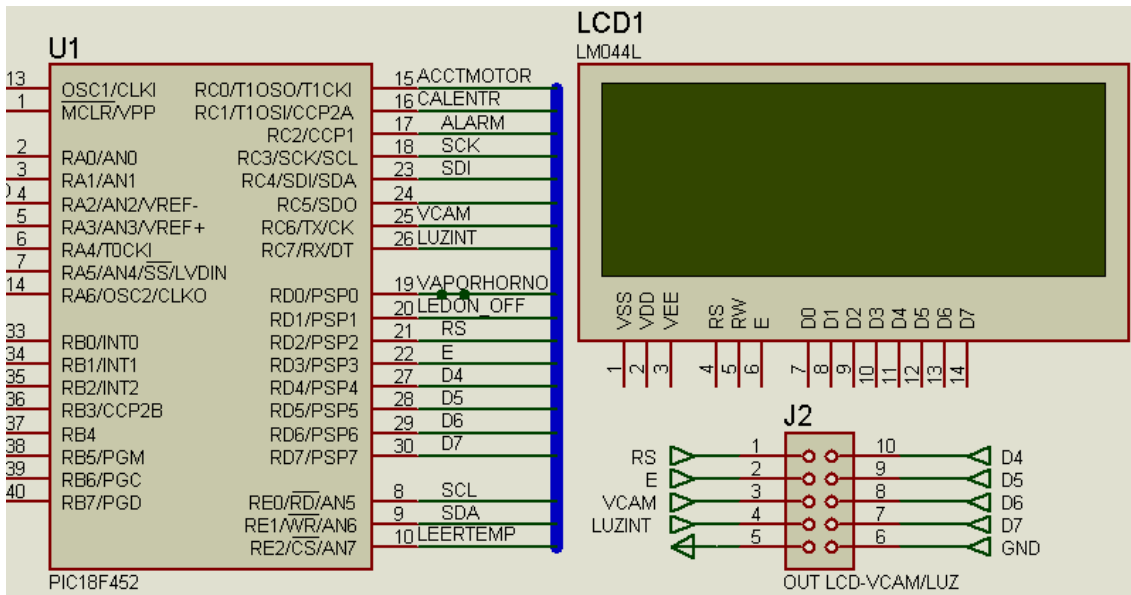


Ilustración 35 PUERTOS DEL LCD EN ISIS

4.1.4.5. CONEXIÓN 74HC138

Debido al número de leds, 9 en total se debe usar un multiplexor que permita con 3 puertos del micro activar 8 leds, el circuito integrado que nos permite hacer esto es el 74HC138

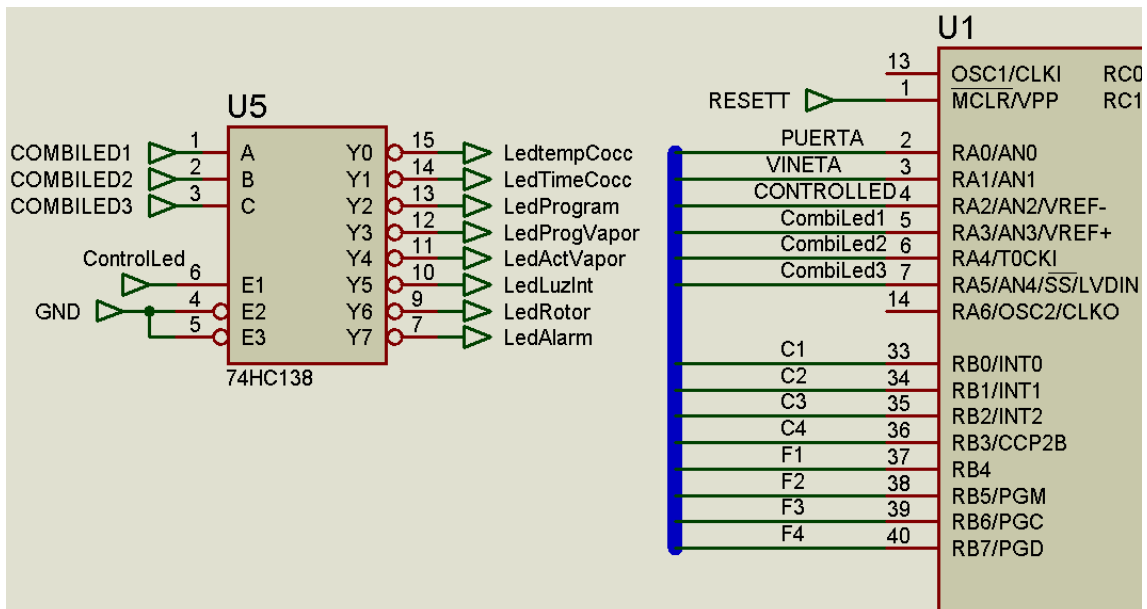


Ilustración 36 CONEXIÓN 74HC138 EN ISIS

4.1.4.6. SALIDAS A TARJETA DE POTENCIA

Borneras de salida de control, estas se conectan a la correspondiente bornera de entrada en la tarjeta de potencia

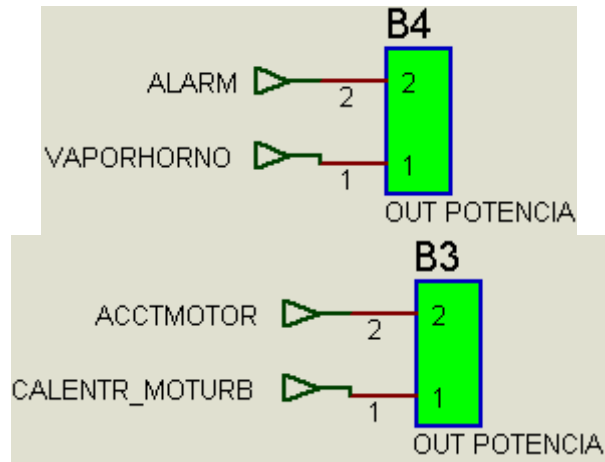


Ilustración 37 BORNERAS DE TARJETA DE CONTROL A TARJETA DE POTENCIA EN ISIS

También existe una conexión directa desde el puerto de salida del micro que activa el led de la turbina, el PIN #20, a la tarjeta de potencia, que mediante el proceso de esta señal de 5V por parte de esta tarjeta activará el dispositivo de potencia correspondiente

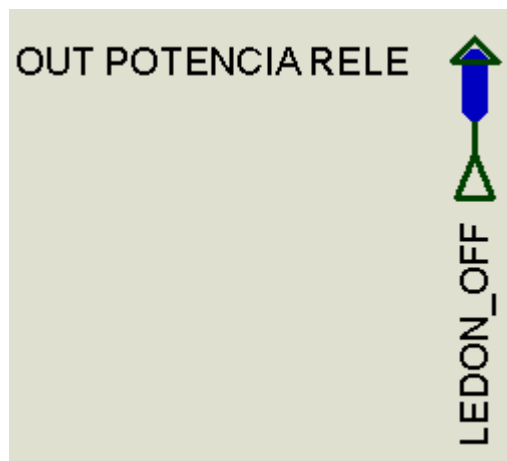


Ilustración 38 SALIDA A DISPARADOR DE RELE DE TURBINA

Señales de control del vapor de cámara de leudo y de la luz interior

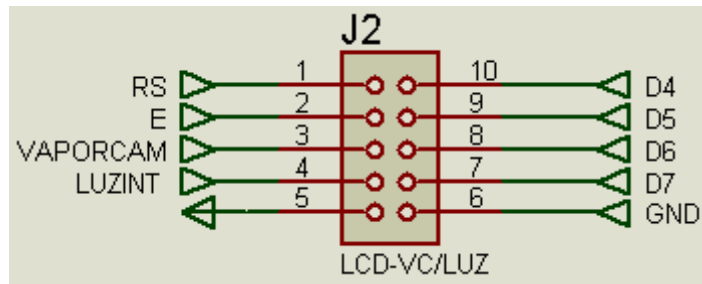


Ilustración 39 SEÑALES DE CONTROL EN CONECTOR DE 10 PINES EN ISIS

4.1.4.7. CONEXIÓN DS1307

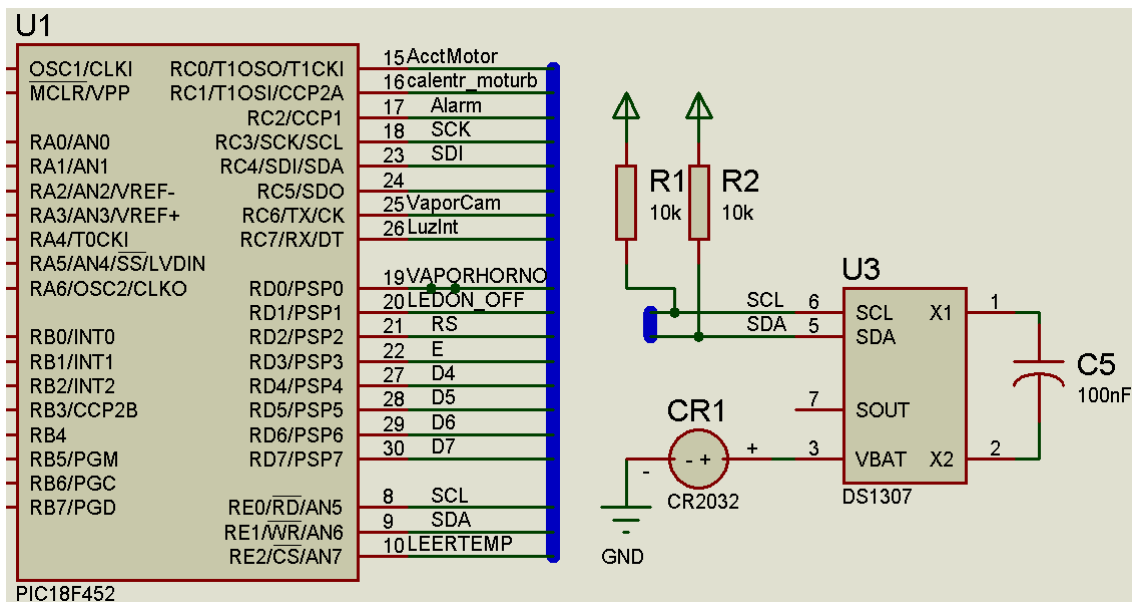


Ilustración 40 CONEXIÓN DS1307 EN ISIS

4.1.4.8. CONEXIÓN FUENTE DC

Se usarán los terminales de 5V de la fuente ATX ya entrega una señal casi lineal, el capacitor se coloca como una seguridad para eliminar el risado.

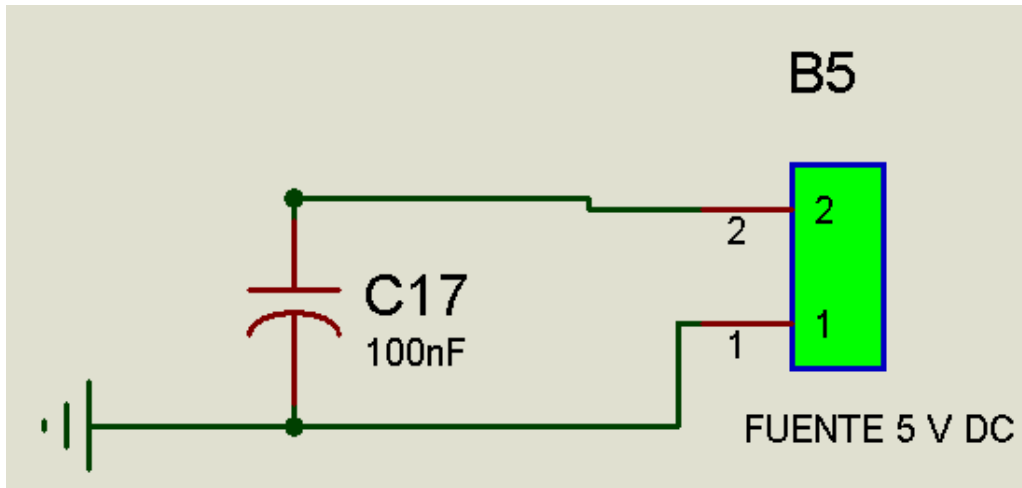


Ilustración 41 CONEXIÓN DE FUENTE 5V EN ISIS

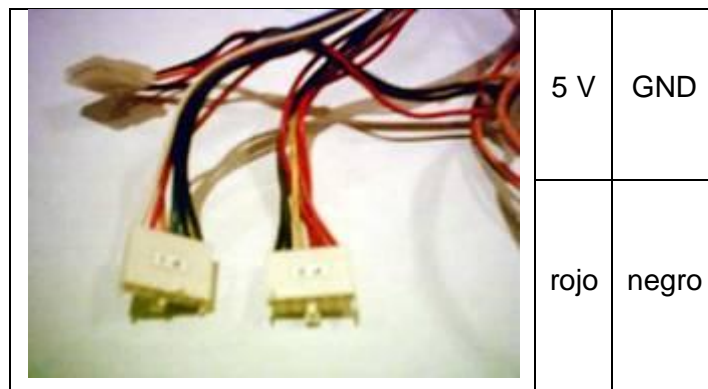


Imagen 7 CONECTOR DE 5 V

4.1.4.9. CONEXIÓN CRYSTAL

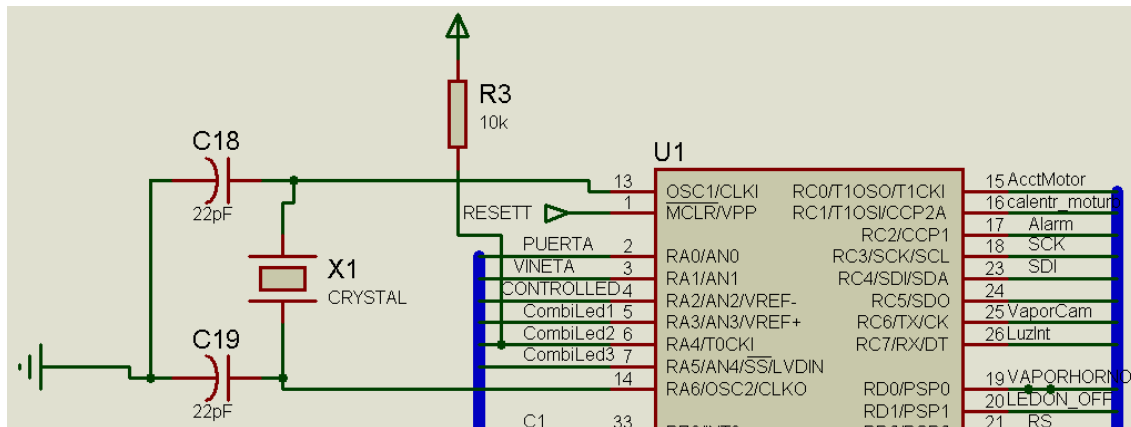


Ilustración 42 CONEXIÓN DEL CRISTAL EN ISIS

4.1.4.10. CIRCUITO DE RESET

Está ubicado en el pin 1, es una seguridad para evitar el reseteo d el micro de forma externa

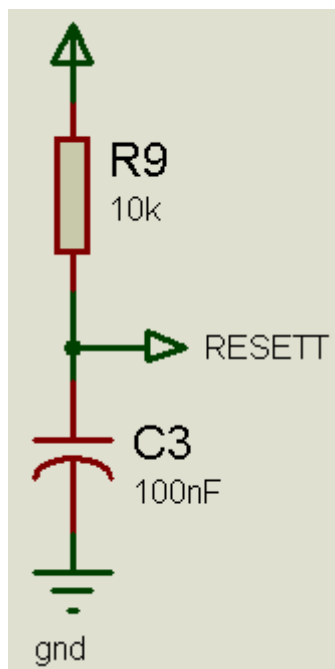


Ilustración 43 RESET EN ISIS

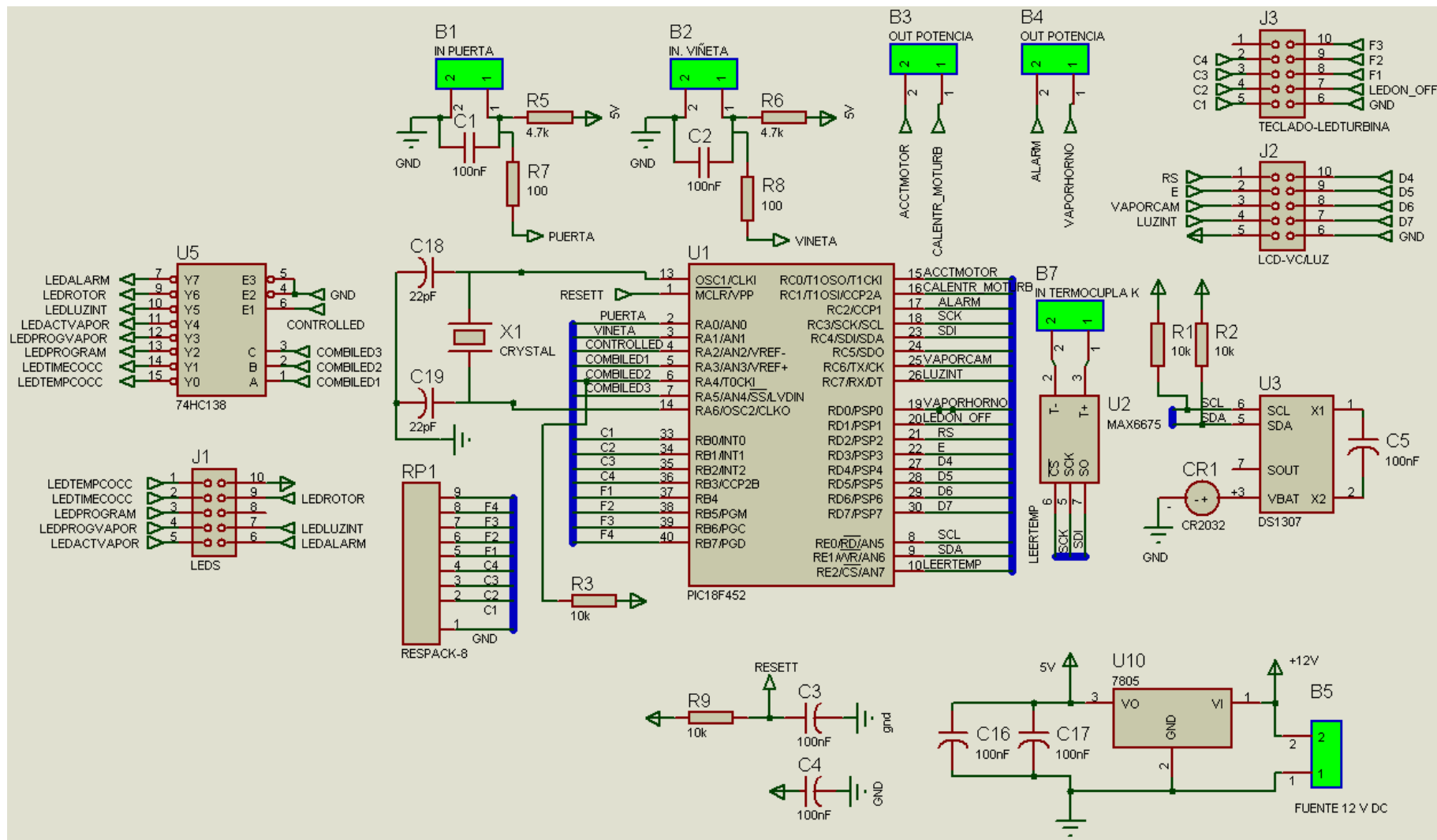
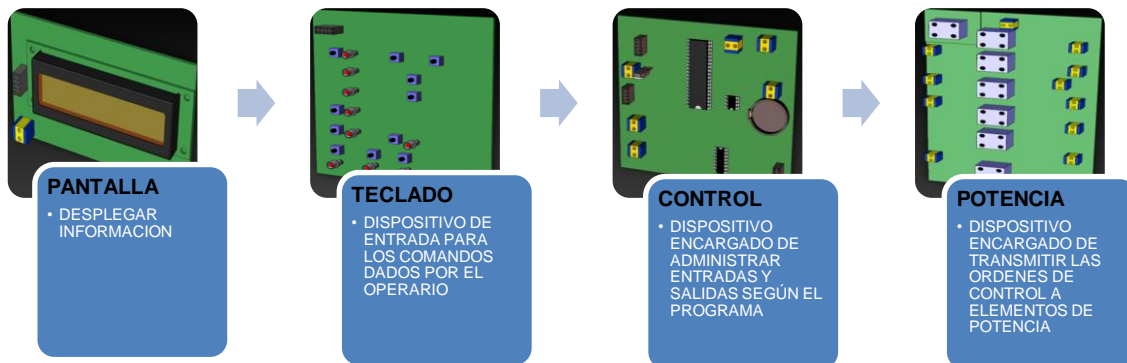


Ilustración 44 TARJETA DE CONTROL EN ISIS

4.2. DISEÑO DEL ESQUEMA ELECTRONICO

Una vez realizado el diseño previo del circuito de control, se procede a diseñar el resto de componentes periféricos que nos permitan tener una interfaz de comunicación adecuada con el operario y con elementos de potencia

El diseño según la función que desempeña se divide de la siguiente forma:



Lo primero que debemos hacer es decidir si haremos todo el sistema de control, es decir la tarjeta de control y sus periféricos en una sola placa o tarjeta, o dividiremos su número según la función que desempeñen dentro del sistema de control.

Debido a las ventajas que presenta el diseño del sistema en varias tarjetas vs. una tarjeta única, con respecto a detección de daños, mantenimiento, ensamblaje; además que estos puntos son de vital importancia no solo en la fase de construcción y pruebas, sino también al momento de una implementación definitiva y comercialización, por ello este es el tipo de diseño que implementaremos en nuestro sistema de control.

4.2.1. PANTALLA LCD

Esta tarjeta básicamente se ocupará de albergar al LCD 20 x 4 y las conexiones de entrada para su manejo, provenientes de la tarjeta de control, además de cualquier circuito indicado en el DATA SHEET.

El display usado dispone de 4 filas de 20 caracteres cada una y cada carácter dispone de una matriz de 5x7 puntos (pixels).

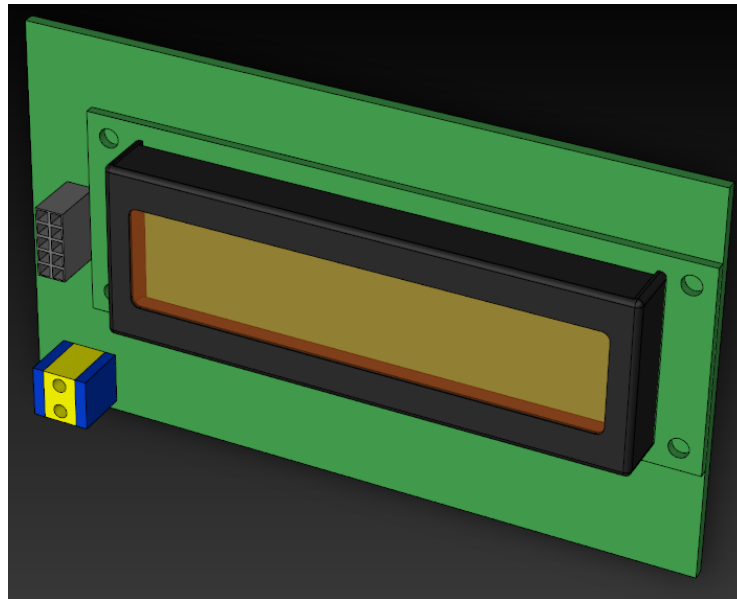


Ilustración 45 ESQUEMA 3D PANTALLA

Ver Tabla 35 PUERTOS DEL LCD (DATA SHEET)

Tabla 38 CONDICIONES DE OPERACION

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS				
DETALLE	Símbolo	Rangos	Unidad	Remarks
Storage temperature range	Tst	-30~80	°C	No condensation
Operating temperature range	Top	-20~70	°C	No condensation

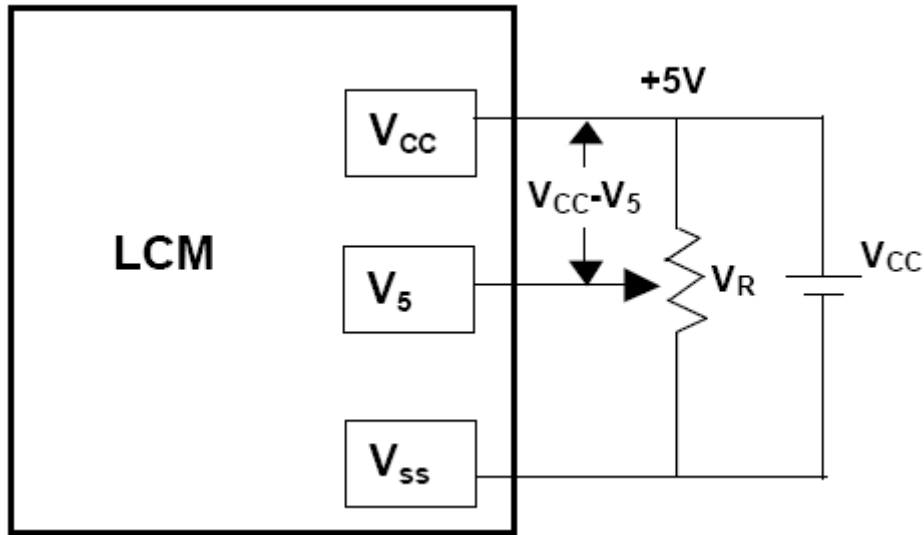



Ilustración 46 ESQUEMA DE VOLTAJES

4.2.1.1. DISEÑO

En el programa ISIS  hacemos las conexiones de alimentación y control en J1 que luego van a sus respectivos puertos en el LCD

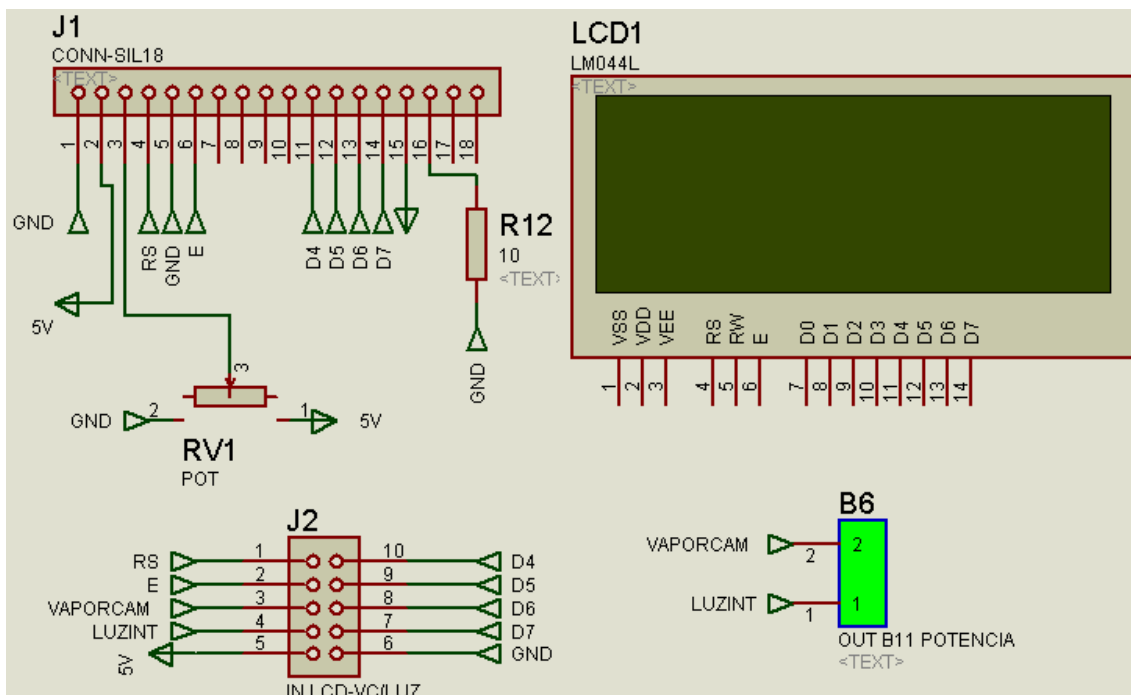
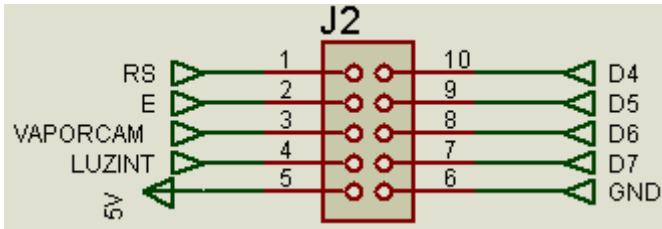
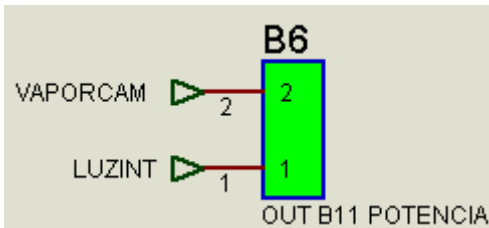


Ilustración 47 CONEXIONES ELECTRICAS DE PANTALLA EN ISIS


Conector de entrada desde la tarjeta de control



Conector de salida a la tarjeta de potencia



4.2.1.2. RUTEADO

Damos click en  el ícono de ARES en la barra de herramientas, se abrirá este programa donde deberemos disponer los elementos electrónicos y hacer el ruteado definitivo de sus conexiones, para la impresión de la tarjeta

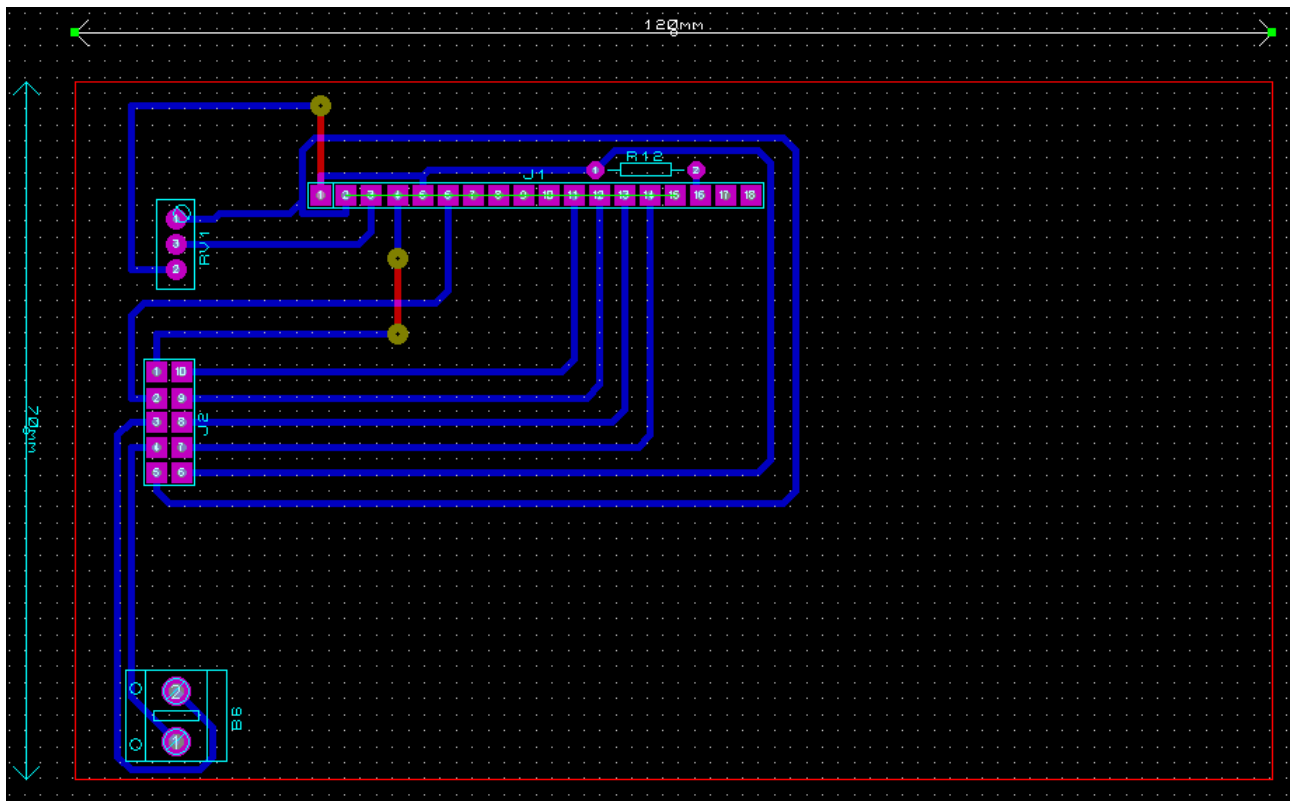


Ilustración 48 RUTEADO DE PANTALLA EN ARES

Guardamos

4.2.2. TECLADO

Esta tarjeta encargará de ser una interfaz de comunicación entre el operario y el sistema de control mediante comandos (pulsadores) e indicadores (leds)

El teclado usado en el proyecto, fue un teclado multiplexado de 3x4, como el de la figura:

La forma de operar de este teclado es en generar un corto-circuito al momento de presionar una tecla, ya que cada una de éstas es un pulsador. Lógicamente el funcionamiento se puede describir según la siguiente figura:

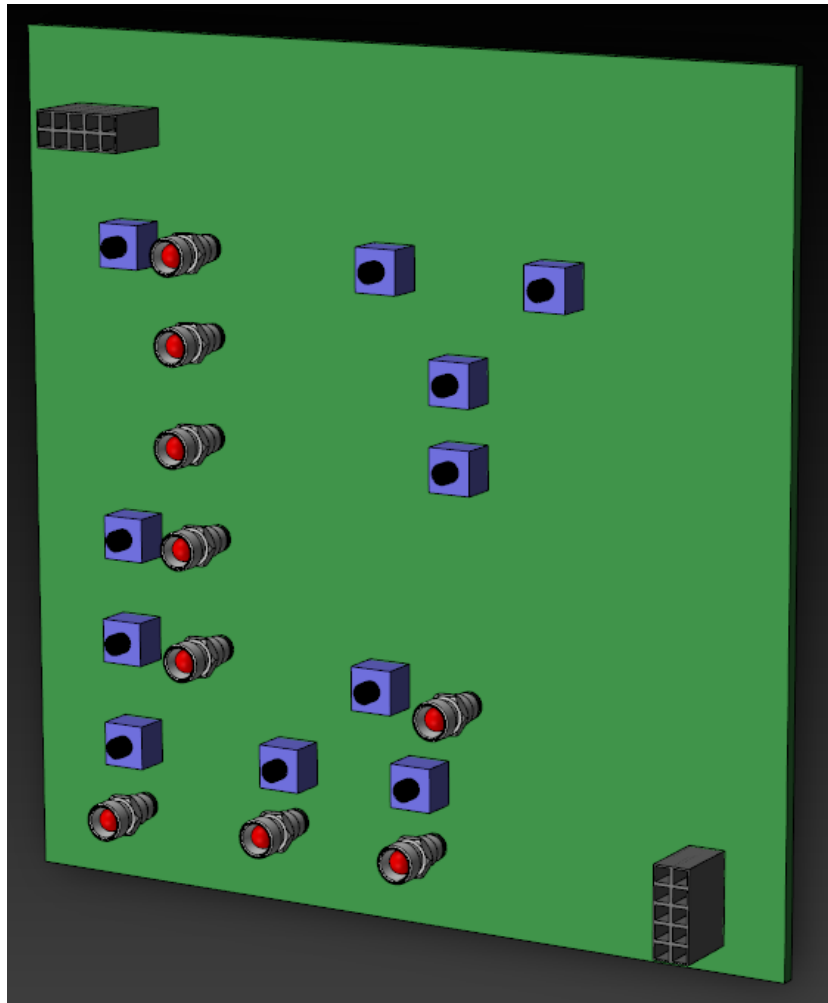



Ilustración 49 ESQUEMA 3D TECLADO

4.2.2.1. DISEÑO

En el programa ISIS  hacemos las conexiones de la matriz de botones y de esta al conector de 10 pines que se conectará a uno igual en la tarjeta de control.

Los leds D1 al D8 ver figura se activan con lógica inversa, es decir a 0 V se prenden, cuando el voltaje es diferente de cero es circuito abierto.

El led D9 ver figura correspondiente a la turbina funciona con lógica normal, es decir 5V prendido, 0V apagado.

Se hizo de esta forma por el uso del multiplexer 74HC138 para los leds D1 al D9, y debido a que la señal de control LEDON_OFF también se utilizará en la tarjeta de potencia para mediante un circuito disparador activar el relé de la turbina

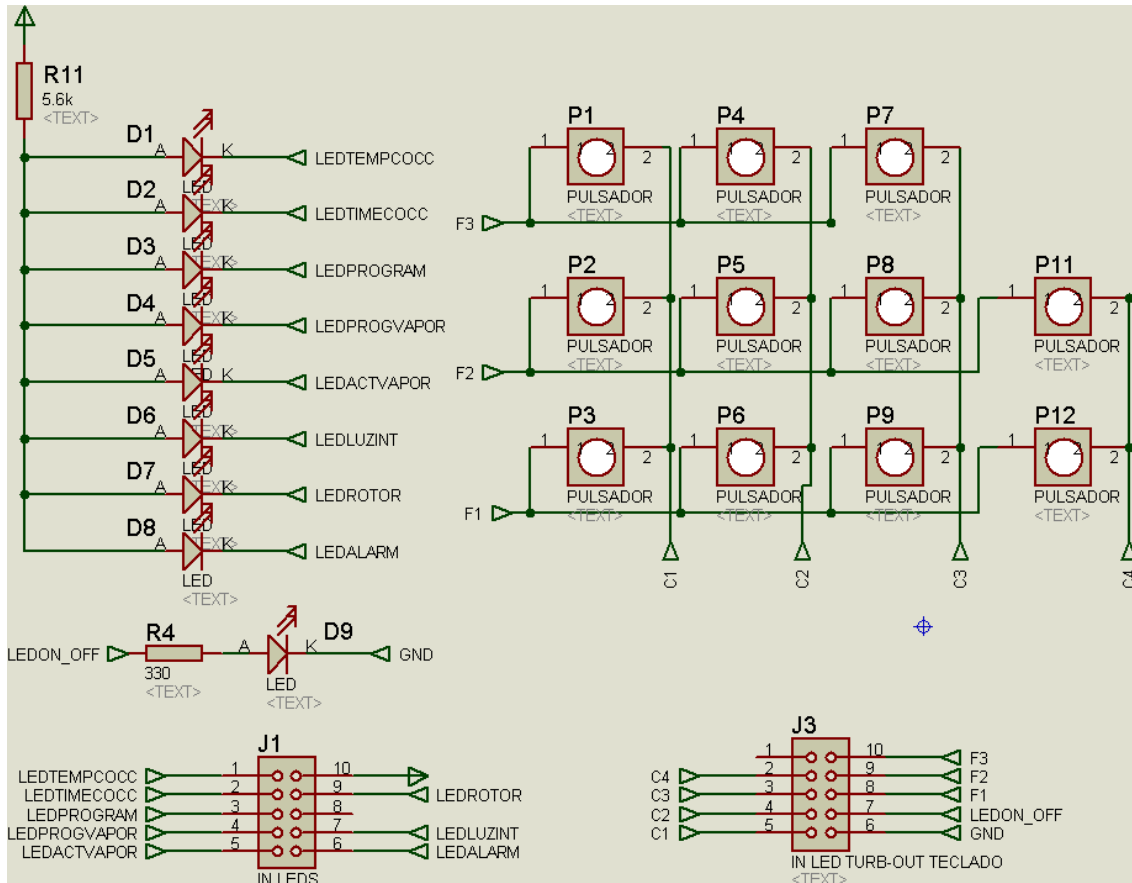


Ilustración 50 CONEXIONES ELECTRICAS DE TECLADO EN ISIS

CONECTOR DE ENTRADA/SALIDA

Entrada led de la turbina. Salida matriz de botones

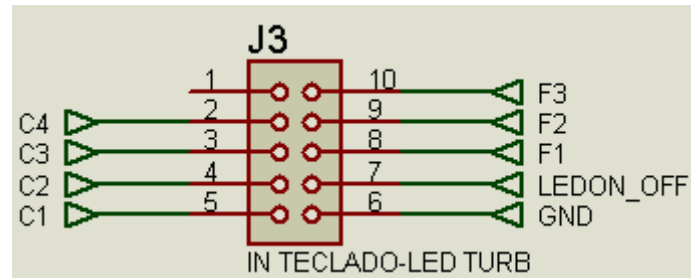


Ilustración 51 LED TURBINA-MATRIZ TECLADO

Entrada de señales de control de los leds

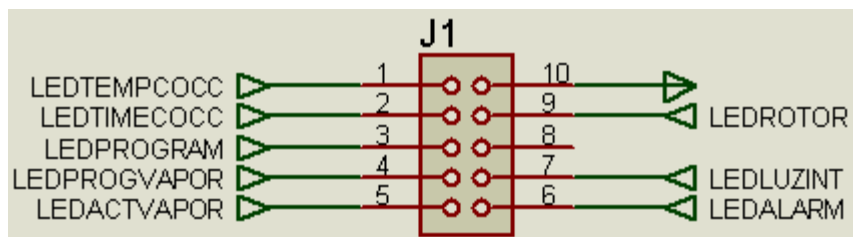



Ilustración 52 LEDS

4.2.2.2. RUTEADO

Damos click en  el ícono de ARES en la barra de herramientas, se abrirá este programa donde deberemos disponer los elementos electrónicos y hacer el ruteado definitivo de sus conexiones, para la impresión de la tarjeta

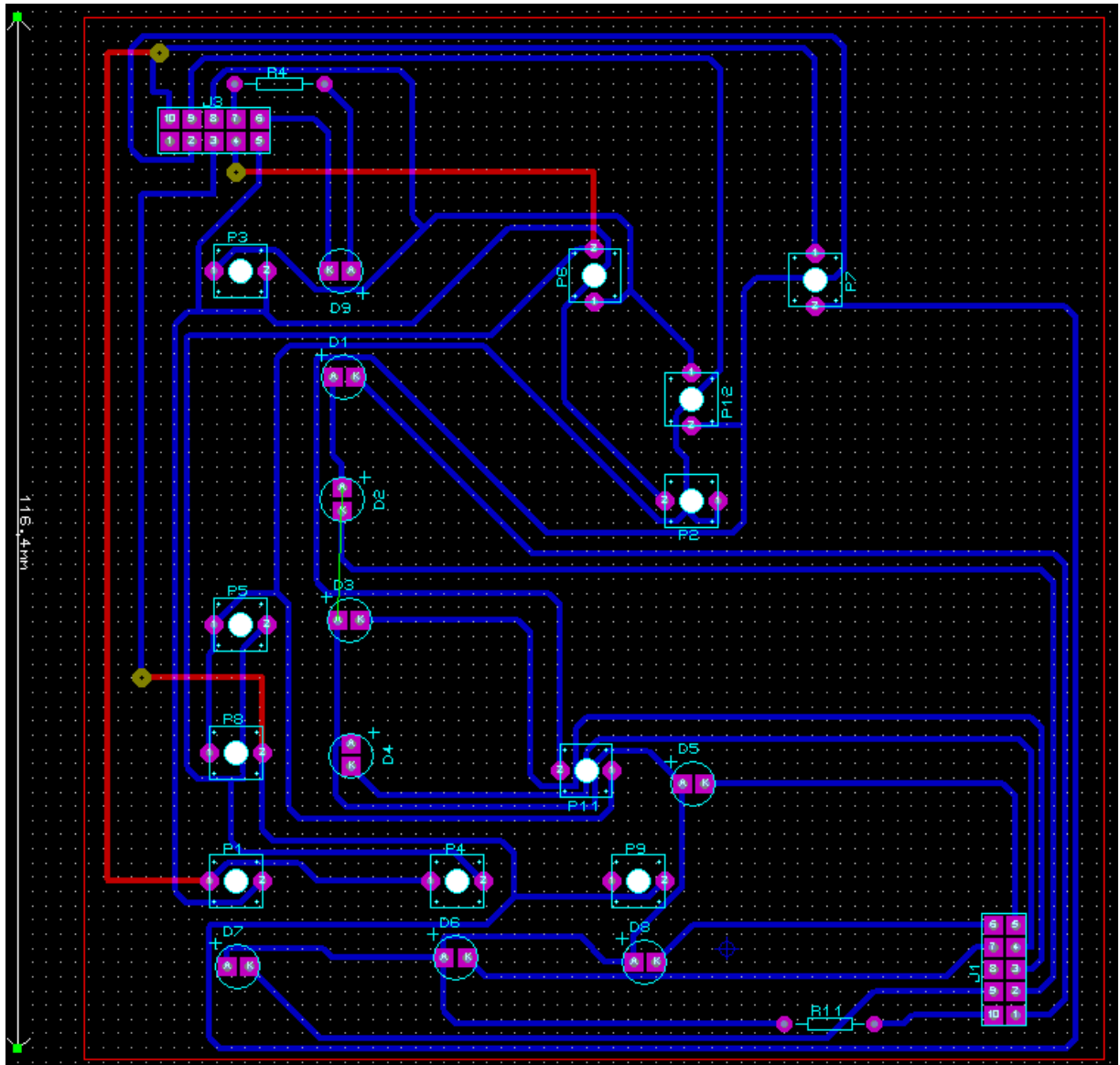


Ilustración 53 RUTEADO DE TECLADO EN ARES

Guardamos

4.2.3. CONTROL

Esta tarjeta ya fue diseñada en el capítulo 4.1, lo que haremos en esta sección será resumirlo, comprobando las conexiones de esta tarjeta con sus periféricos y haciendo el ruteado definitivo

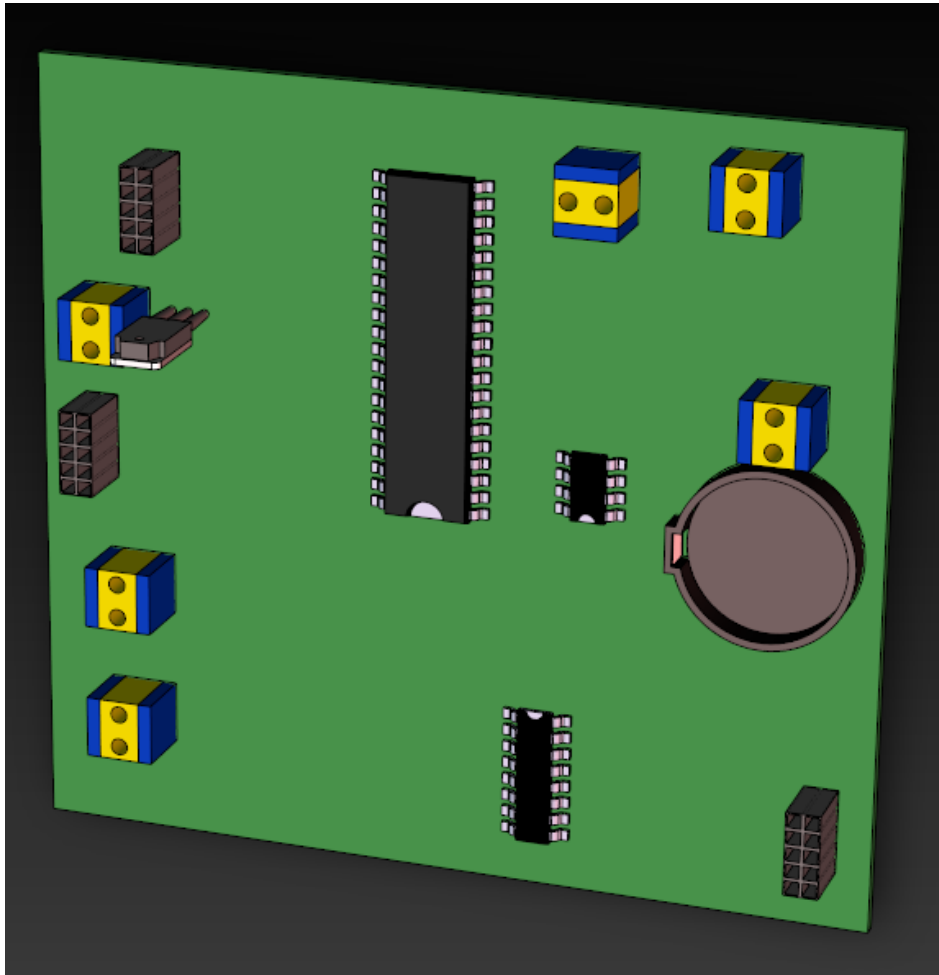


Ilustración 54 ESQUEMA 3D CONTROL

4.2.3.1. CONEXIONES

Debido a que el diseño electrónico de la tarjeta de control ya se explicó en 4.1.4, en esta sección daremos una visión detallada de esta interfaz de conexión entre dispositivos de entrada y la tarjeta de control y entre la tarjeta de control y las diferentes tarjetas periféricas

Tabla 39 BORNERAS DE TARJETA DE CONTROL

		IN/OUT
B1	PUERTA	IN
B2	VIÑETA	IN
B3	1 CALENTADOR	OUT
	2 ROTOR	OUT
B4	1 VAPOR HORNO	OUT
	2 ALARMA	OUT
B5	1 GND	
	2 12 V	IN
B6	1 LUZ INTERIOR	OUT
	2 VAPOR CAMARA	OUT
B7	TERMOCUPLA	IN

4.2.3.1.1. BORNERAS

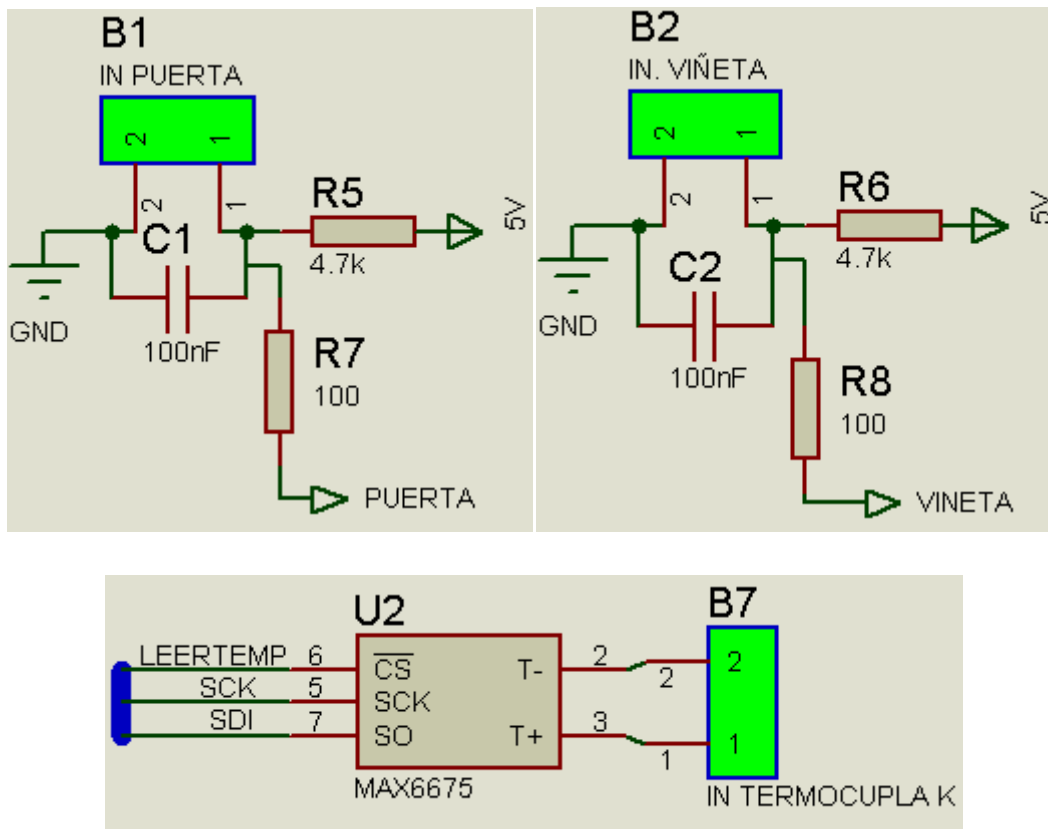


Ilustración 55 BORNERAS B1-B2-B7

BORNERA DE ENTRADA DE FUENTE DE 12 V DC

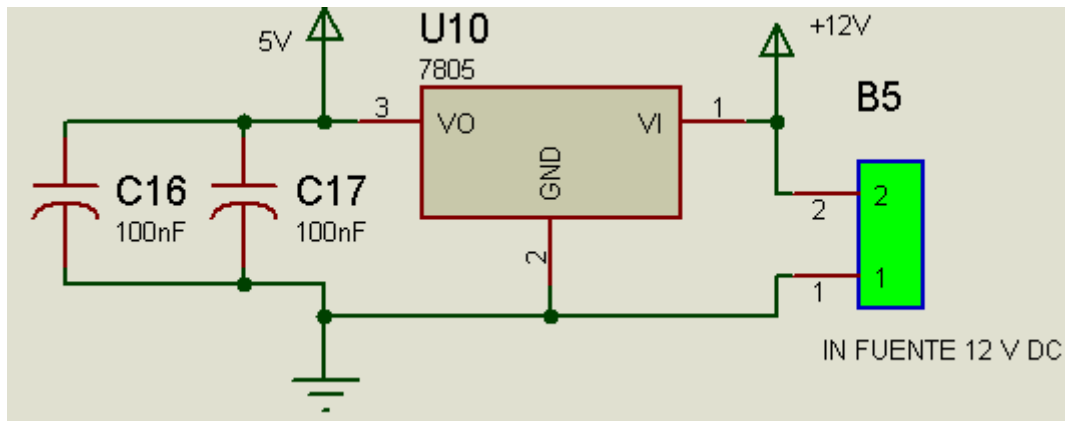


Ilustración 56 BORNERA B5

Borneras de salida de control, estas se conectan a la correspondiente bornera de entrada en la tarjeta de potencia

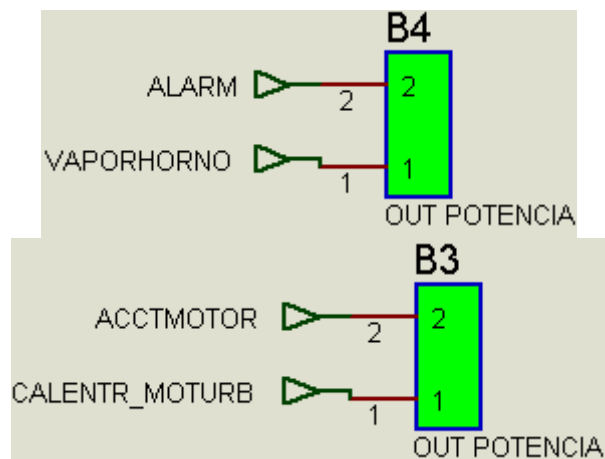


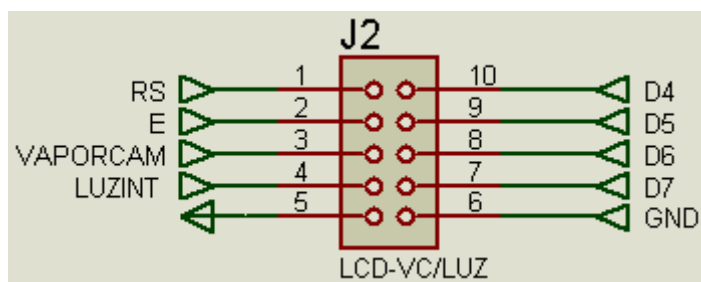
Ilustración 57 BORNERAS B3-B4

Como se indicó en el punto 4.1.1.6, también existe una conexión directa desde el puerto de salida del micro que activa el led de la turbina, el #20, a la tarjeta de potencia (ilustración 38)

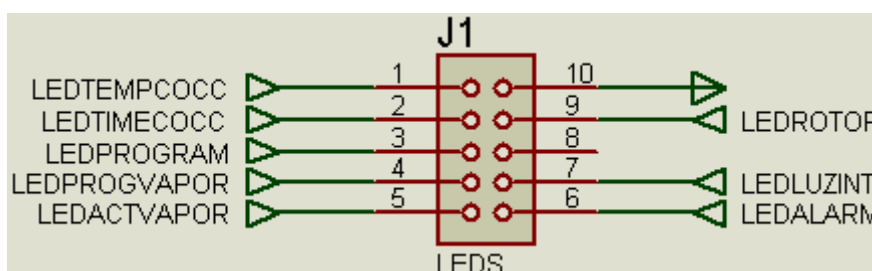
4.2.3.1.2. BUS DE DATOS 10 PINES

En esta sección daremos una visión detallada de esta interfaz de conexión para comunicación entre la tarjeta de control y las tarjetas periféricas de pantalla y teclado

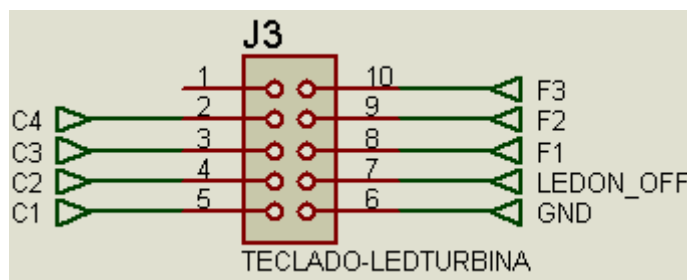
BUS CONECTADO AL BUS DE 10 PINES DE LA TARJETA DE PANTALLA



BUS CONECTADO A LOS LEDS QUE ESTAN EN LA TARJETA DE TECLADO




BUS CONECTADO A LOS PULSADORES (BOTONES) Y AL LED DE LA TURBINA QUE ESTAN EN LA TARJETA DE TECLADO



Del conector de 10 pines a los pulsadores

4.2.3.2. RUTEADO

Damos click en  el ícono de ARES en la barra de herramientas, se abrirá este programa donde deberemos disponer los elementos electrónicos y hacer sus conexiones definitivas para la impresión de la tarjeta

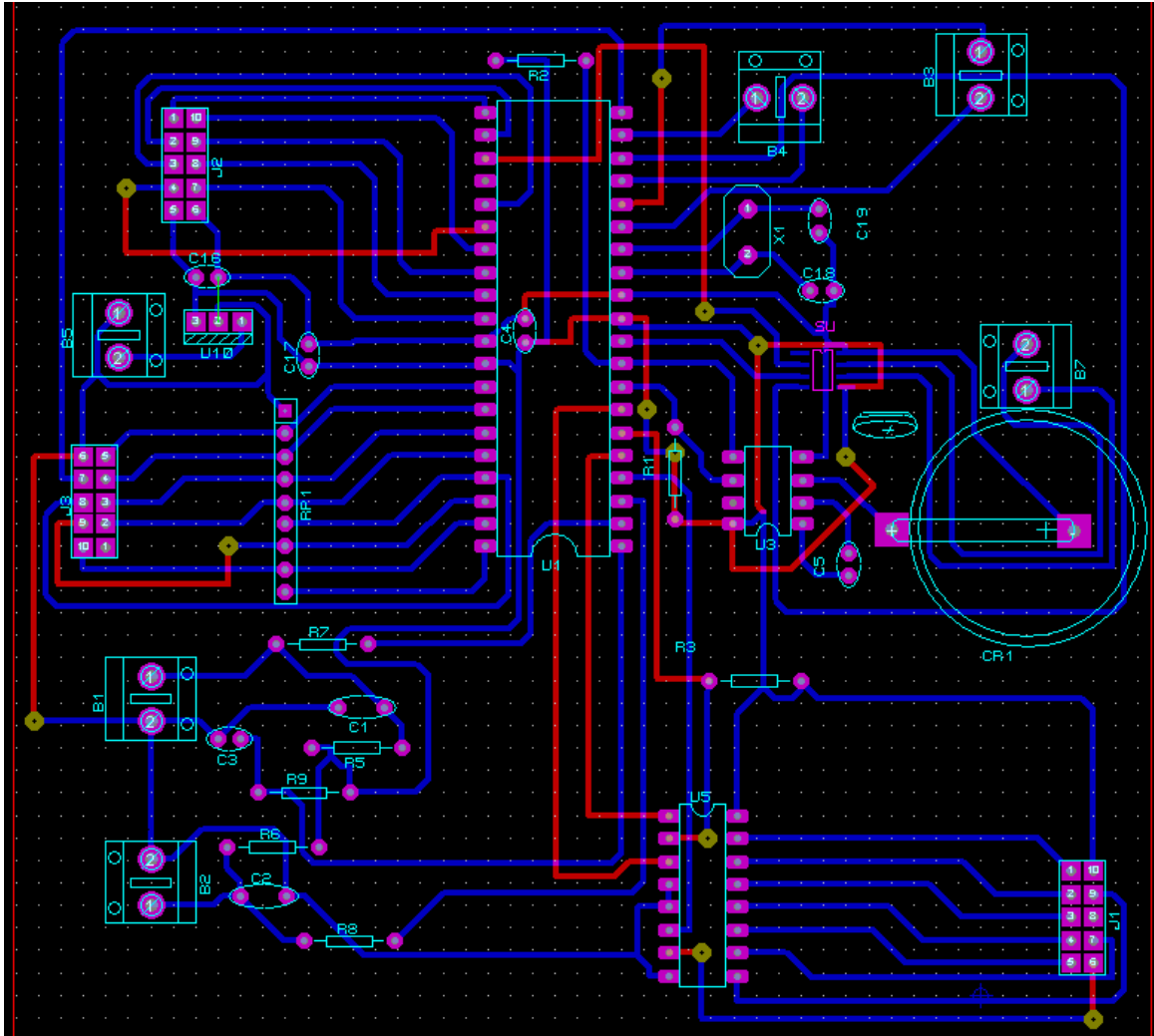


Ilustración 58 RUTEADO DE CONTROL EN ARES

Guardamos

4.2.4. POTENCIA

Esta es la segunda tarjeta en importancia luego de la tarjeta de control, ya que adaptará las señales de control de 5V para activar todos los elementos de potencia AC. Con la ayuda de una fuente externa de 12 V para activar un relé, a la salida de este se pondrá un circuito de protección contra ruidos y picos de corriente, luego de lo cual de ser necesario se pondrá un contactor para los elementos de potencia que lo necesiten

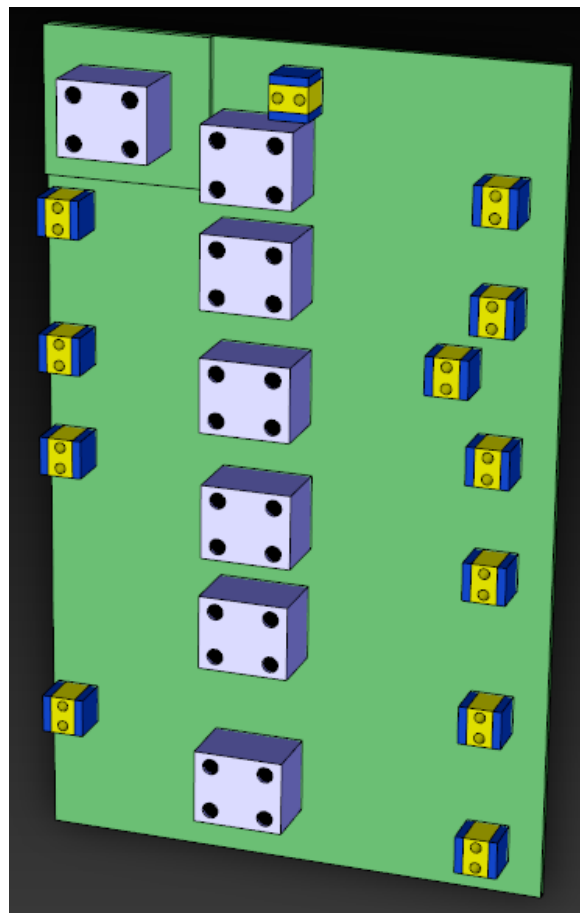


Ilustración 59 ESQUEMA 3D POTENCIA

4.2.4.1. RELE

La función que cumple un relé es la de permitirnos controlar grandes consumos eléctricos mediante una pequeña corriente de activación. Por ejemplo si todos los consumos que manejamos en el auto a través de interruptores no tuviesen

relés, necesitaríamos tener en el tablero switches muy robustos. Adicionalmente el tendido de cables desde el consumo hasta el interruptor sería innecesariamente de gran diámetro. Gracias a estos dispositivos, nos permitimos por ejemplo, prender las luces altas con una pequeña palanca que activa un micro switch en el tablero mientras que el trabajo pesado lo hace el relé que usualmente está muy cerca del consumo.

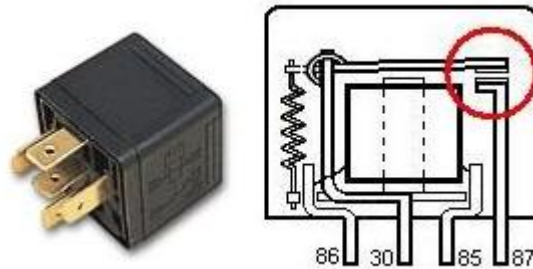


Ilustración 60 RELE

La forma en que trabaja un relé es fácil. Internamente tiene una bobina de muy bajo consumo que, cuando una corriente eléctrica la atraviesa, genera un magnetismo que hace que el platino -remarcado en rojo- se cierre y conduzca la corriente que va a alimentar a nuestro consumo.

La corriente de activación entra por la pata 86 del relé y sale por la pata 85. (Ésta es la etapa de bajo consumo). La corriente de trabajo entra por la pata 30 y alimenta a nuestro consumo a través de la pata 87. (Ésta es la etapa de potencia del relé). Los dos tipos de relés más básicos que podemos encontrar son los relés normalmente cerrados y los normalmente abiertos. Los primeros siempre dejan pasar la corriente salvo que sean activados y ahí abren el circuito. Los segundos están como un interruptor abierto en reposo, mientras que si son excitados pasan a conducir la corriente, que son los que usaremos.

Se usará un relé con entrada de 12 V en lugar del de 24 V ya que esta es la diferencia de potencial que nos entrega la fuente ATX, $\frac{1}{2}$ A de consumo del micro y salida de 110 V y 12A por el factor de seguridad debido a que los contactores son de 9 [A]

4.2.4.2. PROTECCION

El circuito de potencia se encarga de activar un relé con cada salida de control de un elemento de potencia.

A la salida del relé se encuentra una protección formada por un capacitor y una resistencia que evitan los picos de corriente al activarse los motores de corriente alterna de la siguiente manera:

Al producirse un pico de corriente el capacitor consume ese pico para almacenar energía, mientras la resistencia va consumiendo esta energía almacenada

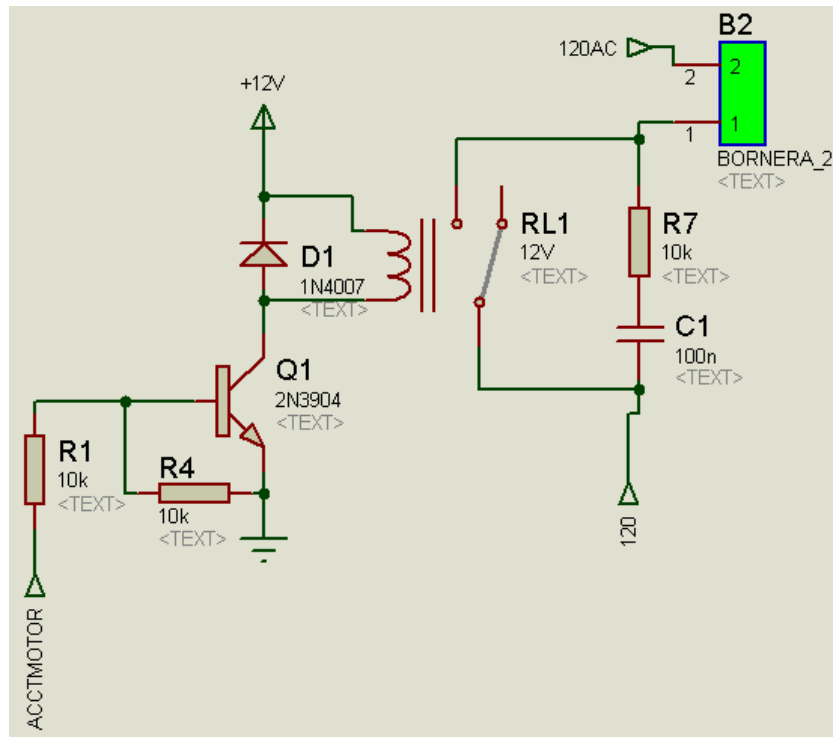


Ilustración 61 PROTECCION EN ISIS

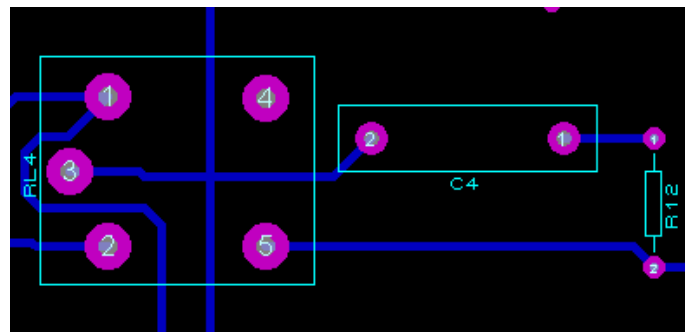


Ilustración 62 PROTECCION EN ARES

Esta parte del circuito actúa como un disparador del relé, ya que este se activa con 12 [V]

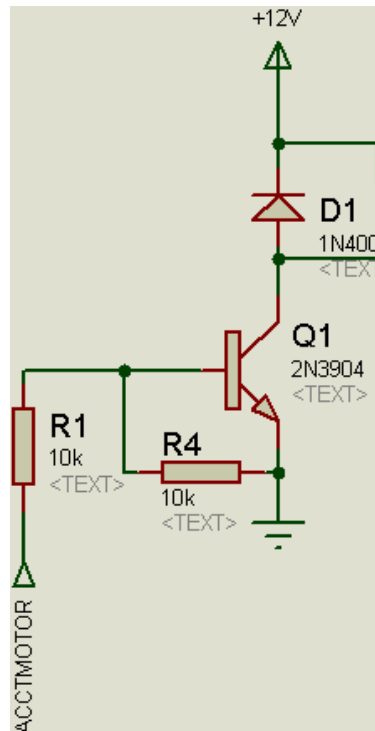



Ilustración 63 CIRCUITO DISPARADOR EN ISIS

4.2.4.3. DISEÑO

En el programa ISIS  deberemos disponer los elementos electrónicos y hacer el ruteado definitivo de sus conexiones, para la impresión de la tarjeta

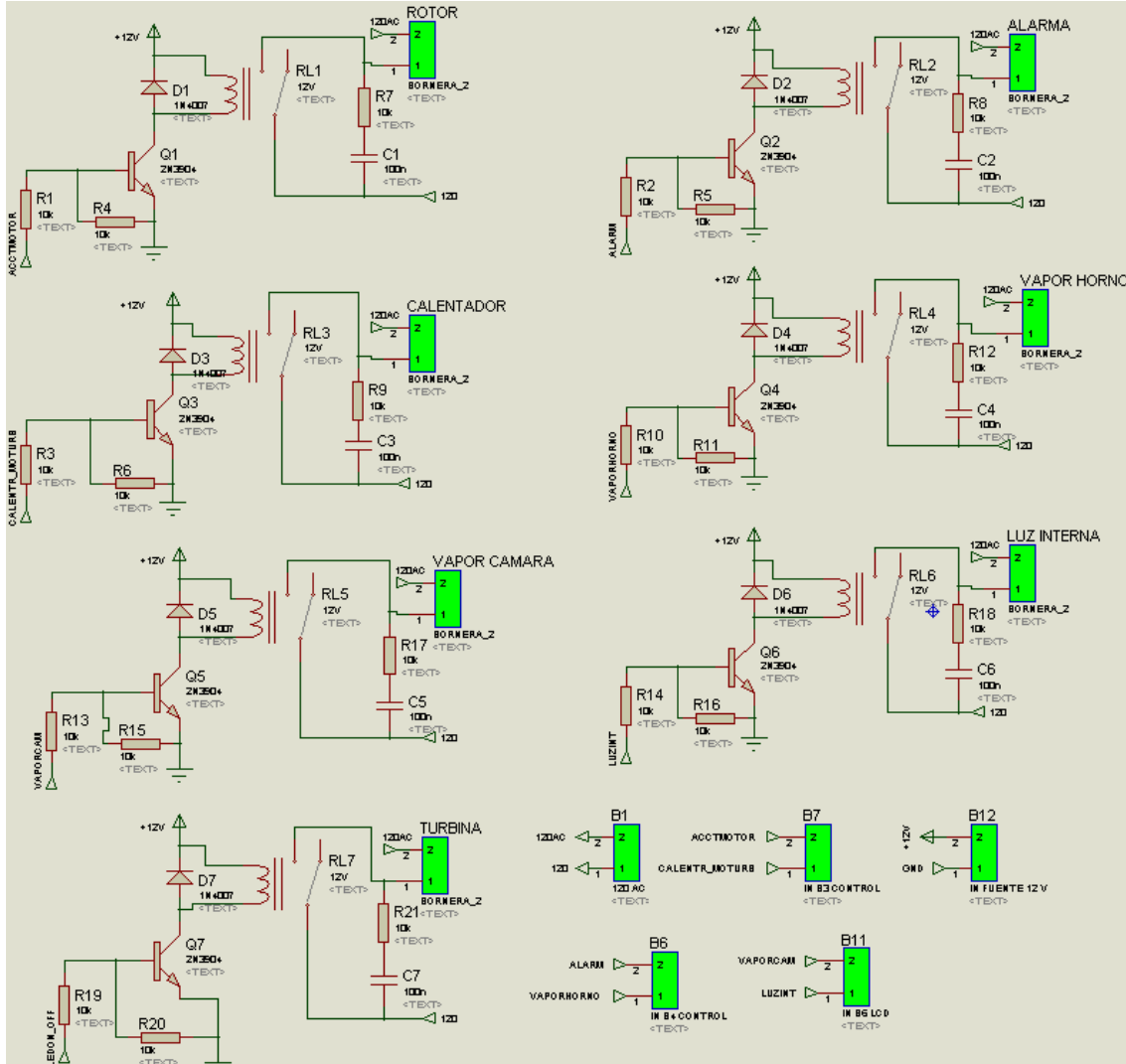
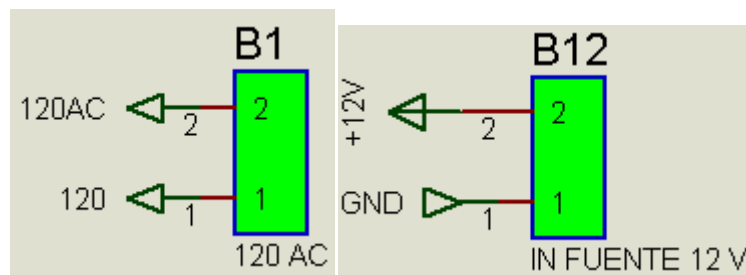
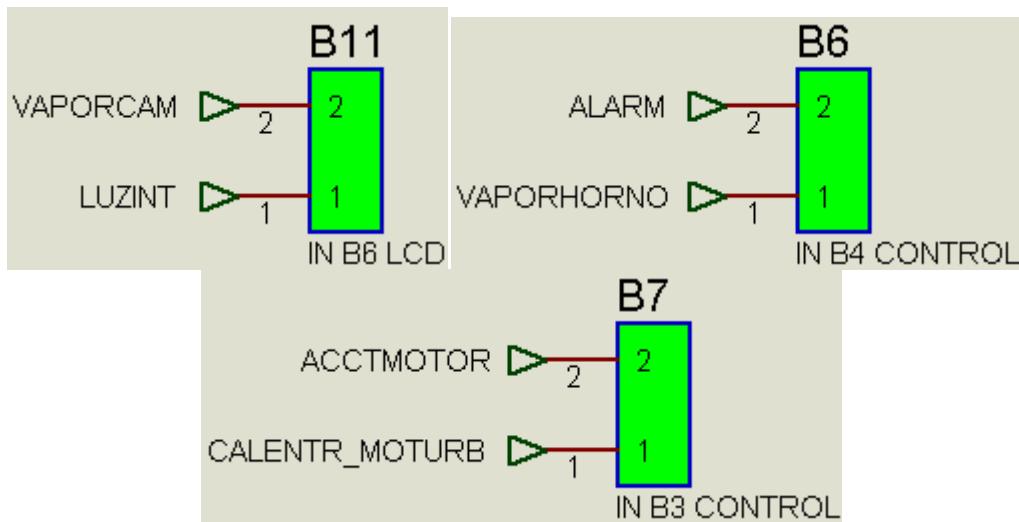


Ilustración 64 DISEÑO DE TARJETA DE POTENCIA EN ISIS

BORNERAS DE POTENCIA



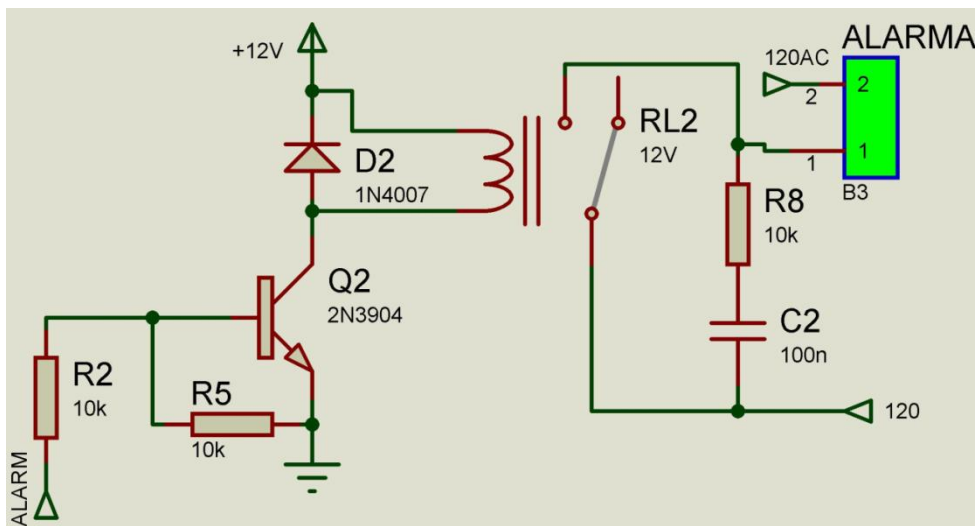
ENTRADAS



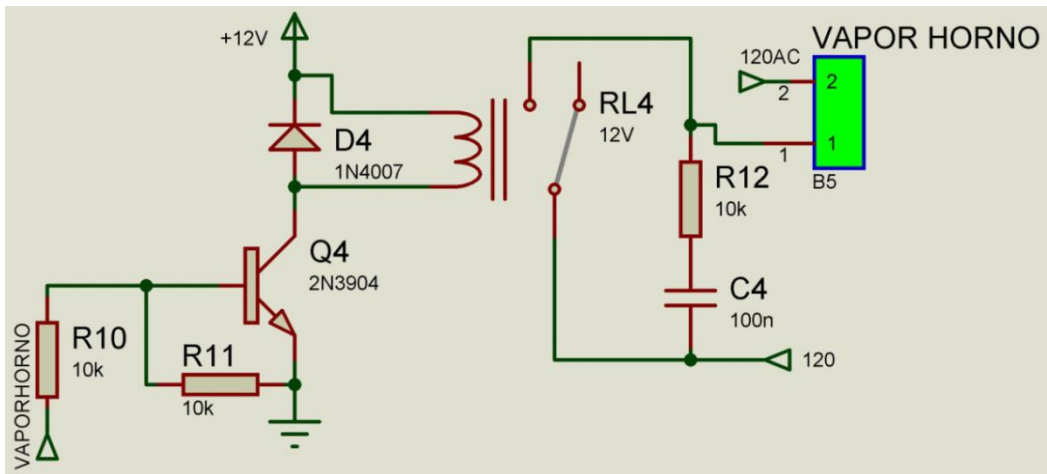
SALIDAS

Estas son las que activarán los elementos de potencia directamente en el caso de:

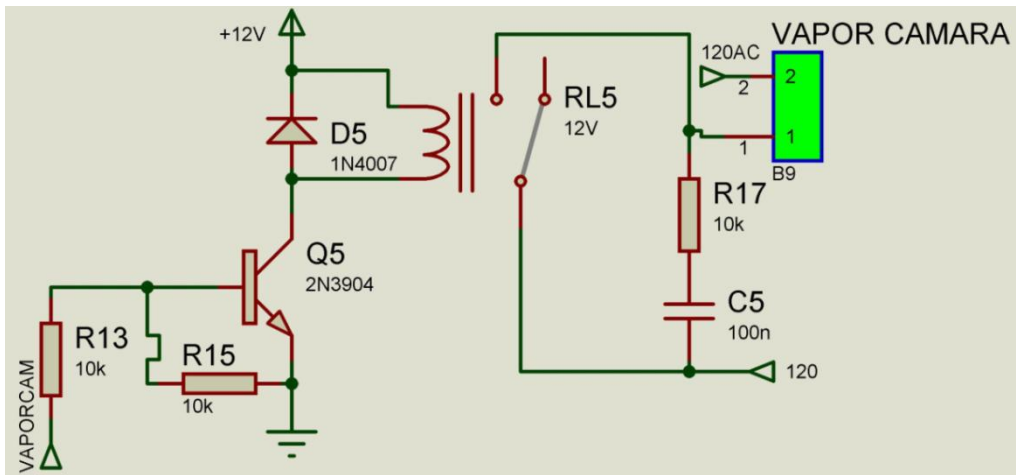
- Alarma



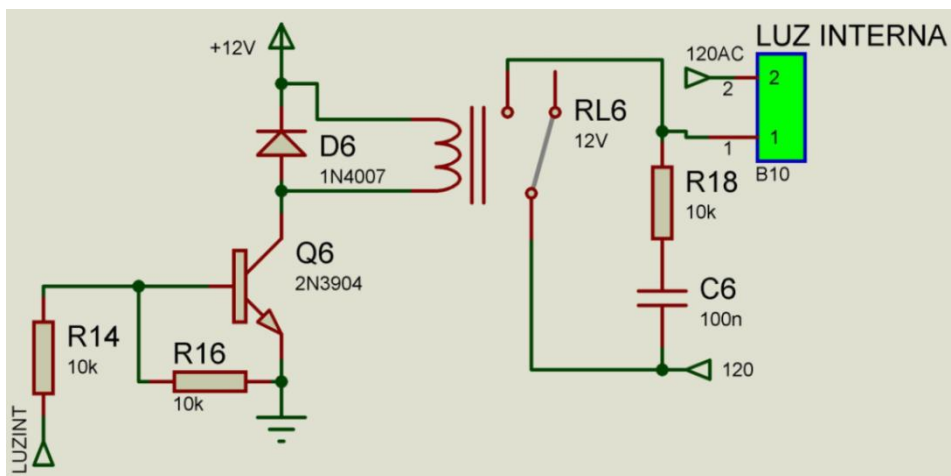
- Vapor horno



- Vapor cámara

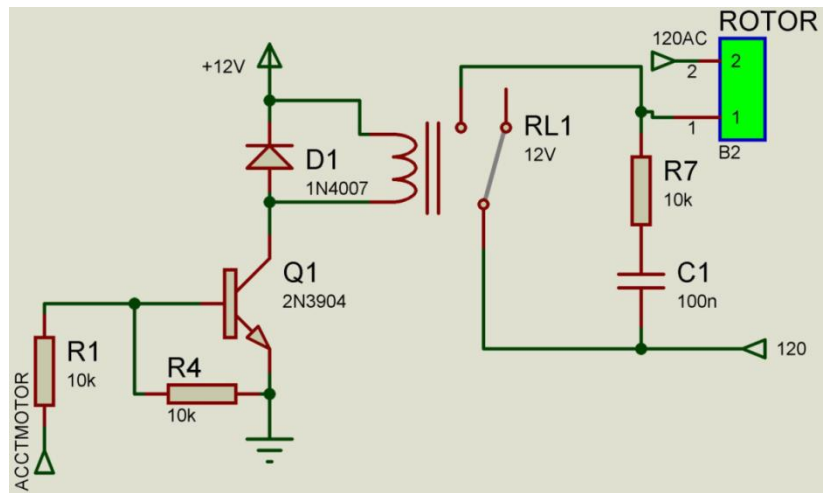


- Luz interior

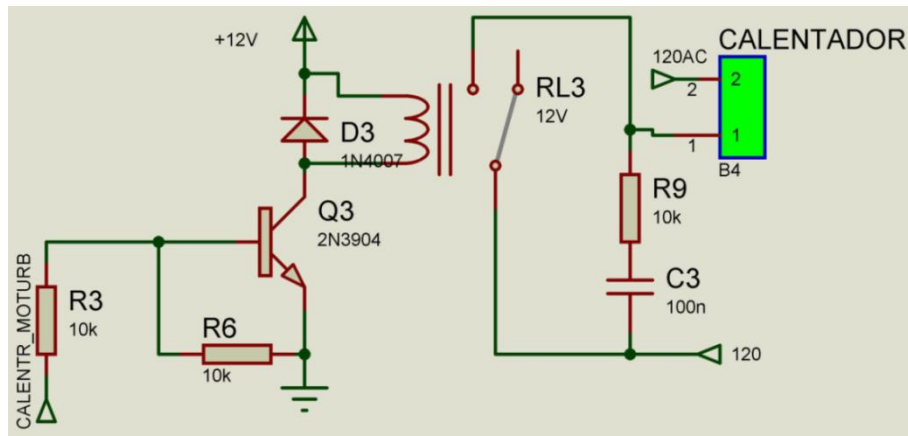


O por medio de un contactor en el caso de:

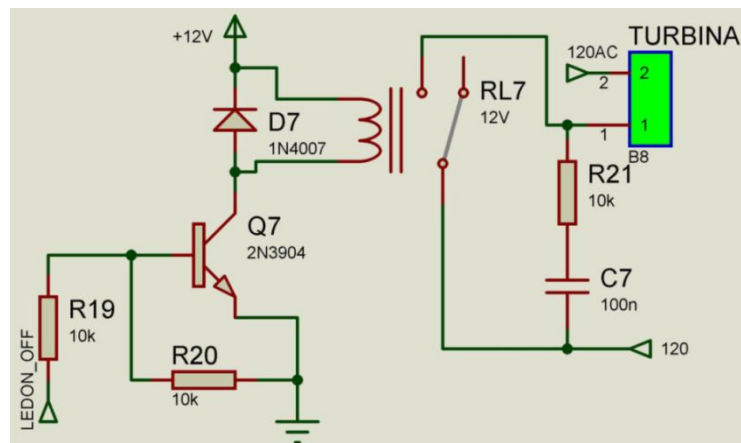
- Rotor




- Calentador



- Turbina



4.2.4.4. RUTEADO

Damos click en  el ícono de ARES en la barra de herramientas, se abrirá este programa donde deberemos disponer los elementos electrónicos y hacer el ruteado definitivo de sus conexiones, para la impresión de la tarjeta

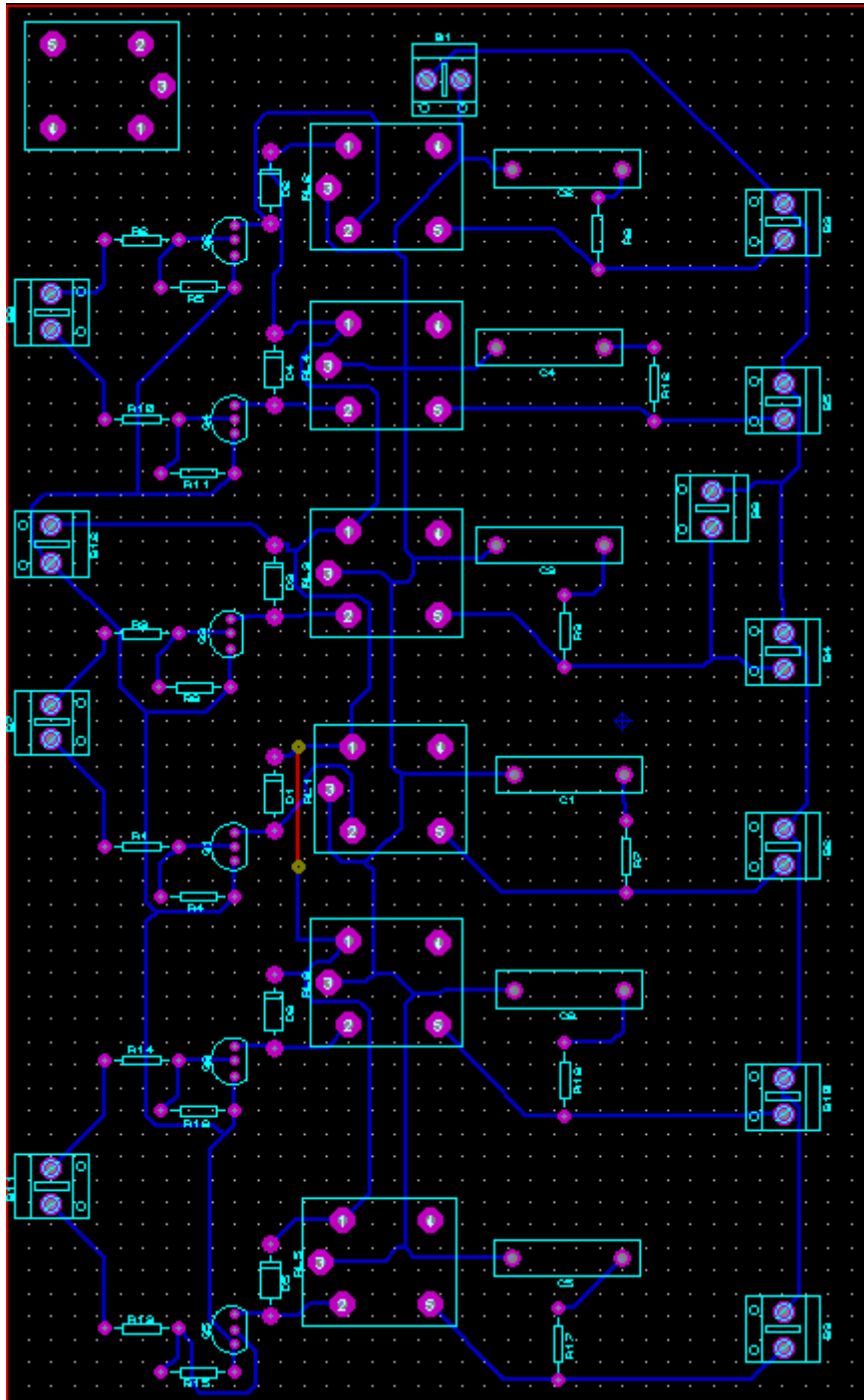


Ilustración 65 RUTEADO DE TARJETA DE POTENCIA

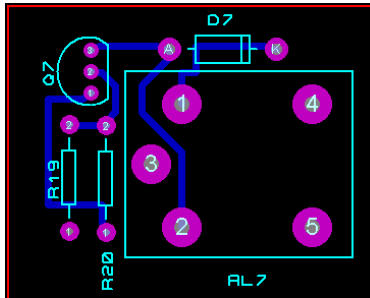


Ilustración 66 RELE DE LA TURBINA

4.2.5. FUENTE DE PODER 12 V DC

Se usará los terminales de 12 V de la fuente ATX, no es necesaria la utilización de un capacitor debido a que el relé no es sensible a los risis de voltaje

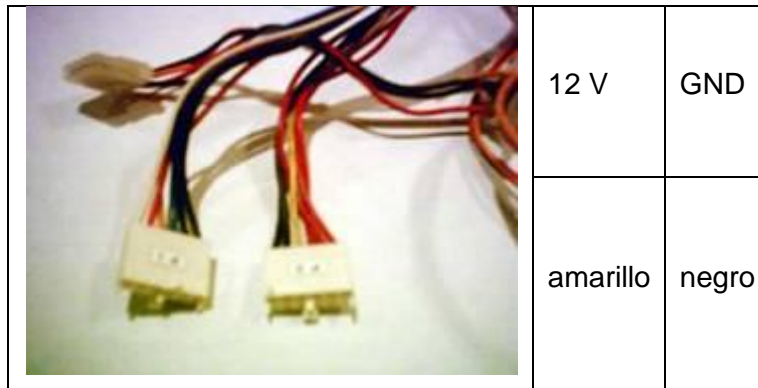


Imagen 8 CONECTOR DE 12 V

4.2.6. ESQUEMA DE TARJETAS

- PANTALLA
- TECLADO
- CONTROL
- POTENCIA

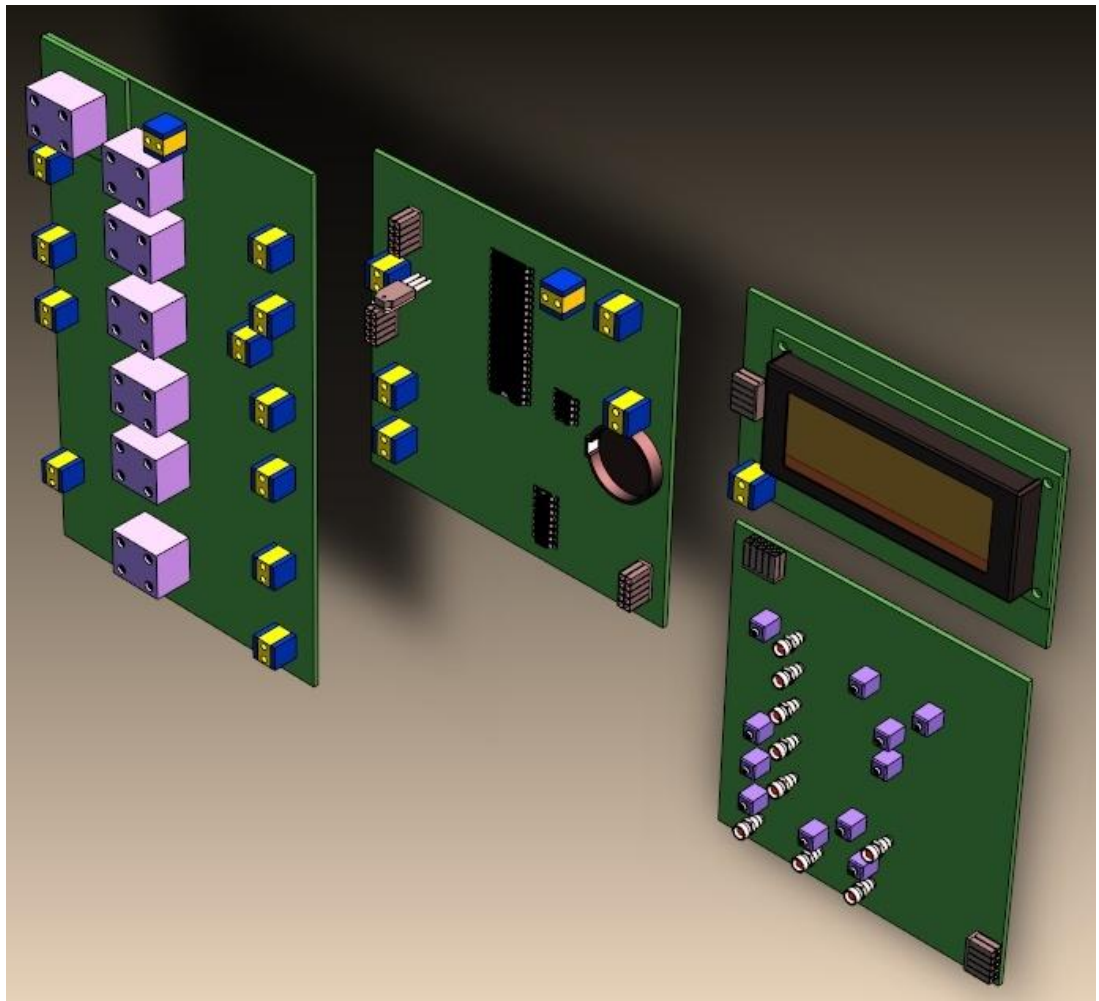


Ilustración 67 ESQUEMA DE PANTALLA, TECLADO, CONTROL Y POTENCIA

4.2.7. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

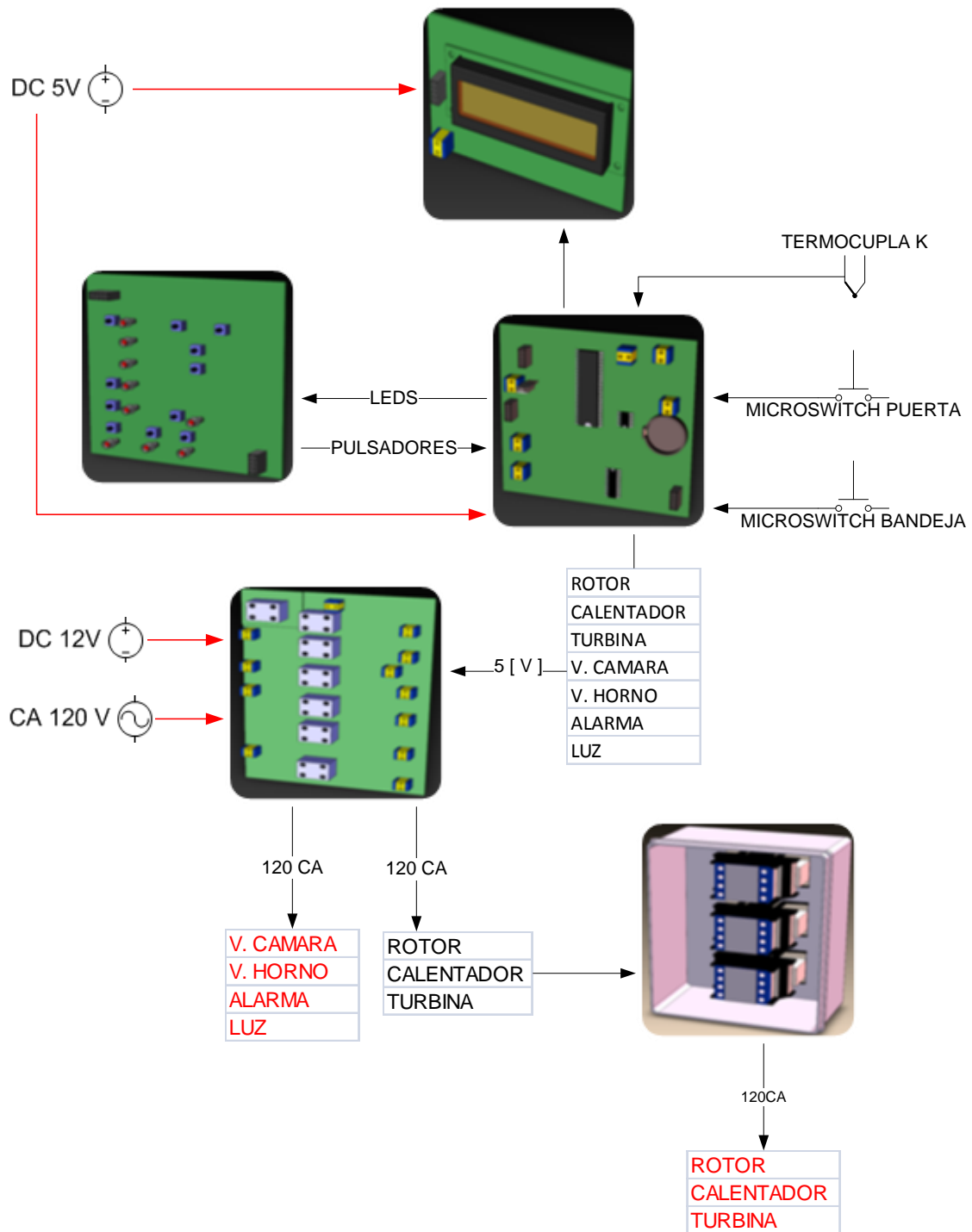


Ilustración 68 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

4.3. PRUEBAS Y SIMULACION

Realizado el diseño electrónico integral se realizan las pruebas eléctricas simuladas en el software PROTEUS, antes de adquirir los elementos definitivos para la construcción física de las tarjetas electrónicas

4.3.1. TARJETA DE CONTROL

En el software ISIS parte de la plataforma de diseño electrónico PROTEUS, se procede a comprobar el comportamiento de las señales de control de 5V a todos los actuadores a lo largo de todo el proceso mediante la incorporación de un osciloscopio, en cuyas terminales se conectará la señal de control de 5 V ver figura

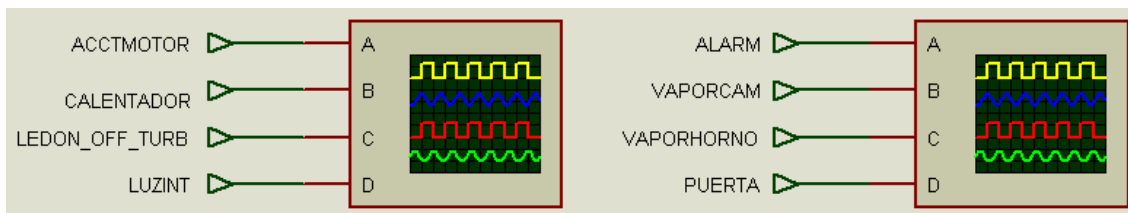


Ilustración 69 SEÑALES DE CONTROL EN ISIS

4.3.2. TARJETA DE POTENCIA

En el software ISIS parte de la plataforma de diseño electrónico PROTEUS, se procede a comprobar el comportamiento del circuito disparador del relé y de la salida del relé de 120 V AC ver figura

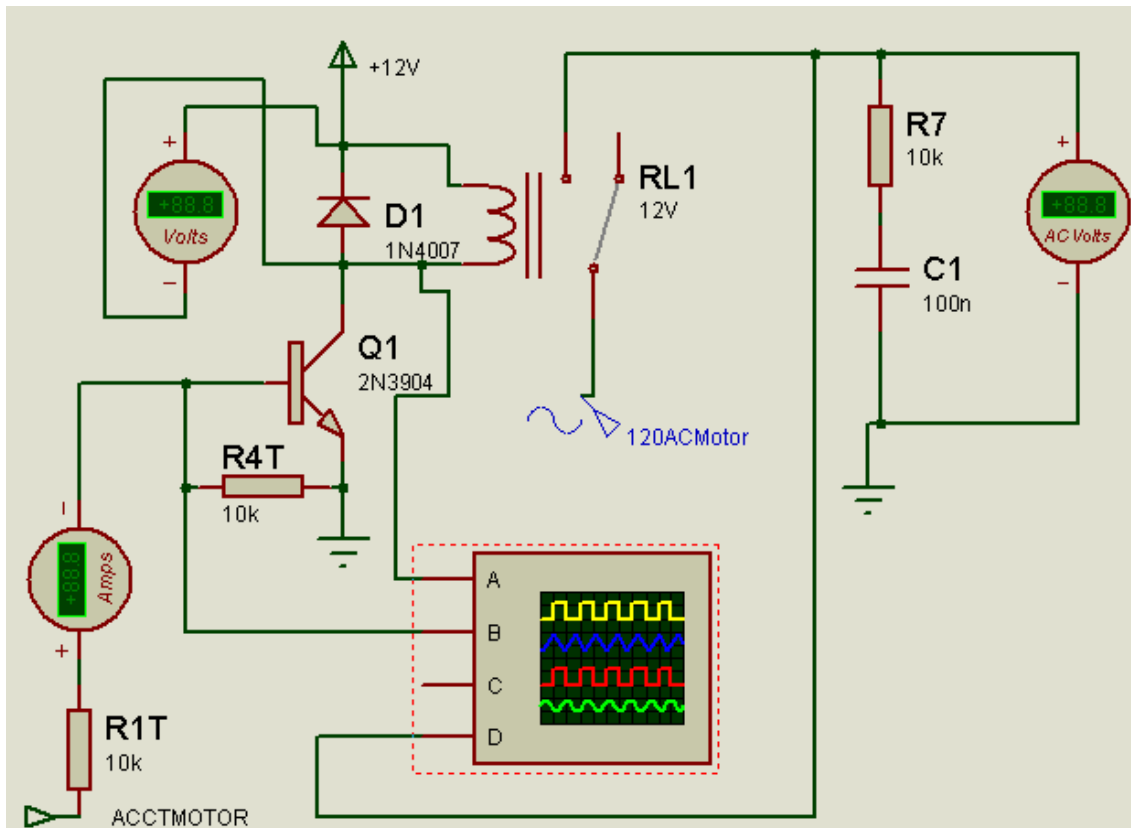


Ilustración 70 CIRCUITO DISPARADOR DE RELE EN ISIS

Luego de la comprobación con el osciloscopio se procede a armar el sistema en un protoboard para realizar las últimas pruebas prácticas antes de la impresión y construcción definitiva de las tarjetas.



Imagen 9 PRUEBAS DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACION EN EL PROTOBOARD

4.4. IMPRESIÓN DE LA TARJETA

4.4.1. MÉTODO DE FABRICACIÓN DE CIRCUITOS IMPRESOS



Una vez que probado el proyecto, interesa hacer las placas de circuito impreso, y un chasis para el mismo, se propone un método muy sencillo comparado con los métodos de dibujo con marcador para circuito impreso, revelado y serigrafía, este es la transferencia térmica.

Lo primero que se recomienda es tener todos los elementos electrónicos ya comprados y listos, para no tener el inconveniente de que una vez hecho la placa no encuentren el elemento correcto para soldarlo.

Segundo verificar en un protoboard si el proyecto funciona correctamente con todos los elementos que van a soldar en la placa.

Tercero tratar de ver los pines que más se le acomoden a las pistas, que no se crucen mucho, que además estén lo más cerca posible al periférico a manejar.

4.4.2. DISEÑO DEL CIRCUITO IMPRESO POR SOFTWARE

Lo primero que se necesita para hacer una placa de circuito impreso es un dibujo de las pistas para los elementos, esto se consigue con la ayuda de un computador, y de los softwares CAD como PROTEL, PROTEUS, EAGLE, ORCAD, Corel DRAW, en nuestro caso la suite de diseño PROTEUS con sus herramientas ISIS  y ARES , principalmente esta última que nos sirve hacer el ruteado definitivo de la placas, a continuación el circuito de las pistas y el screen de elementos, ya realizados en el software:

4.4.2.1. PANTALLA

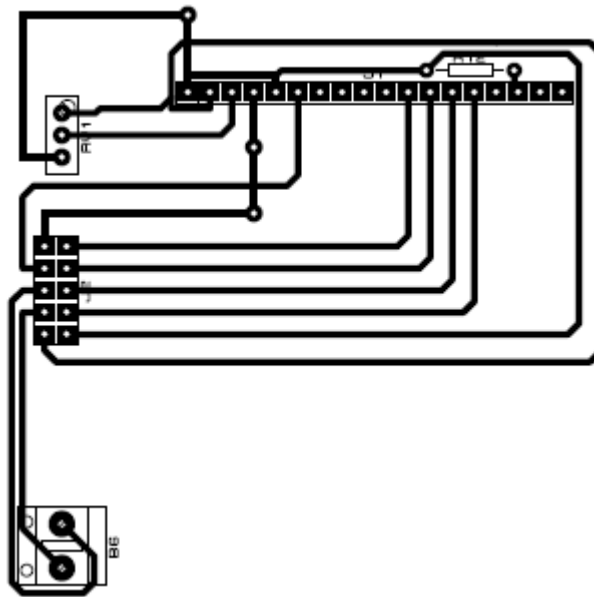


Imagen 10 CIRCUITO IMPRESO DE PANTALLA

4.4.2.2. TECLADO

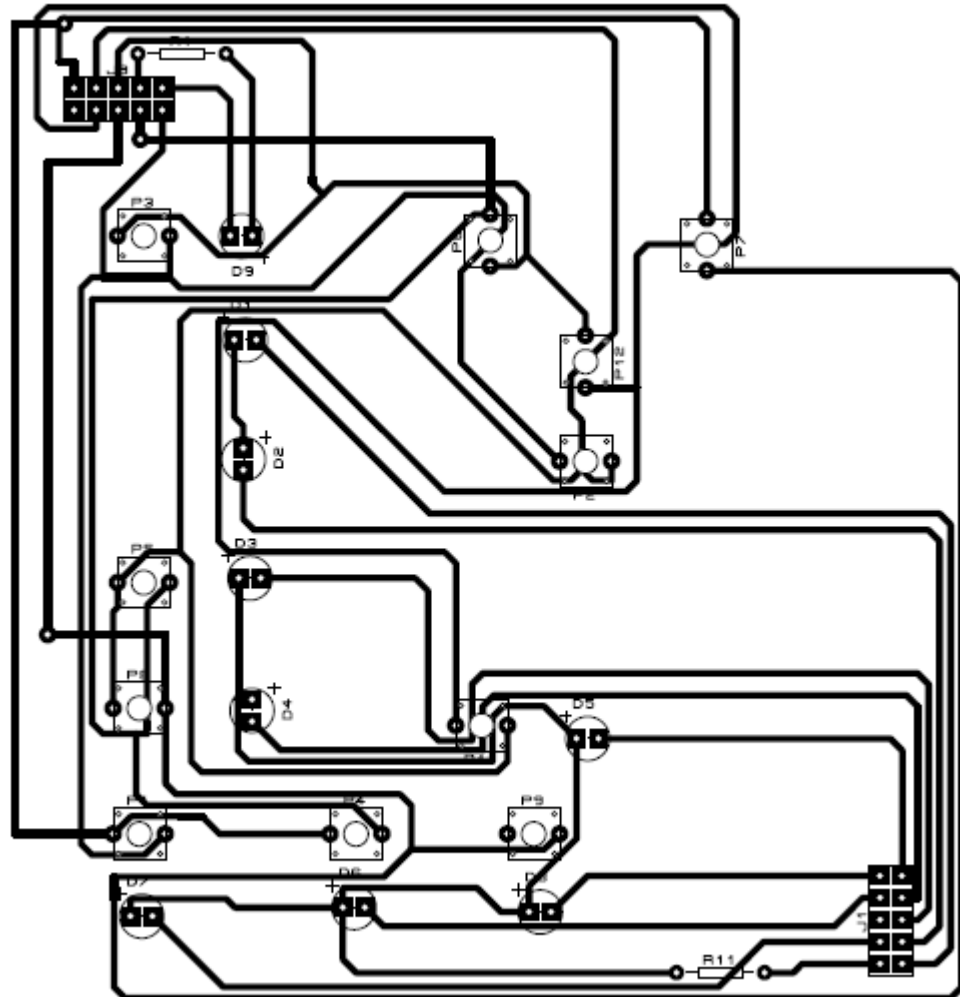


Imagen 11 CIRCUITO IMPRESO DEL TECLADO

4.4.2.3. CONTROL

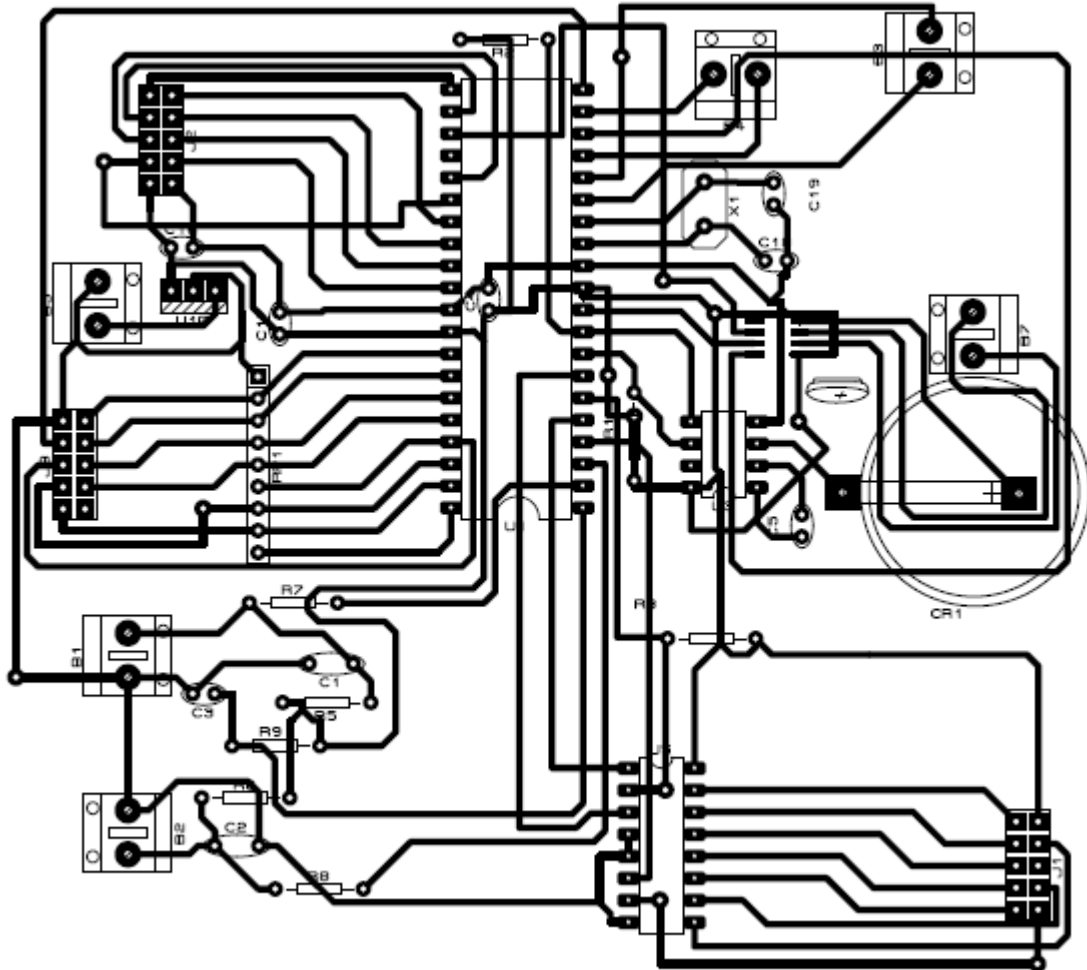


Imagen 12 CIRCUITO IMPRESO DE TARJETA DE CONTROL

4.4.2.4. POTENCIA

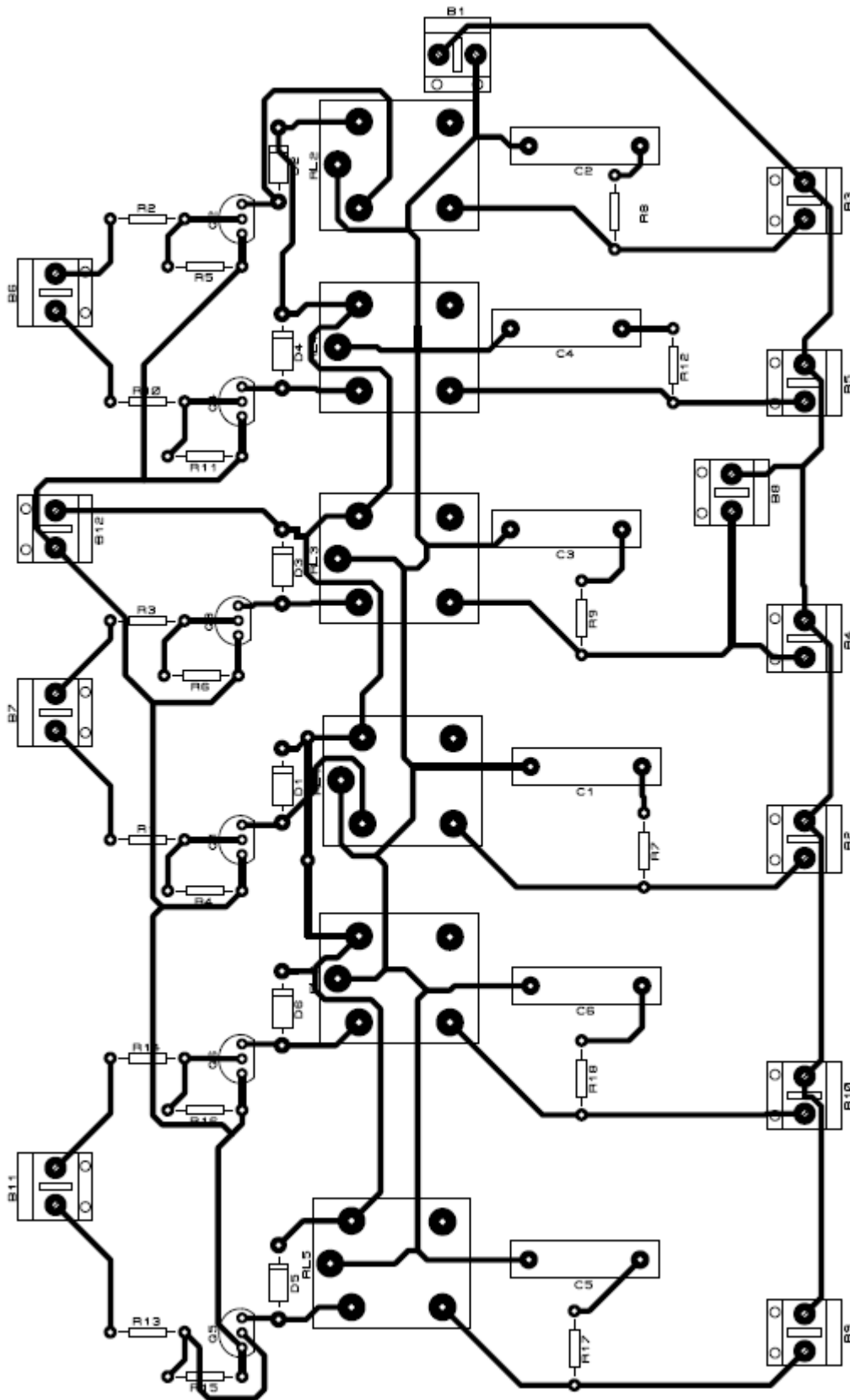


Imagen 13 CIRCUITO IMPRESO DE TARJETA DE POTENCIA

4.4.3. IMPRESIÓN DE LAS PISTAS Y SCREEN DE LOS ELEMENTOS

Una vez que se tiene el diseño de la placa, se debe imprimirlo con una impresora láser o copiadora (que tengan los cartuchos toner de polvo en color negro), en un papel de transferencia térmica Press-n-Peel (o papel de transferencia PCB), que lo podemos conseguir en las tiendas electrónicas a un costo de más o menos 3 USD cada hoja.

Otra alternativa, es el PAPEL FOTOGRÁFICO tipo GLOSSY, de la empresa APLI, para el cual estos son los datos exactos:

APLI Glossy Bright Paper Ref. 04452 de 170g. 10 Und.

APLI Glossy Bright Paper Ref. 04135 de 170g. 50 Und.

Este papel fotográfico para impresoras de (inyección de tinta), vienen en cajas de 10 Und. o 50 Und. (Ref. 04135). El costo de la caja de 10 Und. es de 10 USD, y en algunas papelerías venden por unidades. Si no encuentran exactamente la misma hoja, pueden utilizar la hoja APLI de 125 g. de referencia 04451 de 10 Und., o la de ref. 04134 de 50 Und., la única desventaja que tienen las hojas de 125 g. es que el papel se rompe al tratar de separar de la placa, pero sin embargo no es un problema se lo puede remojar toda la placa y así desprenderlo con la yema de los dedos.

No olvidar que la impresión debe realizarse en una IMPRESORA LÁSER o fotocopidora y no por una impresora de inyección de tinta. Aquí está el truco, el papel fotográfico que hemos hablado anteriormente, sirve para imprimir fotografías específicamente en impresoras de inyección de tinta, al imprimirlo en una impresora láser, se da un efecto químico al unirse el toner de la impresora con la capa de barniz que tienen estas hojas, (lo mismo sucede con el papel Press-n-Peel), el hecho es que si se imprime con la impresora de inyección a tinta estas hojas ya no sirven.

Al tener lista nuestra hoja con dicha impresión, el siguiente paso es aplicarle calor por el lado revés de las hojas y sobre las placas, para lo cual utilizaremos

la hoja de transferencia, el calor de la plancha hace que el toner se derrita, y junto al barniz de la hoja se pegan en la lámina de cobre, para esto se irá explicando paso a paso todos los procedimientos necesarios

4.4.4. PREPARACIÓN DE LA PLACA (BAQUELITA O FIBRA DE VIDRIO)

Los materiales necesarios son:

- 4 placas de Baquelita o Fibra de vidrio, de una o dos caras de cobre
- 1 lija de metal Nro. 150
- 1 esponja de acero, de las utilizadas para lavar platos (lustre, estrella, etc.) que sea fina.

Primero se utilizará la lámina que contiene el lado de las pistas, la otra parte es decir el screen de elementos lo utilizaremos posteriormente.

Bien ahora se debe cortar la placa que puede ser de Baquelita o de Fibra de vidrio, esta última es la más recomendable, ya que el acabado final es mucho mejor, además es más aislante y resistente a la humedad. Para las medidas del corte, se debe considerar 4 mm adicionales a cada lado de la placa en relación al del dibujo que se vaya a transferir, por lo que la medida de corte para nuestro grabador sería (69mm x 50mm). Utilizando una sierra de arco o una caladora con sierra de metal (debido a que este posee dientes más finos), se debe cortar la placa necesaria para



Imagen 14 CORTAR LA PLACA

Paso 1. *Cortar la placa de 69 x 50 mm con una sierra o una caladora, esta última les permite cortes más rápidos y perfectos.*

Como pueden observar para utilizar la caladora esta debe estar sujeta en una tabla y con una guía de aluminio, en la que se regula con unos tornillos la distancia de corte, consiguiendo igualdad en el tamaño de las placas para producciones en serie.

Una vez cortado la placa, se debe limpiar las limallas de cobre que quedan en los filos de la placa, con una lija fina de metal (Nro. 150). Luego de esto se debe limpiar el lado del cobre donde se va a transferir las pistas con una esponja de acero, notarán que la lámina de cobre cambia de color, esto porque se está limpiando el óxido creado en la superficie y los rayones que pudiera tener.



Imagen 15 LIMPIAR

Paso 2. *Limpiar los filos del corte realizado y la lámina de cobre oxidada*

Una recomendación muy importante, es que una vez limpia la placa, no se debe tocar con los dedos sobre la lámina de cobre, pues la grasa de los dedos genera óxido casi inmediatamente, si lo desea puede lavarlo posteriormente con crema lavaplatos del tipo arranca grasa.

Para el caso de querer guardar las placas se recomienda introducirla en una funda y cerrarlo con cinta adhesiva para así evitar el contacto directo con el aire.

4.4.5. TRANSFERENCIA TÉRMICA DEL PAPEL HACIA LA LÁMINA DE COBRE

Los materiales necesarios son:

- 1 plancha domestica o una estampadora
- 2 pedazos de tela de calentador o franela
- La placa íntegramente limpia. (limpiar con esponja de acero)
- El papel con el diseño a transferir (Press-n-Peel o papel fotográfico Glossy)

Ahora vamos a realizar la transferencia propiamente dicha de las pistas sobre el lado de la lámina de cobre, recuerde esta debe estar completamente limpia y no debe ser tocada con los dedos, para manipularlo se debe sujetar por los bordes. Primero coloque el papel fotográfico con el lado de la tinta sobre el lado del cobre, sin moverlo mucho introdúzcalo debajo de la tela, todo esto sobre una mesa rígida y luego pase la plancha que debe estar al máximo de la temperatura, aplique presión con todo el peso del cuerpo por alrededor de 20 a 30 segundos, luego de esto retire e inmediatamente coloque la placa en otra parte de la mesa que se encuentre fría, con otro trapo aplique presión uniforme frotándolo de un lado a otro hasta que este se enfríe, con la finalidad de que toda la tinta (toner + barniz) se pegue a la lámina de cobre y así poder retirar el papel sin que se presente partes cortadas o faltantes, si permanecen residuos de papel remójelo y sáquelo con la yema de los dedos.

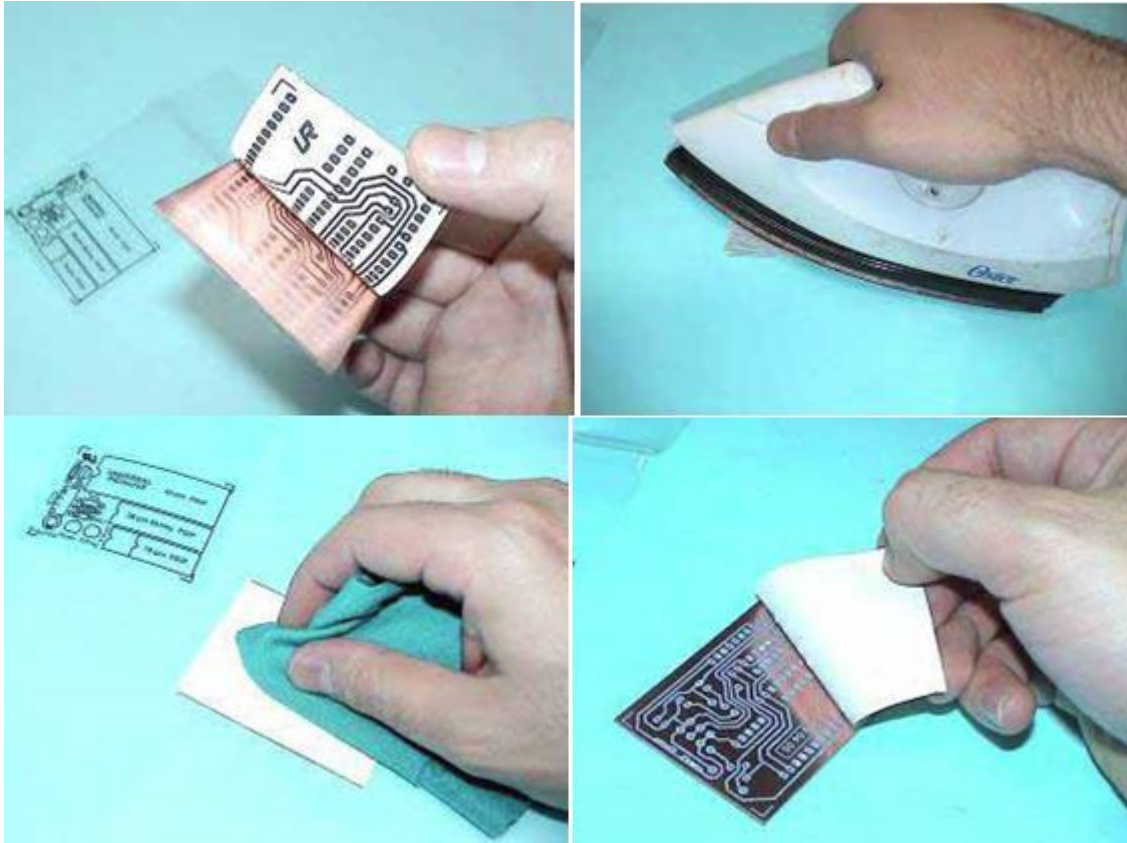


Imagen 16 TERMOIMPRESIÓN

Paso 3. Aplique presión con una plancha bien caliente por 30 segundos y déjelo enfriar presionando con otro trapo para luego retirar el papel cuidadosamente.

Si las pistas no se pegan puede ser porque la plancha no es suficientemente caliente, en este caso utilice otra plancha, debe notar además que el papel se amarilla un poco por efecto del calor, otra razón puede ser también que esté utilizando una tela muy gruesa, cambie a otro tipo de tela, y por último puede ser la poca presión aplicada con la plancha, se debe prácticamente apoyarse sobre la plancha y frotarlo sobre toda la superficie de la placa.

Una solución muy eficaz es utilizar las planchas estampadoras o fusionadoras, estas son utilizadas para estampar camisetas o forros pegables, tienen un lado de caucho resistente al calor y su presión es muy alta, así como la temperatura que puede entregar es de hasta 500°C, (nosotros utilizaremos de 300 a 400°C), estas planchas tienen una superficie de 40 x 40 cm, ideal para placas

de 30 x 20 cm, ya que la plancha doméstica sólo sirve para placas de hasta 10 x 20 cm.

4.4.6. PROCESO DE ATACADO (REDUCCIÓN) DEL COBRE

Los materiales necesarios son:

- 1 recipiente de plástico, (no metálico)
- ½ vaso con agua tibia
- 1 palillo de pincho o una pinza de plástico
- 1 funda de cloruro férrico (en polvo)
- 1 calentador de agua para peceras (opcional)

Para reducir el cobre sobrante, es decir el que no está protegido por la tinta y el barniz, necesitamos preparar un atacador, existen 2 tipos de atacadores: los rápidos y los lentos, los rápidos como por ejemplo la combinación de 50 ml de ácido clorhídrico y 50 ml de agua oxigenada, pueden reducir el cobre no protegido al cabo de unos pocos segundos, pero tiene la desventaja de ser difíciles de conseguir en el mercado, los lentos en cambio como el Cloruro férrico se lo encuentra en cualquier tienda electrónica pero el proceso de atacado podría tomar hasta 1 hora. Sin embargo por ser menos agresivo y porque no emana muchos gases tóxicos, utilizaremos el cloruro férrico.



Imagen 17 MATERIALES

Materiales a utilizar, a la derecha mezcla del cloruro férrico con el agua

Para su preparación primero se recomienda un lugar con buena ventilación, no utilizar reloj con pulseras de metal, pues el cloruro férrico ataca a los metales, también tome en cuenta que al contacto con la ropa o la piel, produce una mancha amarillenta, por lo que debe tomar las precauciones necesarias, y en caso de darse contacto con la piel debe lavarse con agua y jabón.

Una vez que estemos listos procedemos a preparar la solución ácida, primero colocamos el $\frac{1}{2}$ vaso de agua tibia en el recipiente de plástico, luego colocamos poco a poco si es posible con una cuchara de plástico, todo el contenido de la funda de cloruro férrico, es normal que el agua se empiece a calentar (debido a la reacción química), el palillo de pincho lo utilizaremos para revolver el líquido y así ayudar a disolver el cloruro férrico.

PELIGRO: Nunca ponga todo el cloruro férrico de una sola vez sobre el agua, la reacción muy brusca podría hacer explotar y producir quemaduras en la ropa y en la piel.

Esta solución ya preparada, puede ser almacenada en un envase de plástico o vidrio para luego ser utilizada varias veces, hasta que el ácido se contamine tanto que ya no sea posible corroer placas (debido a que el efecto es cada vez más lento), para entonces se debe desechar.



Imagen 18 ATAQUE QUÍMICO

Introduzca la placa virgen en la solución ácida, si el ácido ya ha sido utilizado varias veces y tiene poca acción, introduzca el calentador para peceras.

Procedemos a introducir la placa del grabador de PIC'S en la solución ya preparada, el tiempo de corrosión por ser la primera vez, puede variar entre 15 y 30 minutos, por lo que debe revisar de vez en cuando si el cobre no protegido ha sido eliminado utilizando el palo de pincho. También podemos ayudar a que el proceso sea más rápido, moviendo el agua de un lado a otro, esto permite que el cobre disuelto, por efecto de la corriente generada por el movimiento, se deposite en el fondo del envase, así permitimos que la lámina tenga contacto directo con el ácido.

En ocasiones especiales cuando por ejemplo la solución ya ha sido utilizada varias veces, el proceso de corrosión es mucho más lento, el calor y el movimiento pueden ayudar a reaccionar al ácido, para esto necesitamos un envase vertical, introducimos en el fondo un generador de oxígeno, del utilizado en las peceras, también introducimos un calentador de peceras de 2 Gls., el ascenso de las burbujas genera movimiento en el agua, que junto al calor generado por el calentador de pecera, ayudan a corroer más rápido el cobre de las placas, en este caso la placa se coloca verticalmente, permitiendo que el cobre disuelto caiga rápidamente al fondo del envase.

4.4.7. PROCESO DE LIMPIEZA DE LA PLACA YA ATACADA CON ÁCIDO

Una vez que el ácido terminó de eliminar el cobre expuesto, retiramos la placa del ácido y lo lavamos con abundante agua del grifo, las pistas, pads, etc., en esta fase se ven de color negro, esto se debe a que el papel se encuentra remojado, pero cuando se seca vuelve a ser de color blanco, ahora nos resta limpiar todo el residuo de papel y tinta de 2 maneras posibles, la primera es utilizando thinner, acetona, o cualquier disolvente, pero esto tiene un efecto secundario si bien limpia las pistas, un poco de tinta negra se impregna en algunas partes de la placa, dando la apariencia de sucia, por tal razón es mejor limpiar con la misma esponja de acero y un poco de agua, el resultado de la limpieza no deja rastro de tinta y se ve muy nítido.

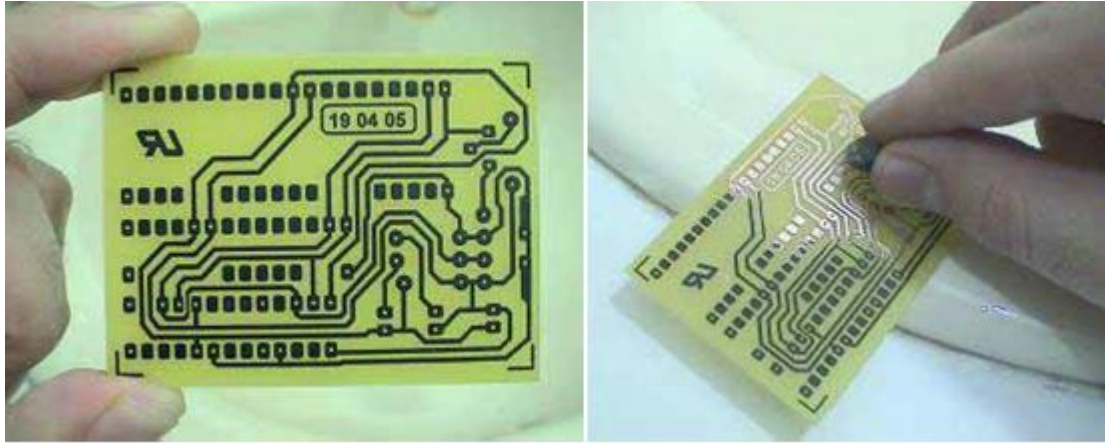


Imagen 19 LIMPIEZA FINAL

Placa recién sacada del ácido, y limpieza de la tinta con esponja de acero y agua.

4.4.8. TRANSFERENCIA TÉRMICA DEL SCREEN DE LOS ELEMENTOS

El screen de elementos, no es nada más que textos, información, datos y figuras que indican el lugar donde se debe insertar los elementos electrónicos, son muy útiles ya que evitan que la persona se equivoque de lugar al insertar una resistencia, o coloque al revés un diodo, el material utilizado es un acetato para copadoras de la marca APLI referencia 859, también se puede utilizar acetatos para impresoras ink-jet de cualquier marca, este se debe colocar a la misma altura y posición que están las pistas y también se debe tener cuidado de no colocar al revés (recuerde que la impresión de este acetato es espejeado). Para que se adhiera bien, en el caso de placas de baquelita, se debe lijar bien el lado donde se va a colocar el screen, ya que tienen una capa de laca o barniz, para el caso de placas de doble cara, al disolverse la cara que no se necesitaba, esta queda bien limpia y porosa, por lo que no hace falta limpiarle.



Imagen 20 TERMOFIJACION FINAL

Coloque el acetato y proceda a termofijarlo, luego retire el acetato.

Cuando termine de termofijarlo, igualmente proceda a enfriarlo haciendo presión con un trapo, una vez que esté frío retire cuidadosamente el acetato, tendrá un acabado nítido ya que toda la tinta del acetato debe transferirse a la placa, es importante que reconozca cual acetato tiene mejor resultado, para ello vea el acetato que quede con menor cantidad de tinta de residuo.

Para el caso de hacer el screen con papel Press-n-peel, proceda de igual manera, la diferencia es que debido a una fina capa de material fílmico que posee este acetato el screen sale de color azul.

4.4.9. PERFORACIÓN DE LA PLACA

Los materiales necesarios son:

- 1 broca para metal, de 1mm de diámetro
- 1 taladro o moto-tool (taladro miniatura)
- 1 pedestal para taladro (opcional).

Lo único que hace falta para que la placa esté lista es realizar los respectivos agujeros, para el caso de nuestro grabador de PIC'S necesitamos hacer 51 agujeros con broca de 1 mm. lo ideal es disponer de un moto-tool o taladro miniatura, ya que estos son de fácil manipulación, además pueden soportar

brocas de 0,3 mm en adelante, para este caso se debe hacer una hendidura con un punzón y un martillo en cada lugar donde se va hacer un agujero, con la finalidad de que sirvan de guía para la broca.

Otra opción es utilizar un taladro cuyo mandril pueda soportar brocas desde 0,5 mm hasta 10 mm, y si dispone de un pedestal, en este caso no necesita hacer las hendiduras con punzón, ya que la perforación se realiza completamente perpendicular a la placa y sin que se desvíen las brocas.

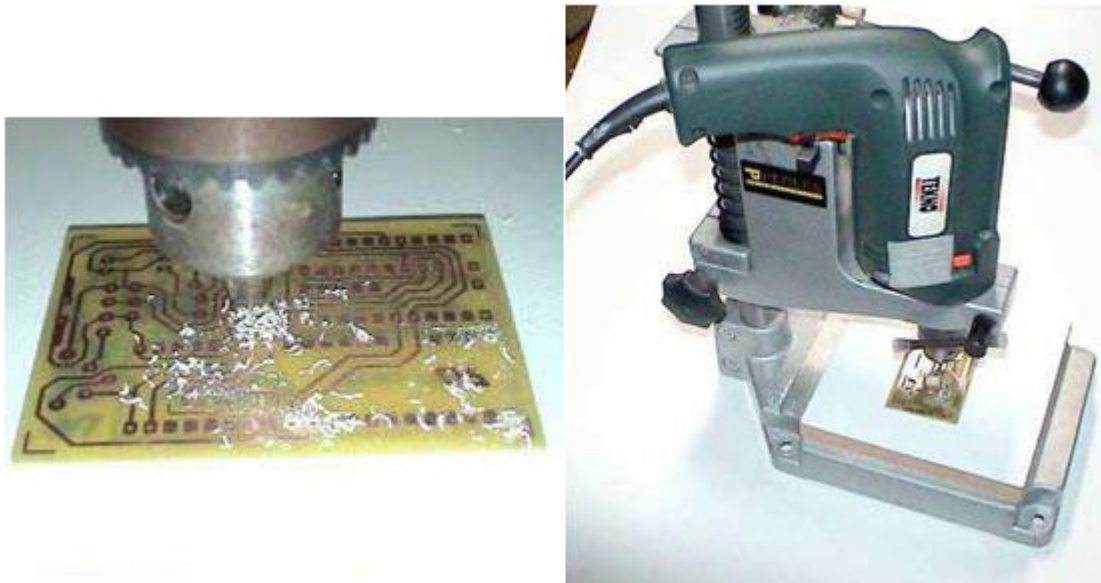


Imagen 21 TALADRADO

Pedestal y taladro con broca de 1 mm. para perforar la placa PCB

4.4.10. SOLDADURA DE ELEMENTOS

Los materiales necesarios son:

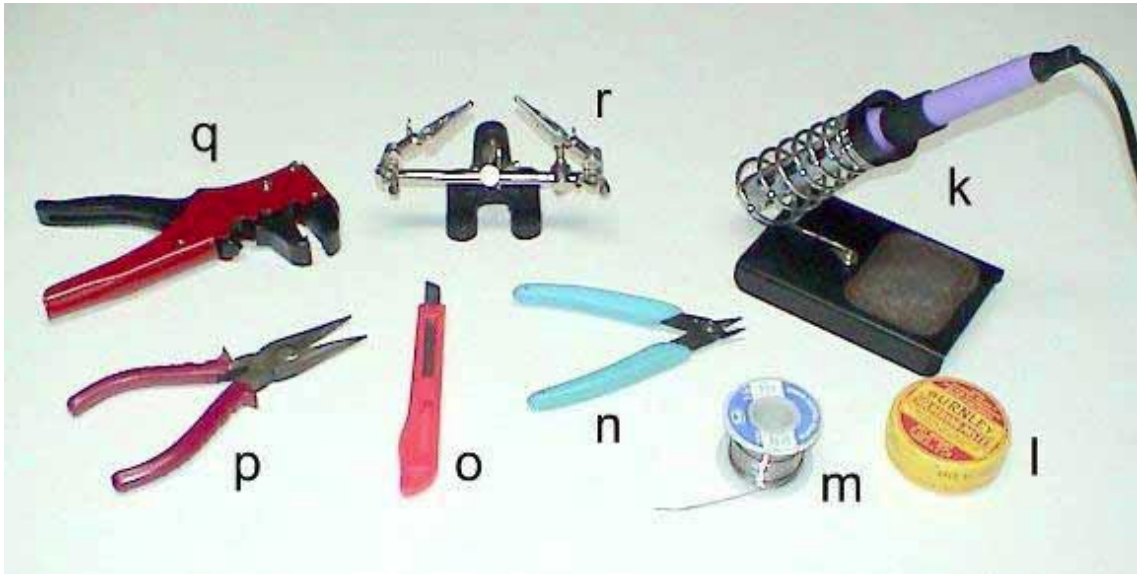


Imagen 22 HERRAMIENTAS Y MATERIALES PARA SUELDA

PRINCIPALES:

k) cautín tipo lápiz de 20W a 30W con su respectivo soporte, l) pasta de soldar, m) alambre de suelda de 1 mm de diámetro de estaño(60%) y plomo(40%), con centro de resina n) pinza de corte, o) estilete o bisturí, p) alicate de punta.

OPCIONALES:

q) pinza pelacables, r) sujetador de placas o una entenalla pequeña.

Se debe seguir una secuencia en la soldadura de los componentes, primero los elementos más bajos y luego los más altos como el capacitor, de esta manera el orden para ir soldando sería: resistencias, diodo, zócalos, transistor, leds, y por último el capacitor, luego de todo esto suelde el cable con las indicaciones posteriores.

Inicie con la suelda de las resistencias y el diodo, estos debe insertarlos y luego doblar las patitas hacia el exterior, con la finalidad de que al dar la vuelta la placa para soldar, estos no se caigan, luego de esto coloque en el soporte para placas y proceda a soldar, el mejor método de suelda, es calentar un poco el elemento a soldar y luego poner el estaño, mover la punta del cautín de

arriba abajo, tocando el alambre de suelda y el elemento, esto permite una rápida adherencia y una buena soldadura.

Para limpiar los residuos de suelda (pasta) que se encuentra en las pistas de la placa, podemos utilizar un cepillo de dientes que ya no se utilice, introducimos las cerdas en un poco de thinner, y cepillamos la placa teniendo cuidado de que el thinner no se derrame por el lado posterior de la placa, es decir el screen ya que podría borrarlo.

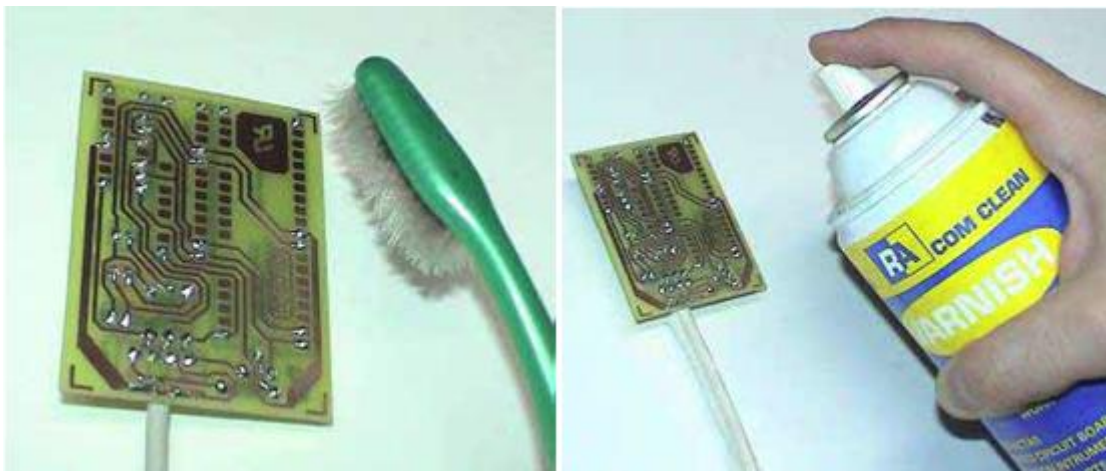


Imagen 23 LIMPIEZA FINAL

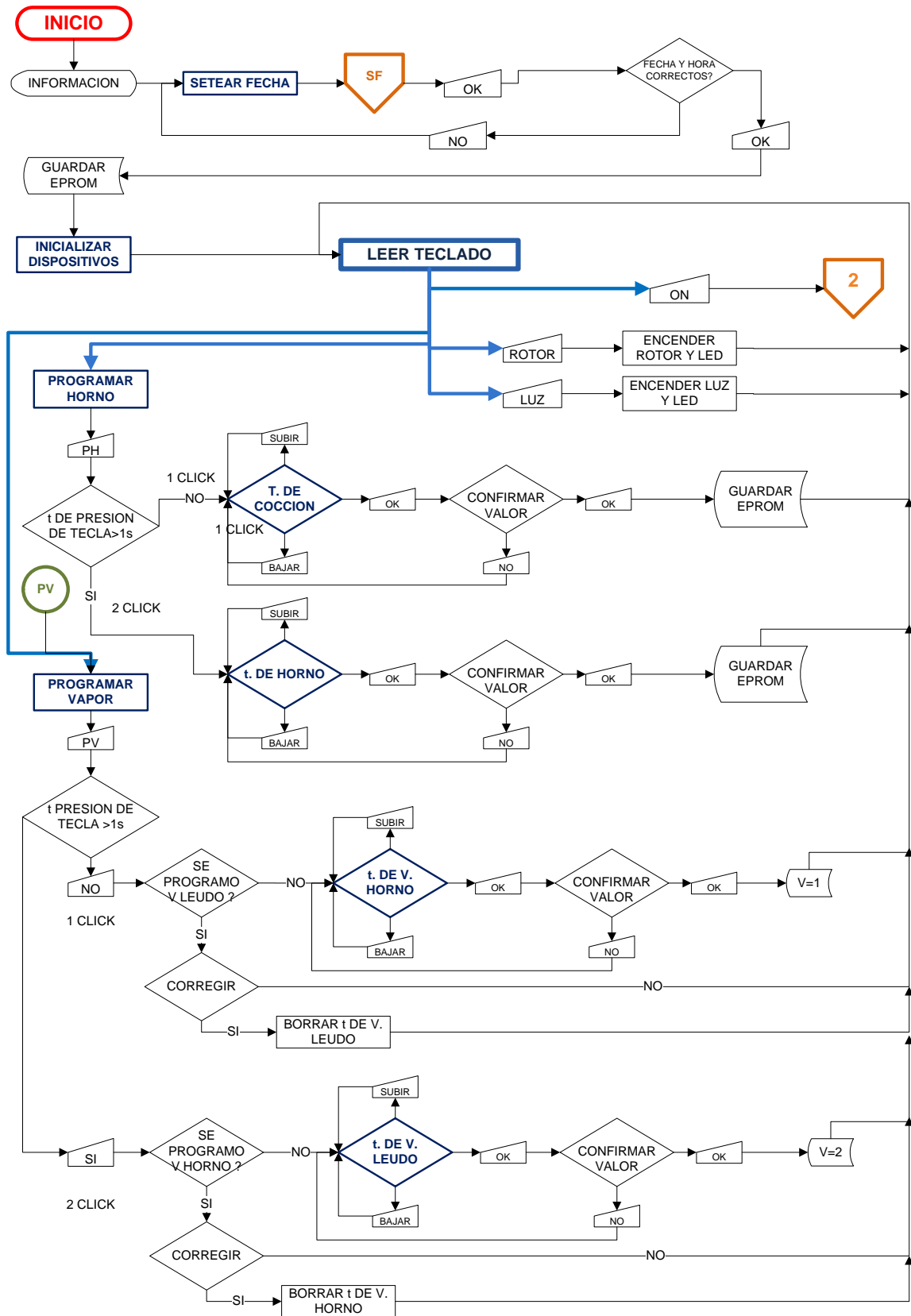
Limpie la placa con mucho cuidado, ya que el thinner podría borrar el screen, déjelo secar y posteriormente puede darle una capa de laca o barniz.

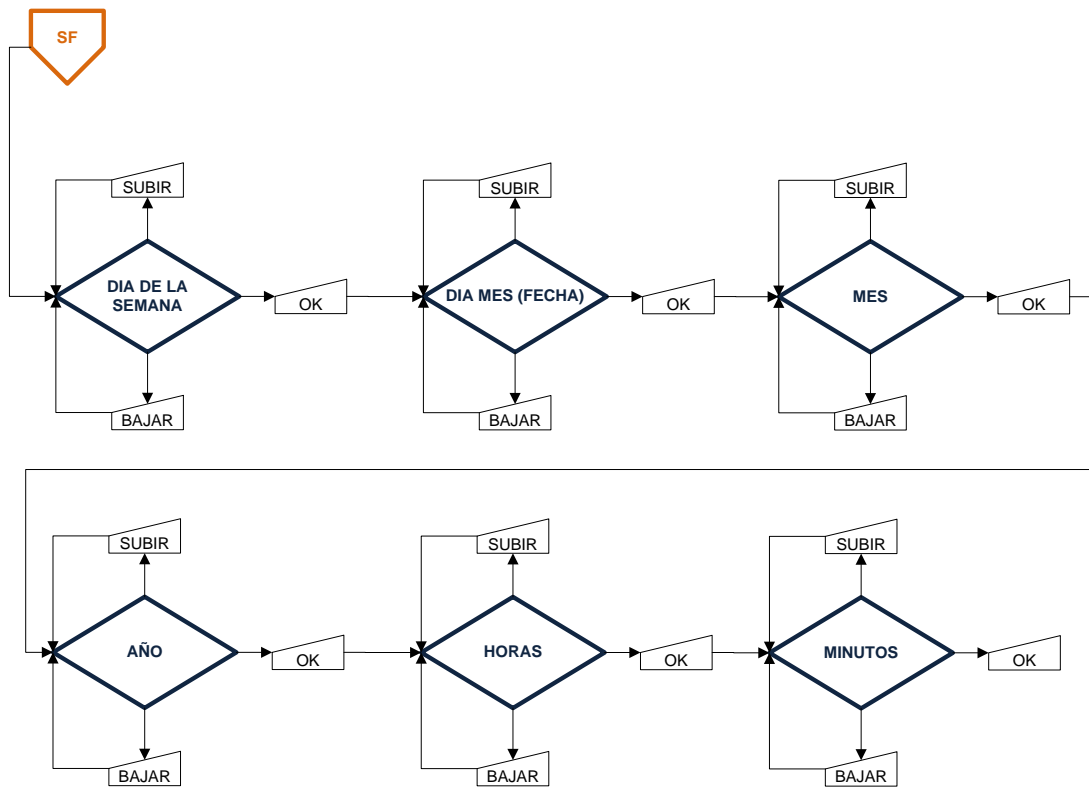
Para evitar que las pistas de cobre se oxiden, se debe dar una capa de barniz en spray para circuito impreso, este también lo utilizan para cubrir el rebobinado de los motores, una marca conocida es RA com clean VARNISH, este le dará un acabado brillante transparente, pero si desea darle un acabado más profesional, puede utilizar laca transparente con un poco de pintura verde, esto se debe hacer preparar en las tiendas que venden y preparan pintura automotriz, se debe llevar una placa de circuito impreso que tenga la máscara antisoldadura de color verde, se le pide que saquen el color de la placa mezclando laca transparente con pintura automotriz. Una vez que el color sea el correcto, y con la ayuda de un compresor y la pistola de pintar se procede a

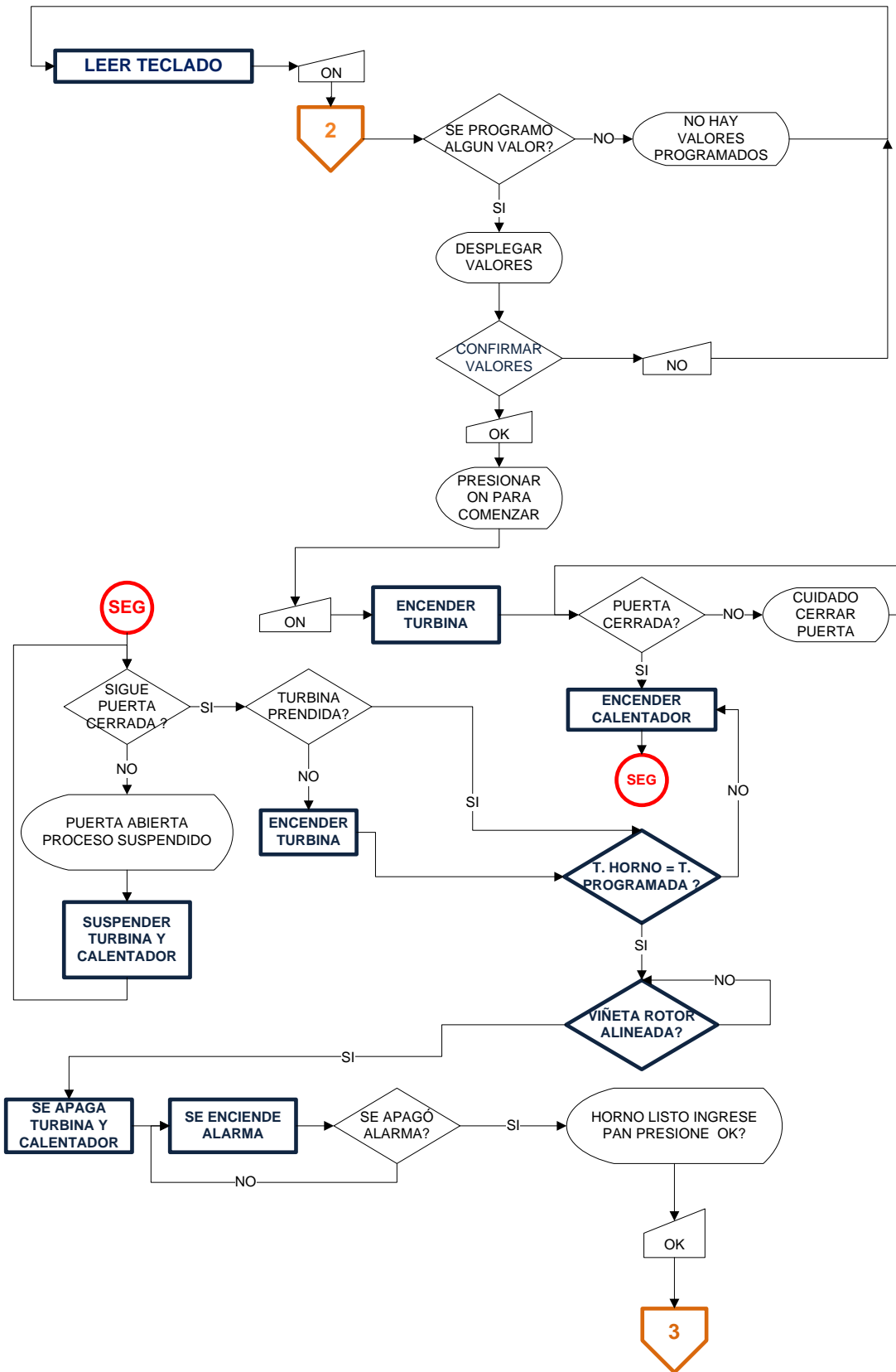
rociar el lado de las pistas, teniendo cuidado de no pintar el cable, para esto se debe cubrir con un poco de cinta adhesiva.

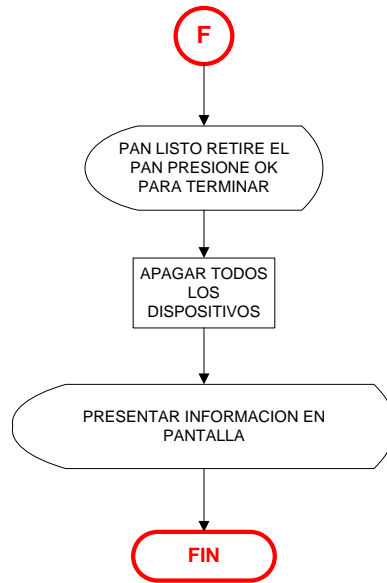
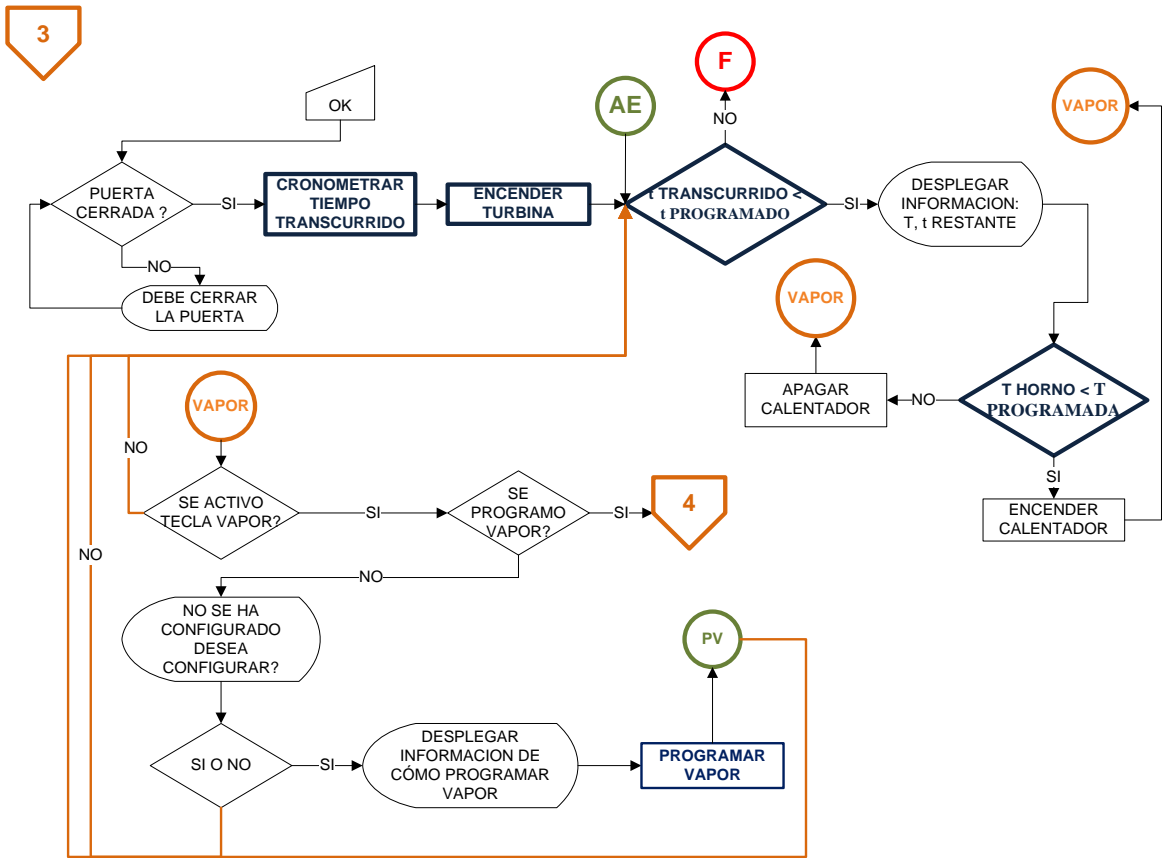
5. DESARROLLO DEL SOFTWARE DE CONTROL

5.1. DIAGRAMA DE FLUJO

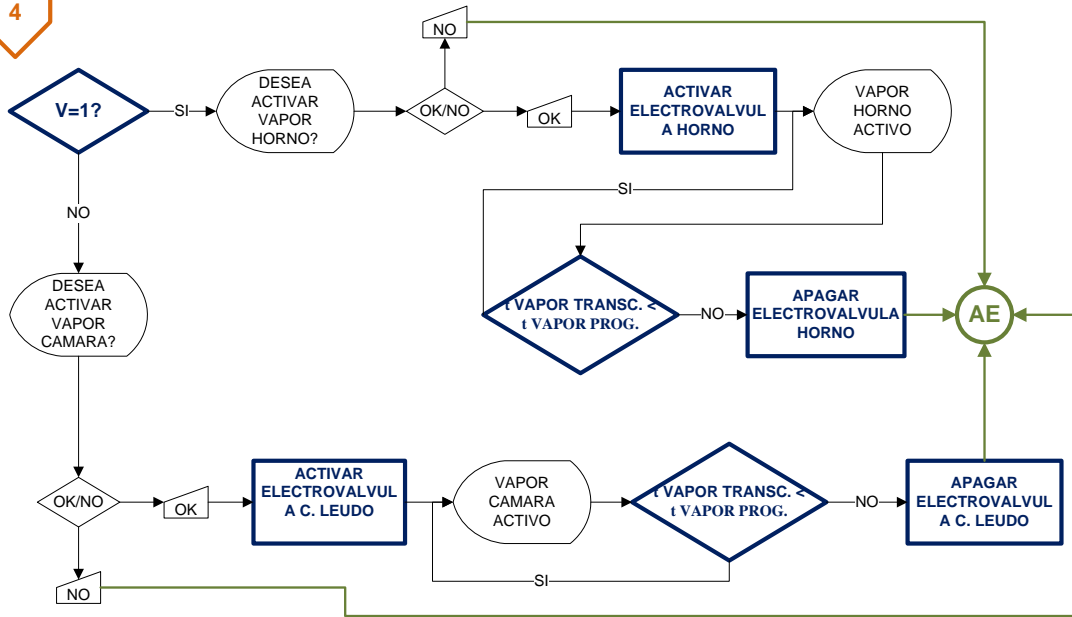








4



5.2. PROGRAMA EN ALTO NIVEL

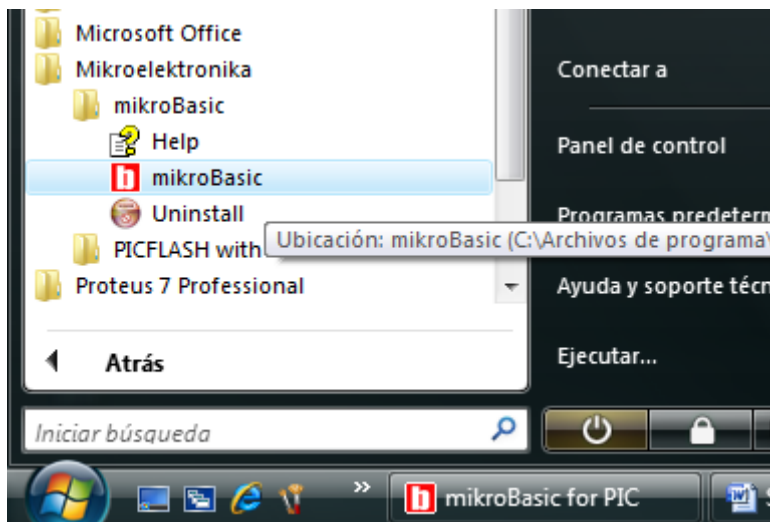
Se usará programación en lenguaje de alto nivel en Basic mediante el software mikroBasic

Las características más destacadas de estos compiladores, y en particular del que nos ocupará es la inclusión de un IDE (entorno de desarrollo integrado o en inglés Integrated Development Environment) que hace muy cómoda la programación, ya que resalta la sintaxis del lenguaje, proporciona acceso muy rápido a la excelente ayuda incluida, estadísticas sobre el uso de recursos del microcontrolador, sencillez y disponibilidad.

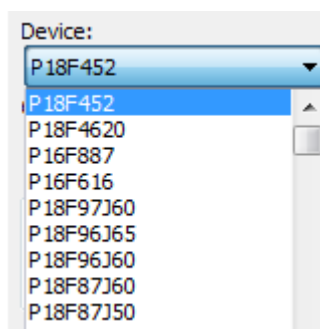
a. Instalar mikroBasic 

Este programa incluye su propio compilador

b. Ejecutar mikroBasic 



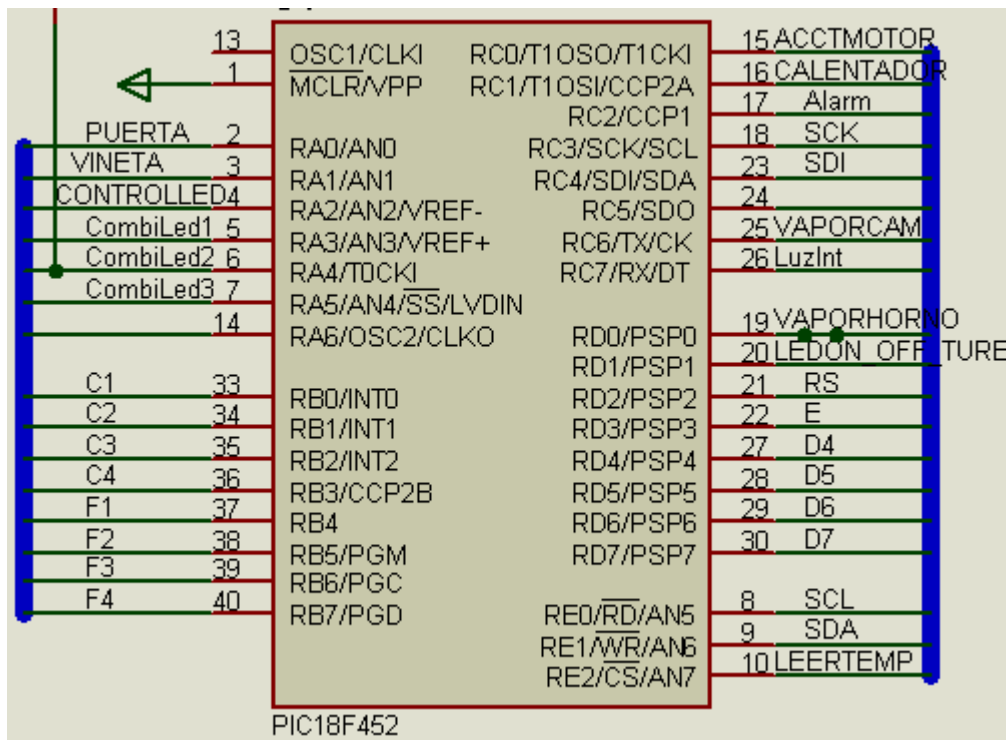
c. Seleccionar el micro en este caso el PIC 18F452




Primero realizamos las subrutinas que se usarán en el programa principal

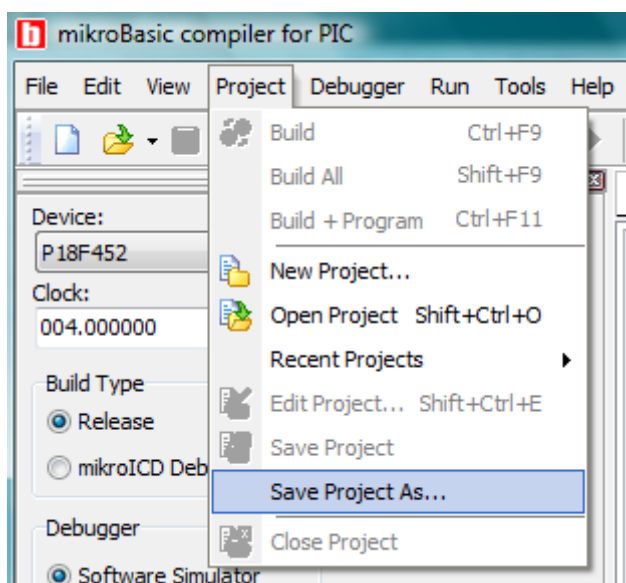
```
include
  main
  CustomChar
  Inicializar
  Leer_Relej
  Igualar_Relej
  Max6675
  Mostrar_Temperatura
  Mostrar_Relej
  limpiar
  Rev_encender
  tempcoc
  timecoc
  electvalvhorno
  electvalvcamara
  actvapor
  vervalores
```

```
program hornol2_5
  'Definicion de entradas - salidas
3 Symbol puertas = Porta.0
  Symbol Vineta = Porta.1
5 Symbol ControlLed = Porta.2
  Symbol combiled1 = Porta.3
  Symbol combiled2 = Porta.4
  Symbol combiled3 = Porta.5
  Symbol Vaporcam = portc.6
10 Symbol calentador = portc.1
  Symbol Alarm = portc.2
  Symbol Vaporhorno = Portd.0
  Symbol ActMotor = Portc.0
  Symbol LuzInt = PortC.7
15 Symbol LeerTemp = Porte.2
  Symbol LedOn_off_turb = Portd.1
```



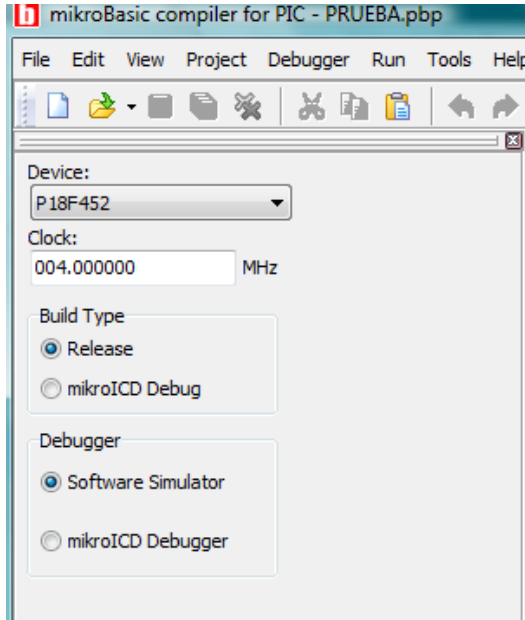
Para programación de alto nivel completa en mikroBasic dirigirse a [ANEXOS B2*](#)

Realizado el programa en mikroBasic , debe recordarse que al ser guardado este lo hace como extensión **nombre_del_archivo.pbas** con la cual no se puede compilar, para hacerlo se debe ir a la pestaña **project** y hacer click en **save Project as**

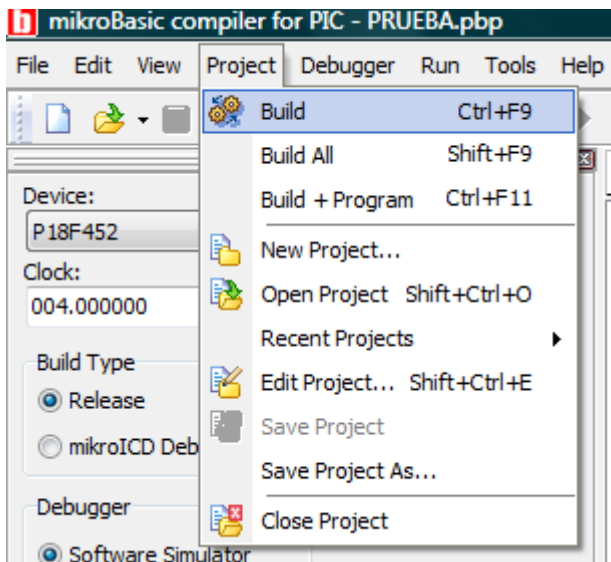


Se procede a guardarlo con el nombre deseado con extensión .pbp la cual si se puede compilar.

Se seleccionamos el PIC Y SU VELOCIDAD



Se da click en Build dentro de la pestaña Project



Esperar a que termine la compilación (generación de archivo hexadecimal)

Comprobar la cantidad de memoria ROM y RAM consumida en el micro seleccionado

Used ROM: 32380 (98%)
Free ROM: 387 (2%)

Used RAM: 270 (17%)
Free RAM: 1241 (83%)












El archivo .hex se carga en el micro para la simulación y es el que se usa en la grabación definitiva del micro luego de hacer las simulaciones y comprobar el correcto funcionamiento del programa.

5.3. SIMULACION

Cabe anotar que en la simulación no está la tarjeta de potencia, ya que el objeto de la simulación es probar la lógica y funcionamiento adecuado del programa y el control de entradas y salidas. Esta simulación se realiza en el programa ISIS

El teclado es una simulación del teclado que se construirá

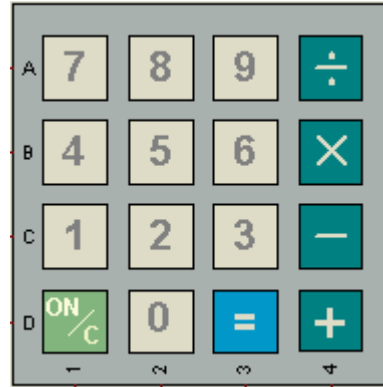
Tabla 40 FUNCION TECLADO SIMULADO EN ISIS

PROGRAM BYTE	TECL ADO	FUNCIÓN			
1		ON/OFF ENCENDIDO APAGADO			
2		UP AUMENTA °C Y minutos o segundos			
3		APAGAR ALARMA			
4		OK ACEPTA VALORES PROGRAMADOS			
5		NO PARA CORREGIR VALORES PROGRAMADOS			
6		PROGRAMAR HORNO SETEAR VALORES DE OPERACION	1 VEZ	TEMPERATURA DE COCCIÓN	50 A 250 °C
			2 VECE S	TIEMPO DE COCCIÓN	5 A 60 minutos
7		PROGRAMAR VAPOR SETEAR VALORES DE OPERACION	1VEZ	TIEMPO DE ELECTROVALVULA HORNO	2 A 30 segundos
			2 VECE S	TIEMPO DE ELECTROVALVULA DE CAMARA DE LEUDO	2 A 30 segundos
8		ACTIVAR VAPOR			
9		LUZ INTERIOR			
10		ROTOR			
11		DOWN disminuye °C Y minutos o segundos			

```

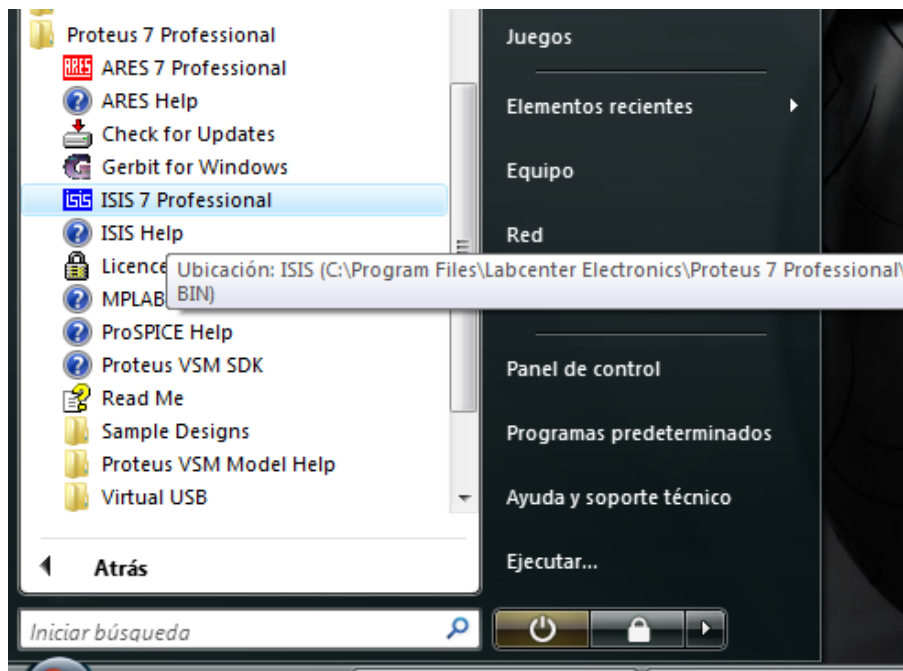
• 'Definición de constantes del teclado
• Const Tecla_on_Off      as byte = 1
50 Const UP                as byte = 2
• Const Down              as byte = 11
• Const Okk               as byte = 4
• Const Noo               as byte = 5
• Const Programar         as byte = 6
55 Const Programar_Vapor  as byte = 7
• Const Activar_Vapor     as byte = 8
• Const Luz_Interior      as byte = 9
• Const Rotor            as byte = 10
• Const alarmoff          as byte = 3

```



INSTALAR PROTEUS

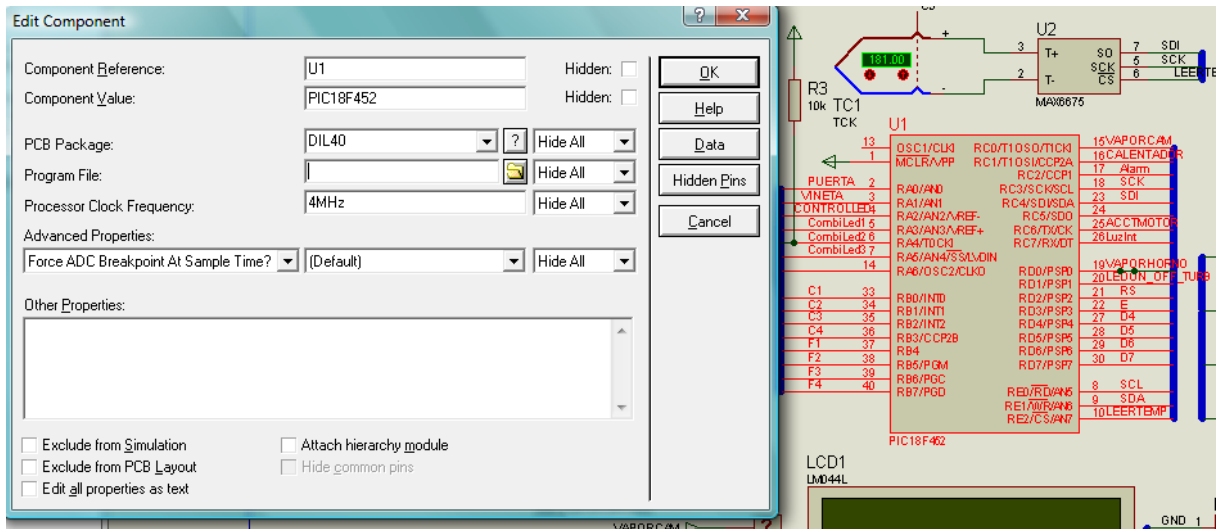
EJECUTAR ISIS



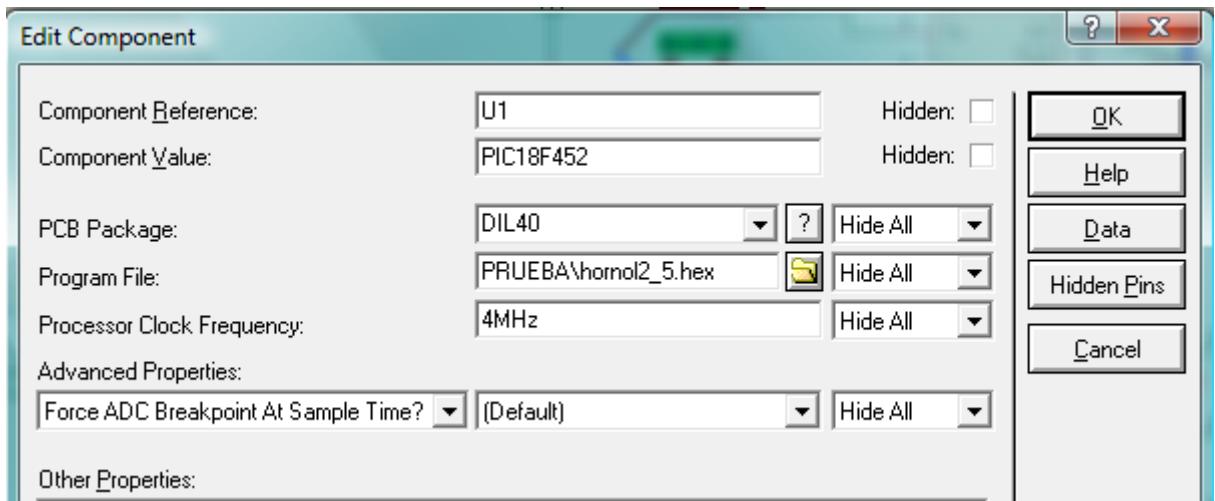
ABRIR EL ARCHIVO

CARGAR EL MICRO CON EL PROGRAMA COMPILADO

DOBLE CLICK SOBRE EL MICRO



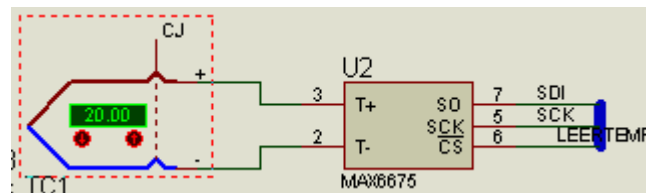
EN Program File cargar la compilación del programa



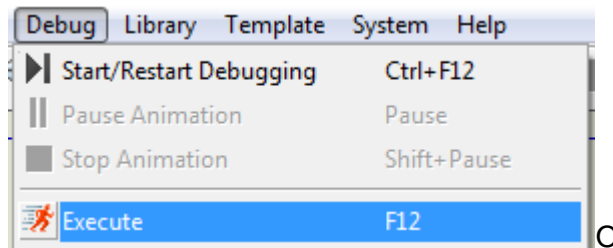
OK aceptar

SIMULAR

SETEAR LA TEMPERATURA

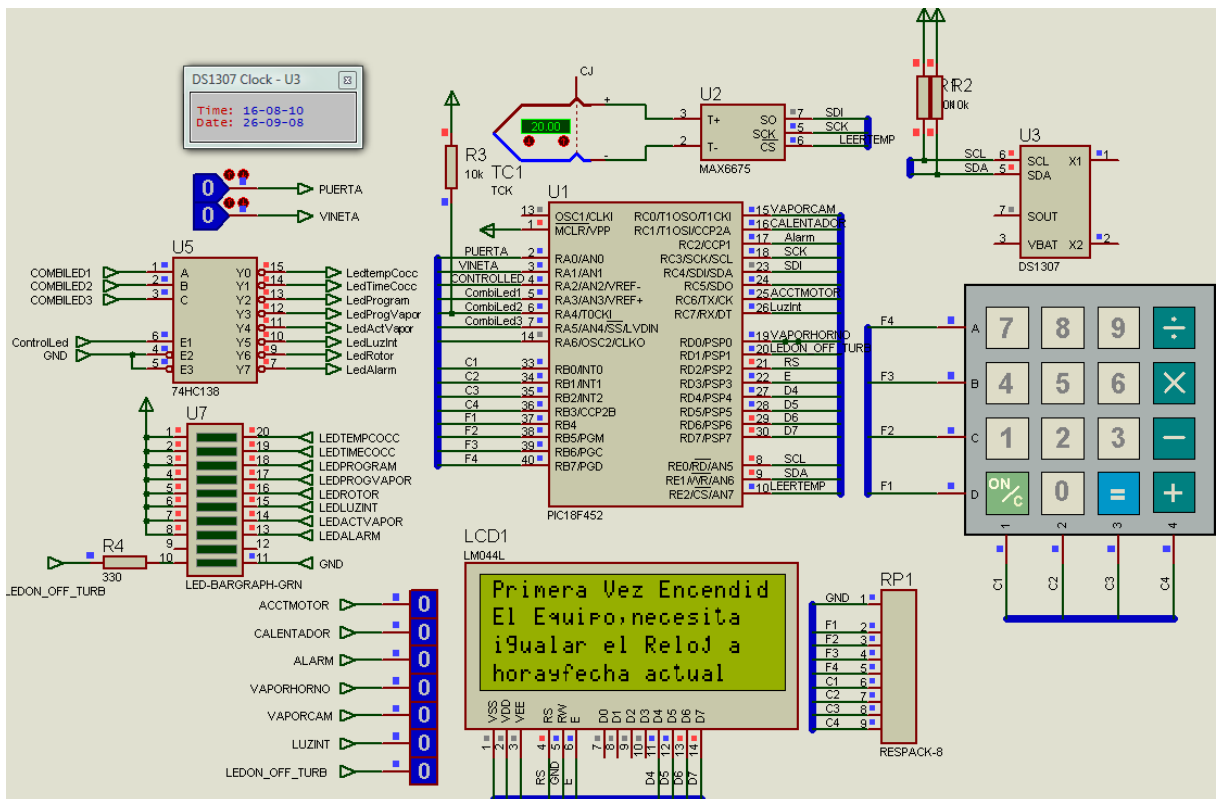


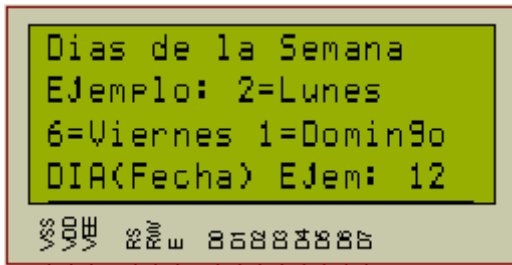
CORRER LA SIMULACION



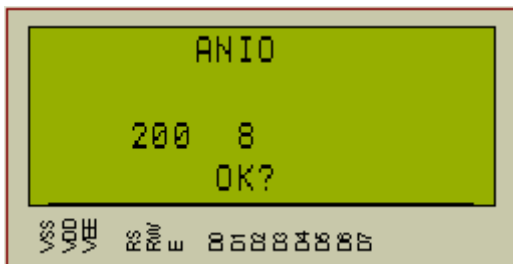
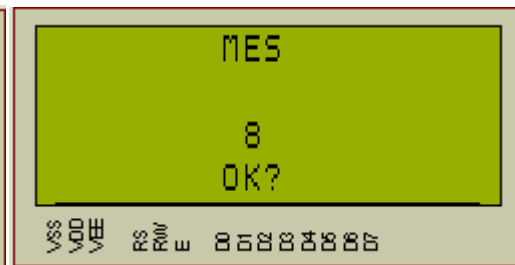
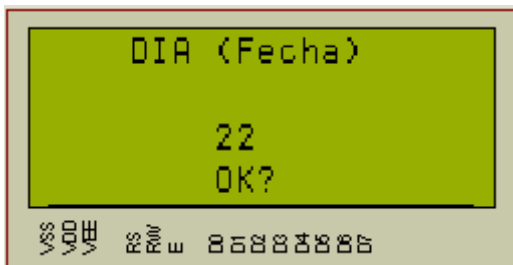
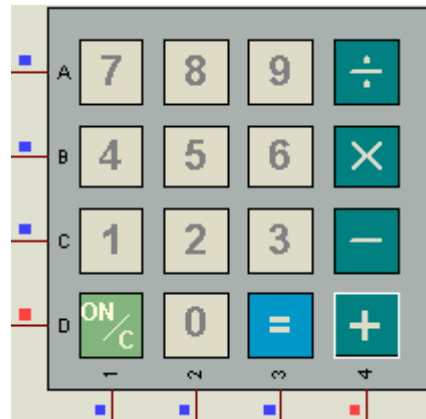
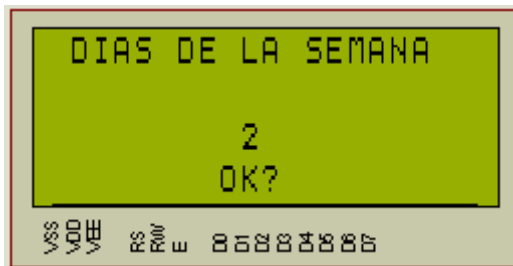
INTRODUCCIÓN

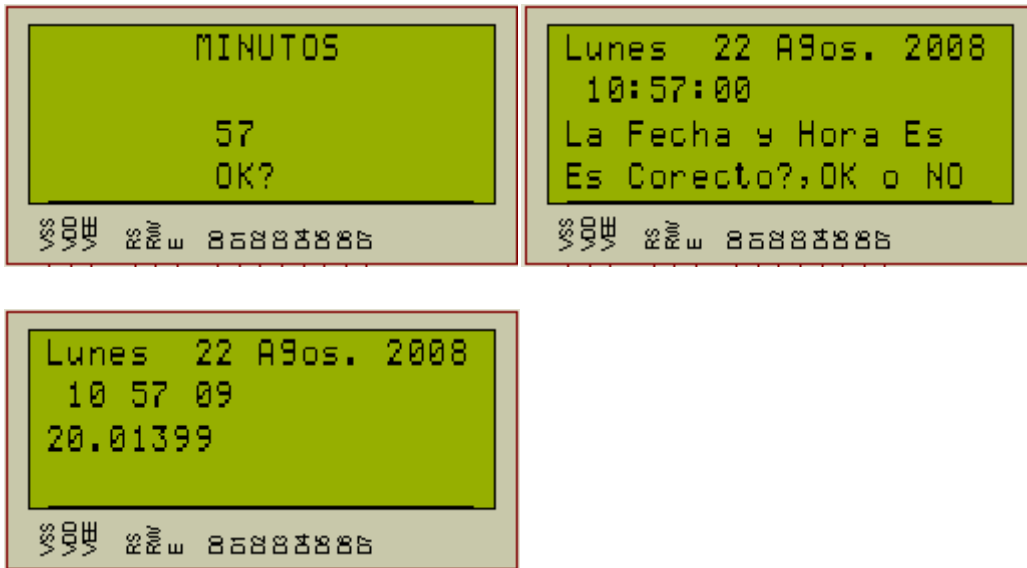
Empezaremos con los sensores de posición desconectados es decir en 0, ya que son los casos críticos que necesitan ser comprobados mediante la validación del funcionamiento adecuado de las seguridades introducidas en la programación





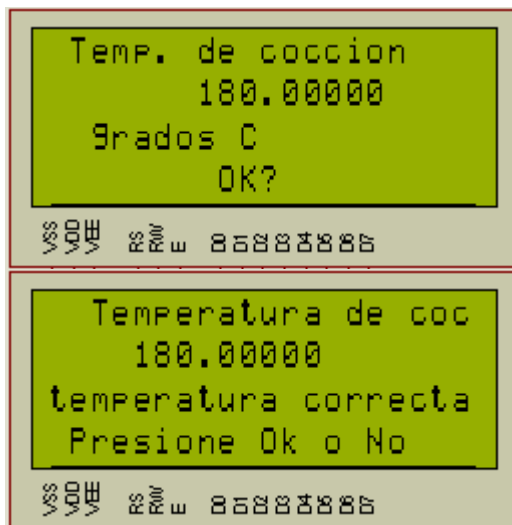
IGUALAR RELOJ



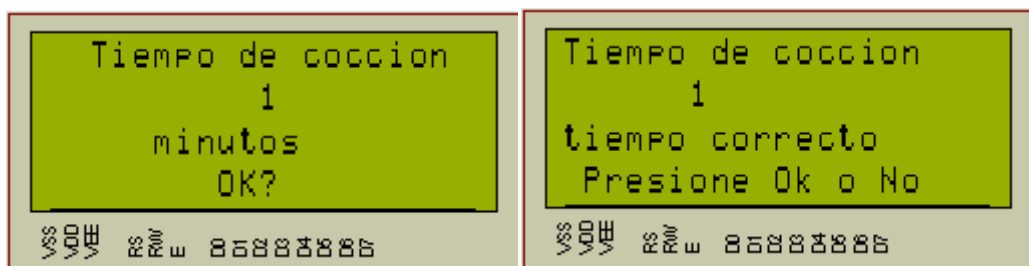


PROGRAMAR HORNO

TEMPERATURA DE COCCIÓN (PRESIONAR UNA VEZ)

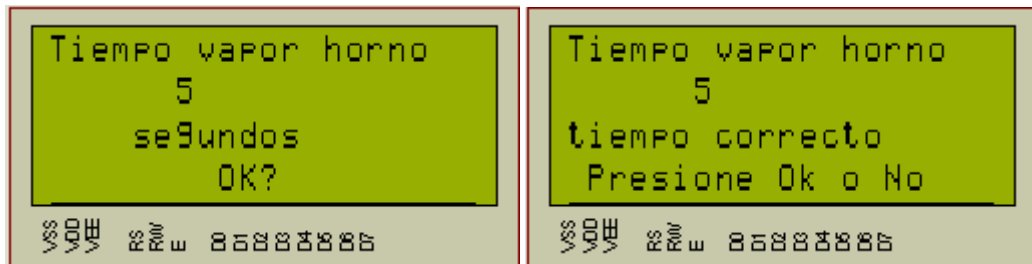


TIEMPO DE COCCIÓN (PRESIONAR 2 VECES)

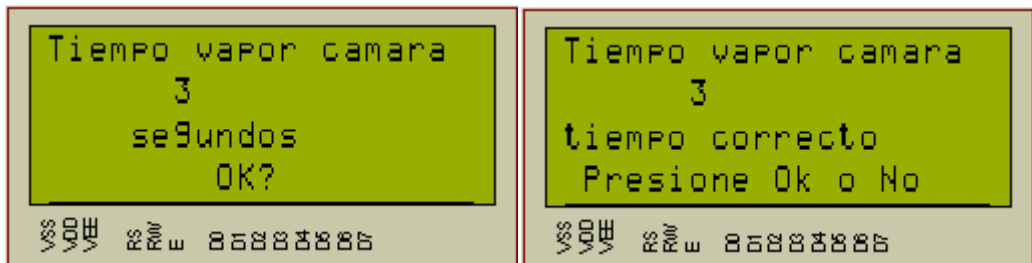


PROGRAMAR VAPOR HORNO Ó CAMARA DE LEUDO

HORNO

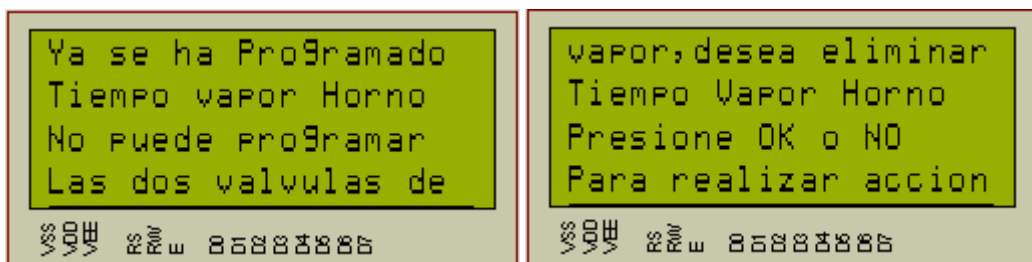


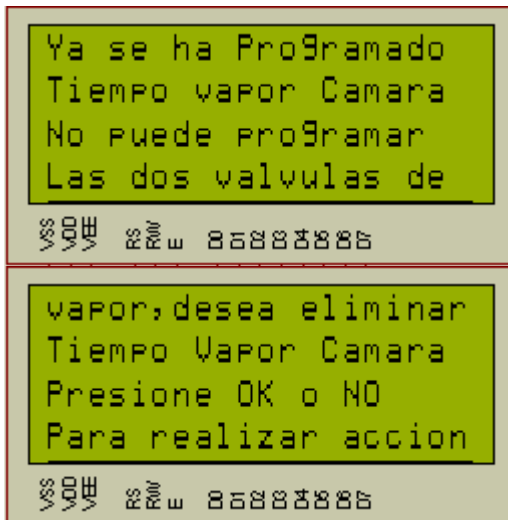
CAMARA DE LEUDO



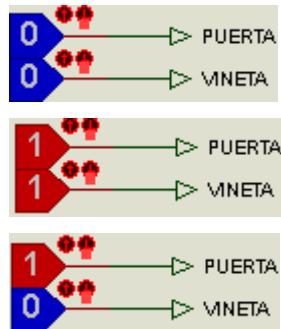
RESTRICCIÓN

Debido a que se puede activar el vapor del horno ó el vapor de la cámara de leudo, no ambos a la vez, se debe programar una restricción para el uno si se activa el otro y viceversa.

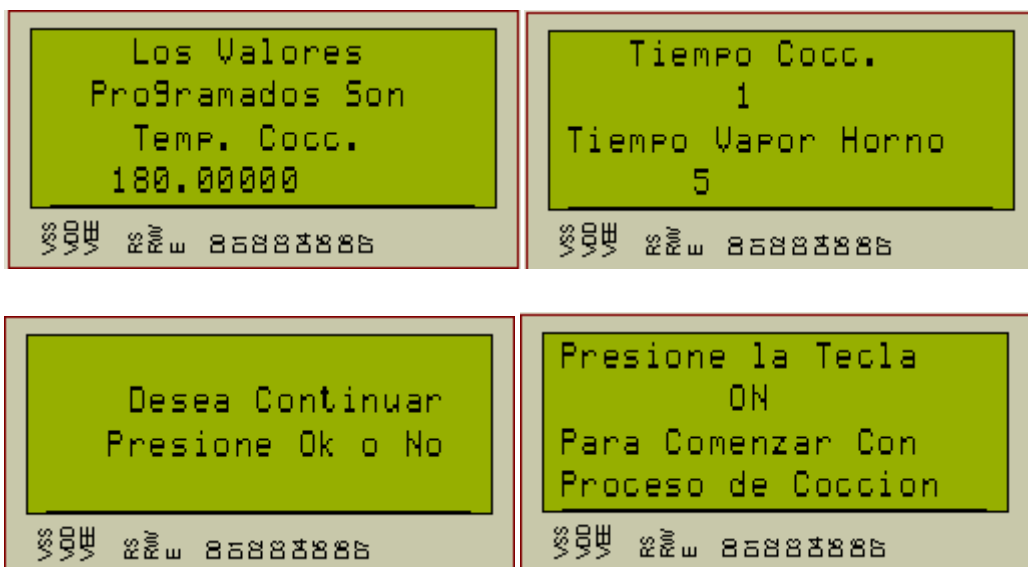




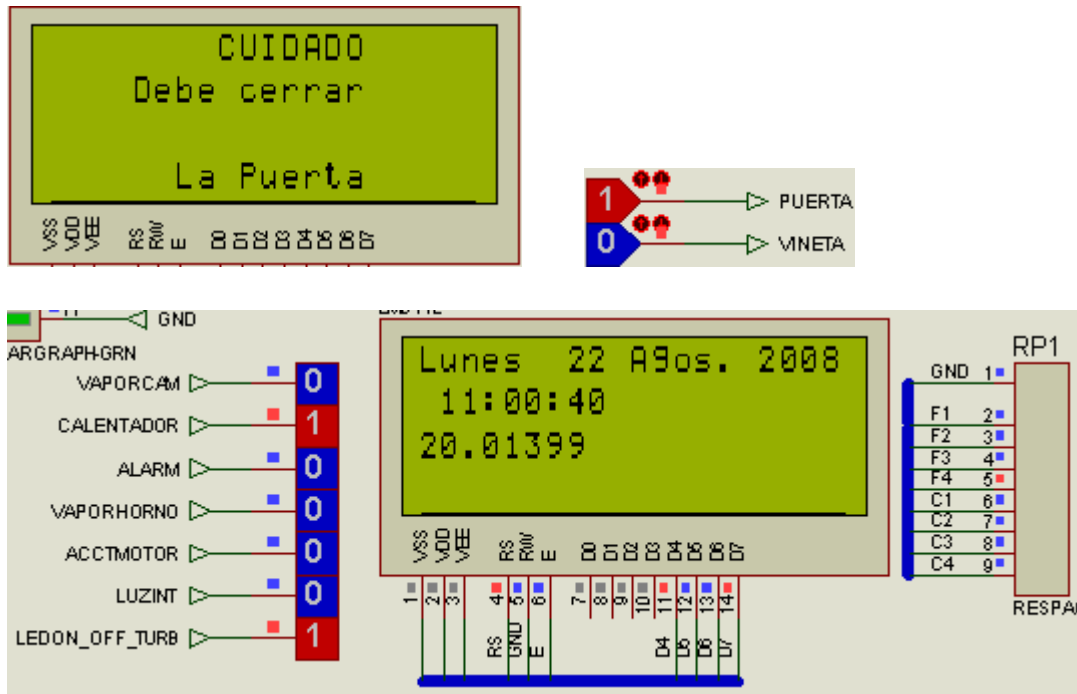
EJECUTAR EL PROGRAMA DEL HORNO



Ejecutando la tecla ON/OFF

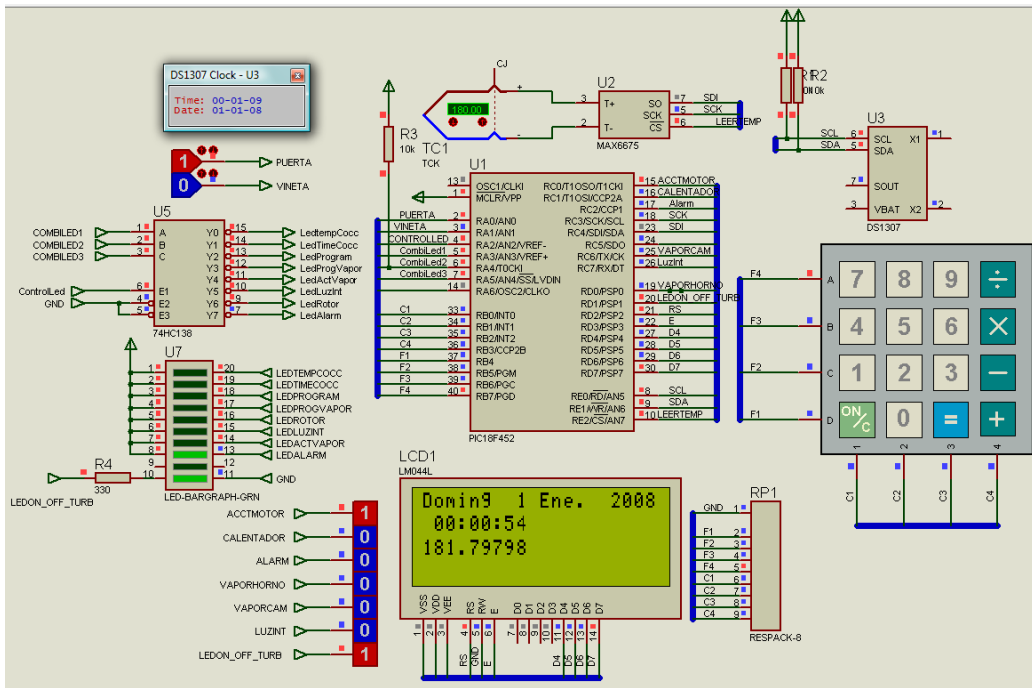
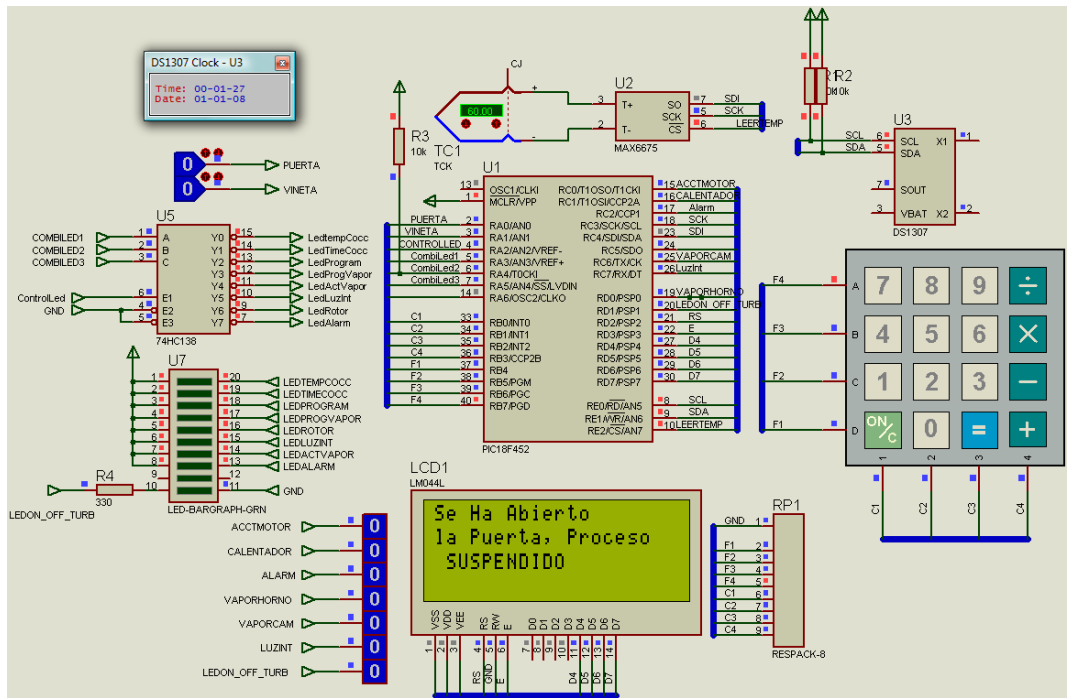


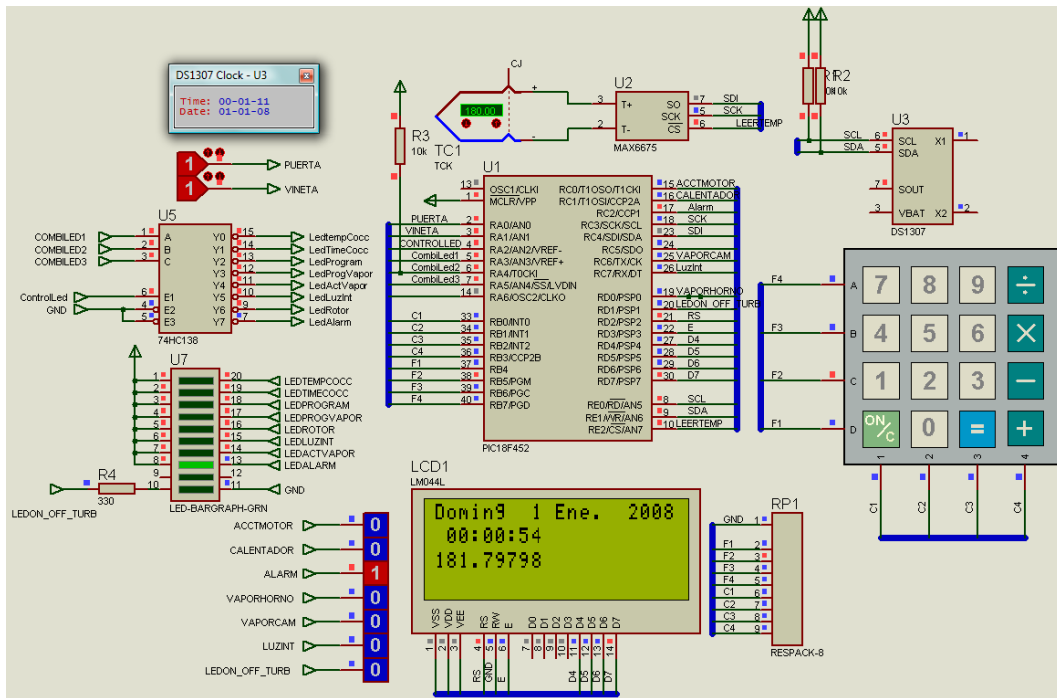
Al presionar la tecla ON/OFF debido a que la puerta está abierta se despliega un mensaje de advertencia que amerita que la puerta esté cerrada para continuar con el proceso



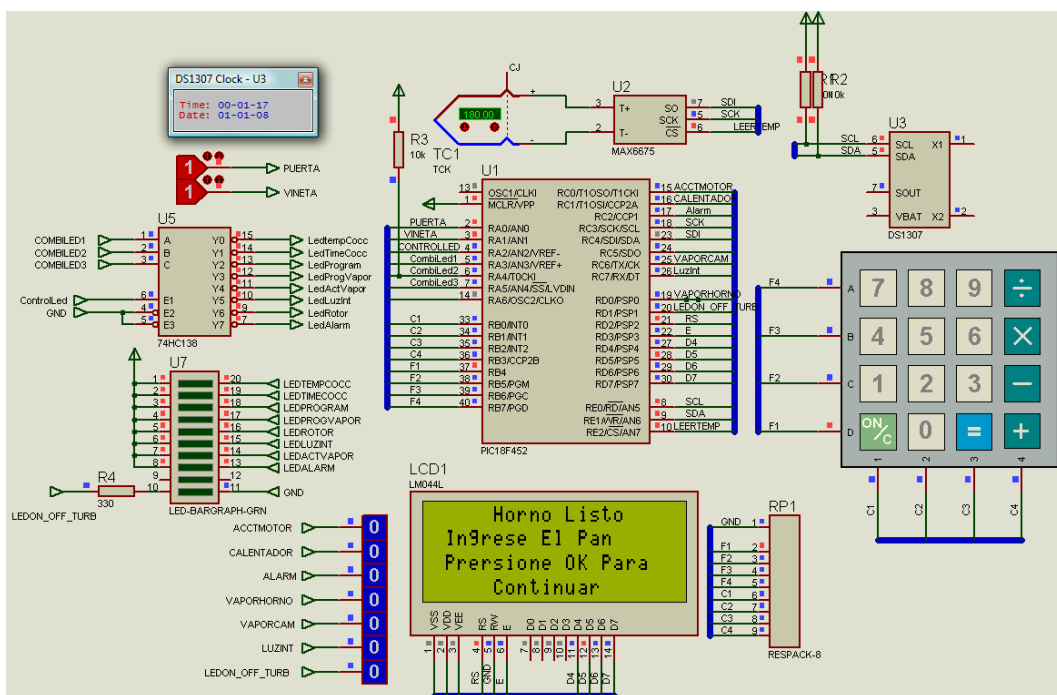
La turbina distribuye el calor generado por todo el horno y el calentador eleva la temperatura, de la que se encuentre en ese momento a la programada, momento en el cual se comprobará mediante el sensor de posición (VIÑETA) el correcto alineamiento de la bandeja de pan para que este pueda ingresar, lo que sucede cuando este se encuentra activado, solo entonces sonará la alarma para que el operario se alerte de que el horno llegó a la temperatura deseada.

Cabe indicar que si la puerta se abriese mientras se alcance la temperatura programada, por seguridad del o los operarios el proceso se suspenderá hasta que cierre la puerta

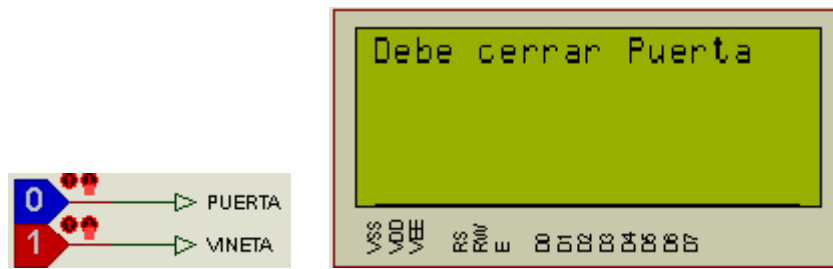




Apagar la alarma



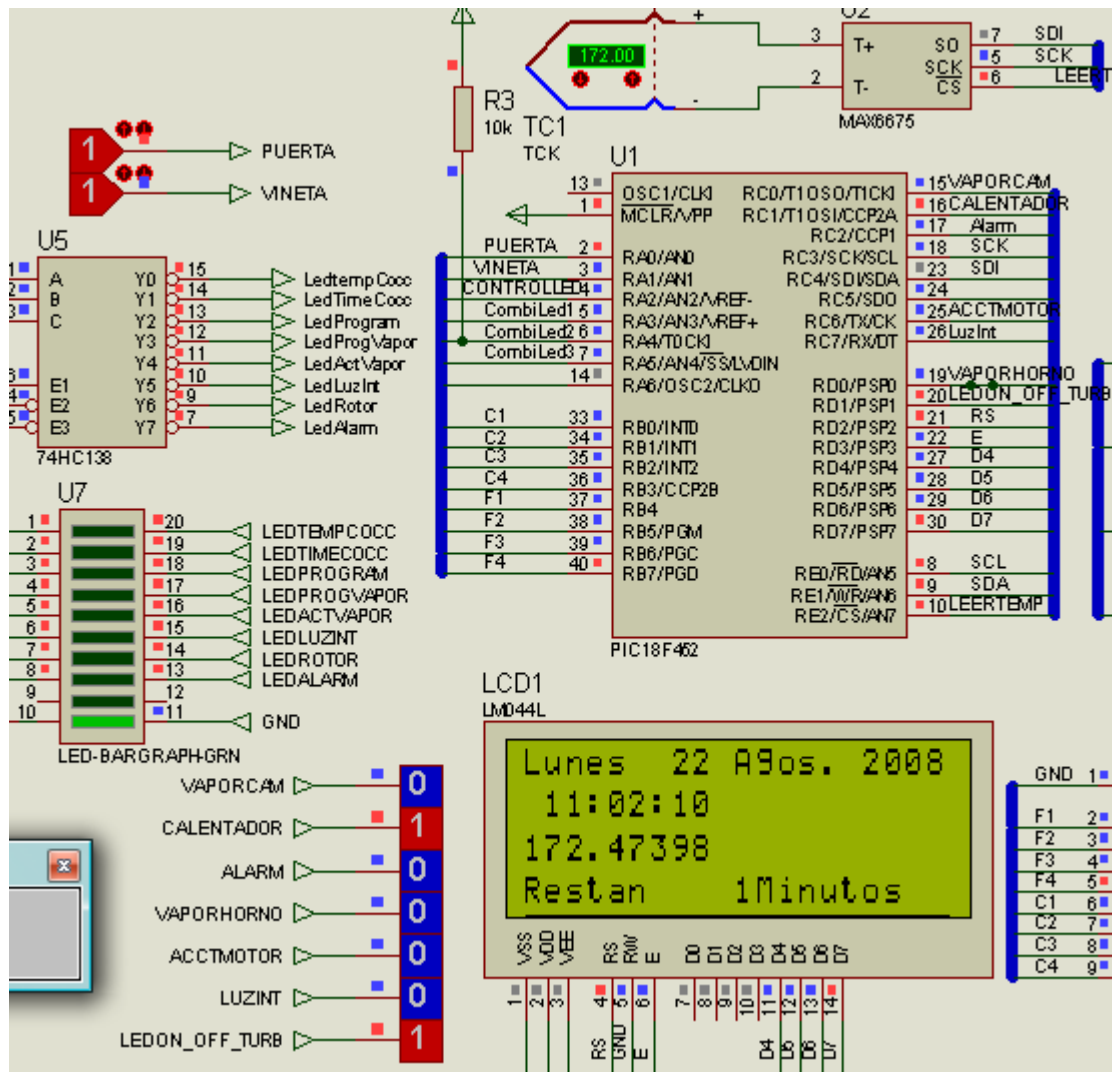
Si la puerta estuviera abierta luego de ingresar el pan



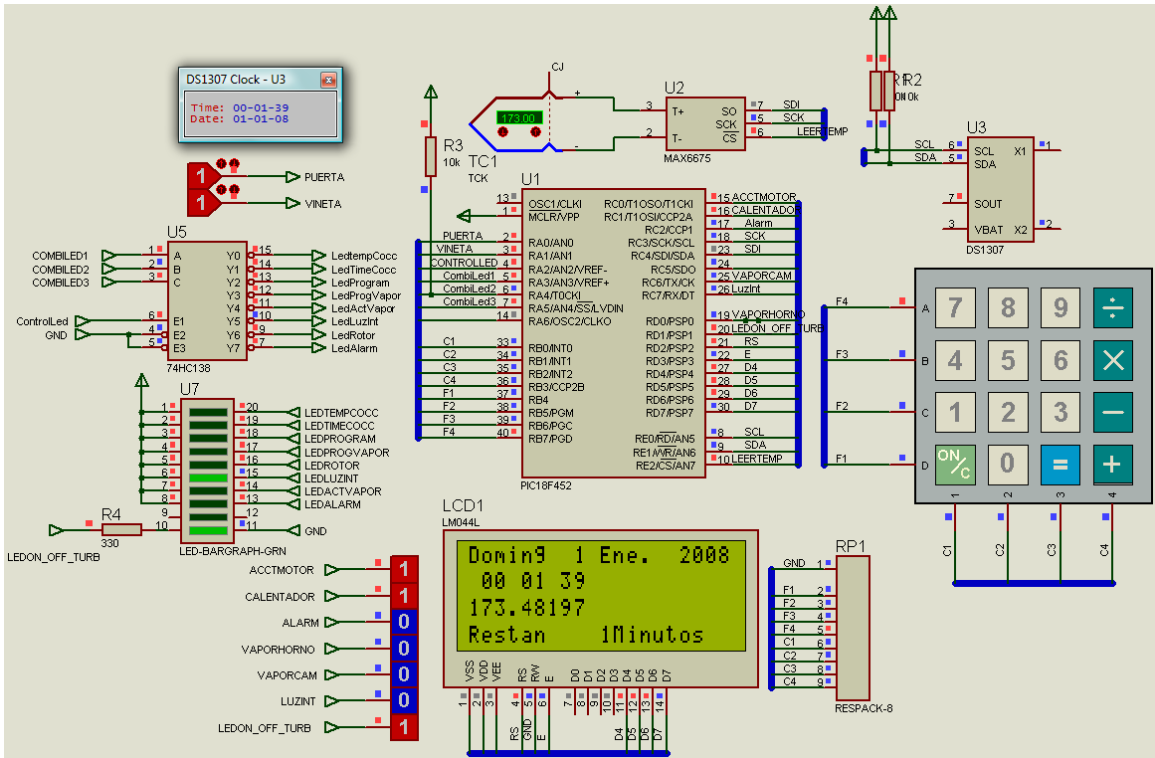
Cerramos la puerta



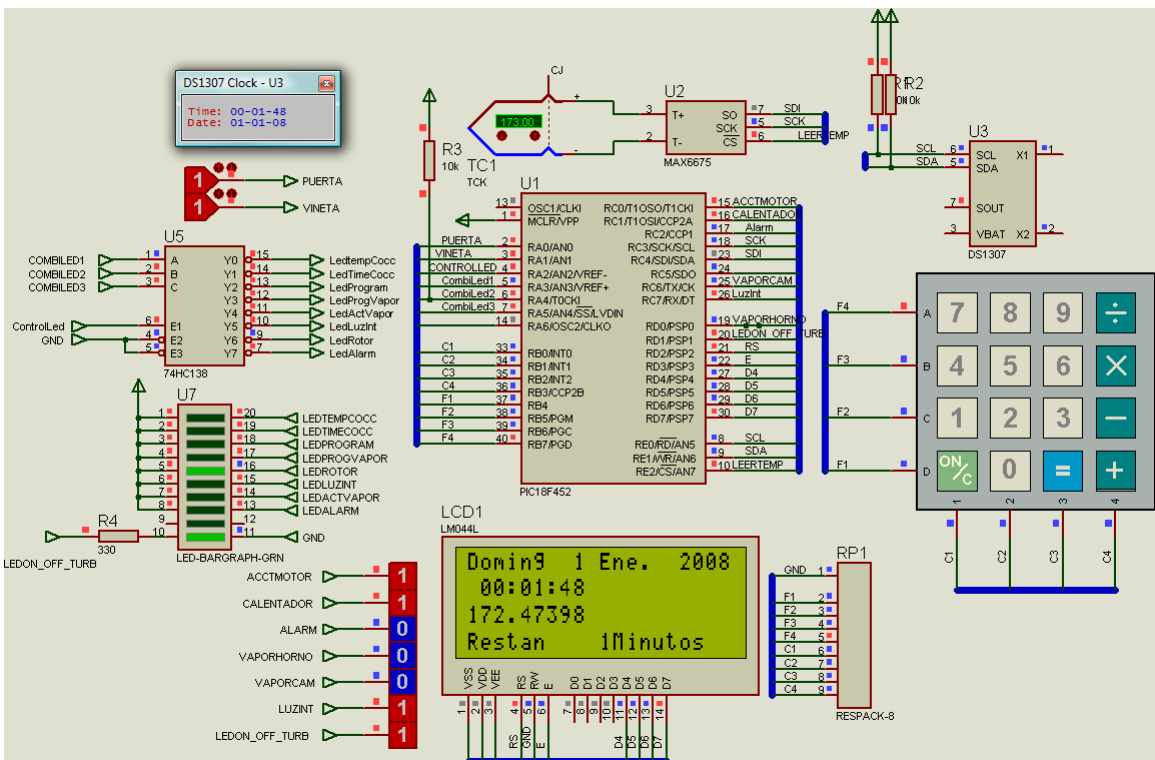
Si baja la temperatura se activa el calentador



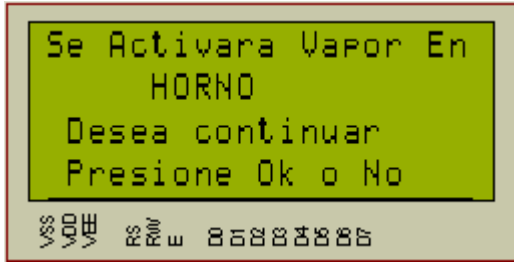
Podemos encender EL ROTOR



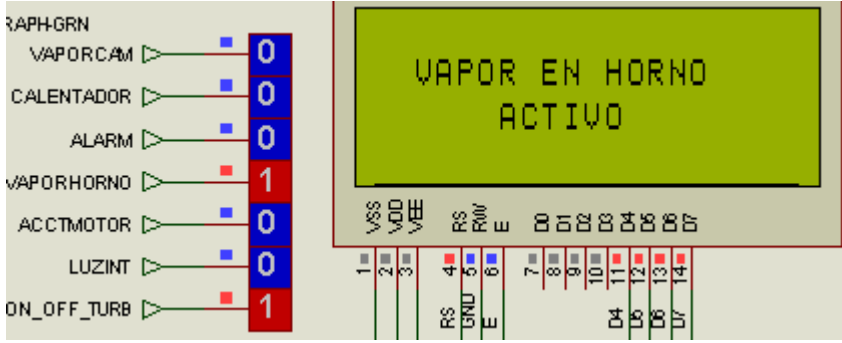
Se puede encender la luz interior del horno



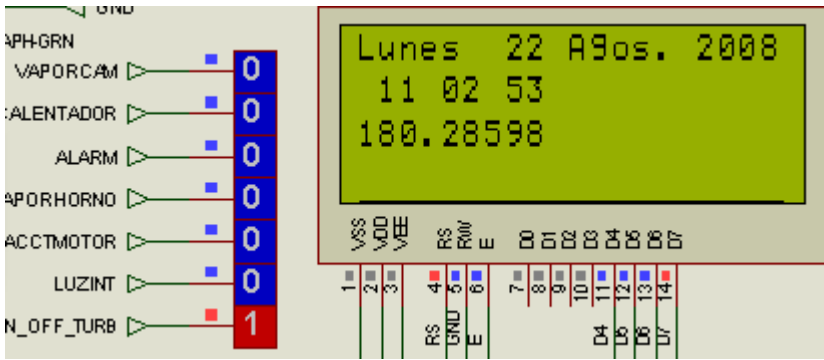
Se puede desactivar el rotor y la luz en cualquier momento



Activar vapor en horno



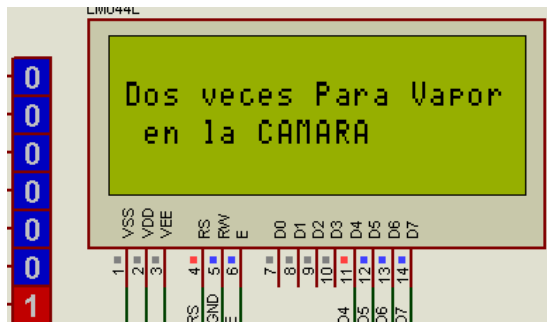
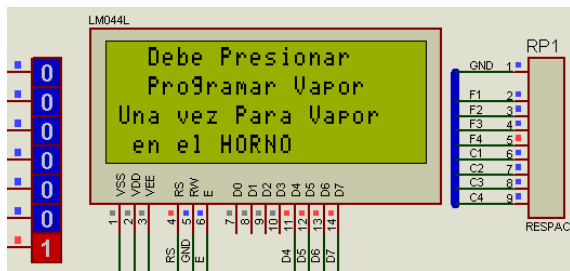
Pasado el tiempo programado se desactivará el vapor



Si no se hubiera programado el vapor y se presionara la tecla de **ACTIVAR VAPOR**

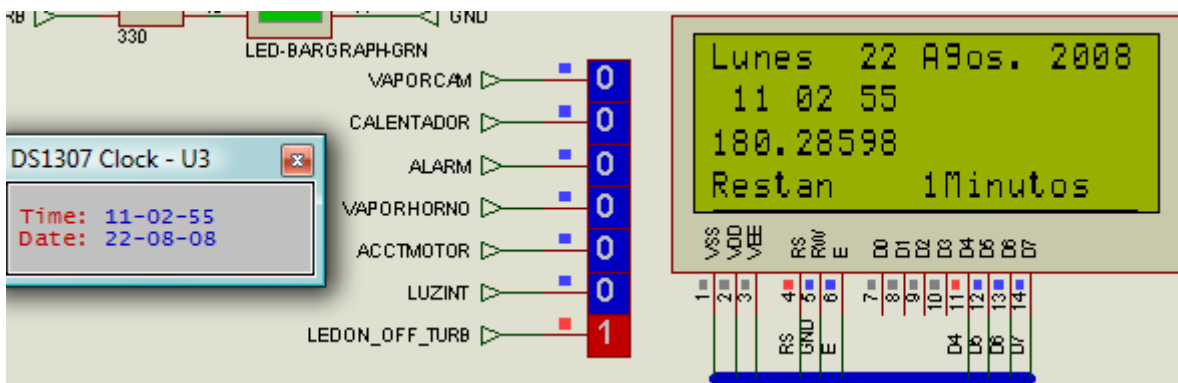


Si presiona OK

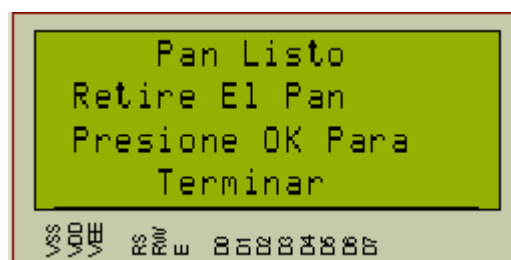


En este momento podremos programar vapor de HORNO o CAMARA DE LEUDO como se vio en la sección correspondiente

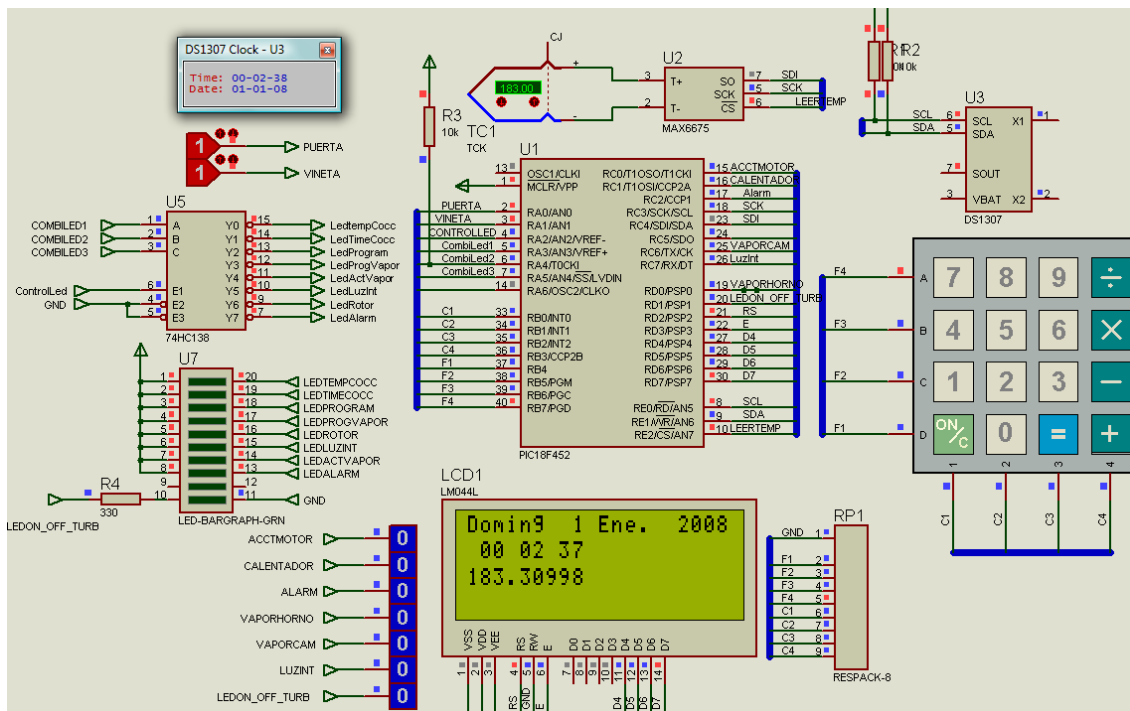
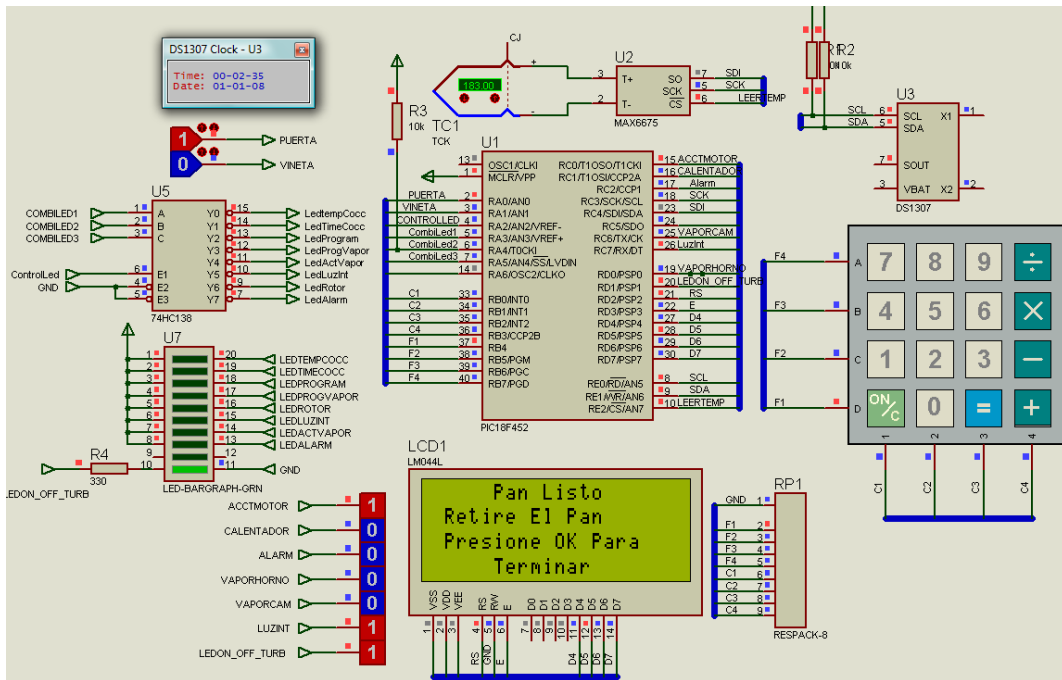
Si presionamos NO continuará el proceso



Transcurrido el tiempo programado sonará la alarma la apagaremos y nos saldrá un mensaje

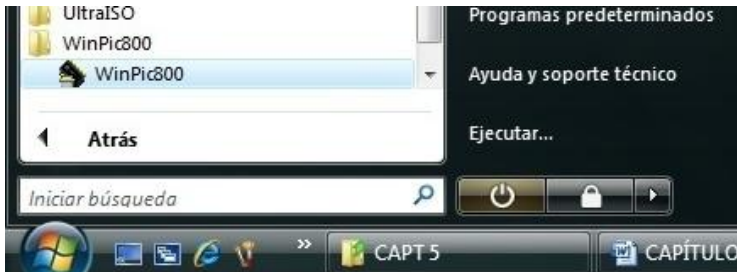


Cabe recalcar que si la VIÑETA no se encuentra alineada para poder retirar el pan se activará el rotor hasta que se alinee la bandeja para poder retirar el pan



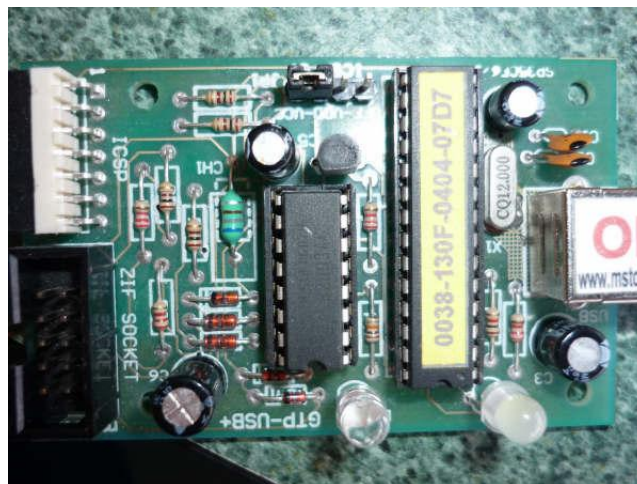
5.4. TRANSMISION DEL PROGRAMA AL PIC

Ejecutamos el programa WinPic

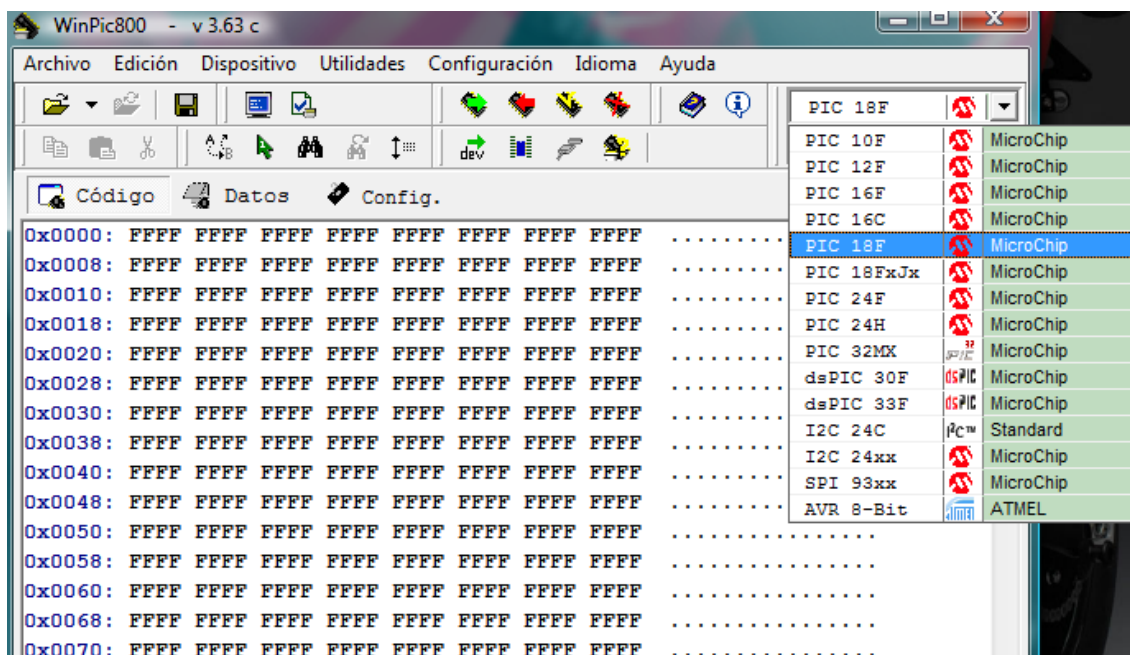


Conectamos el grabador USB a cualquier puerto USB libre de la computadora

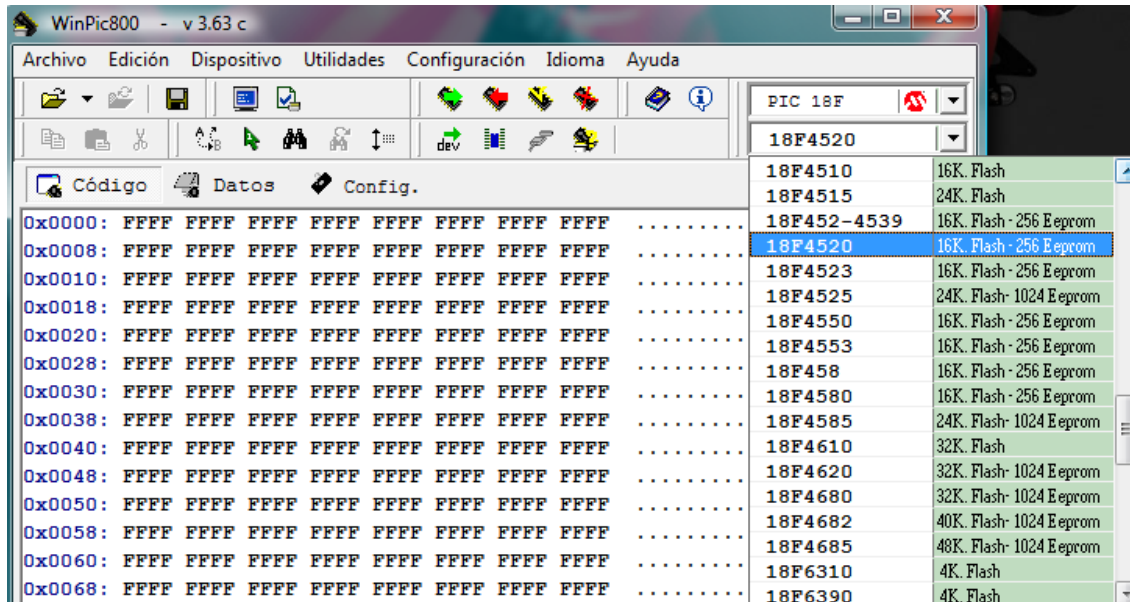
Introducimos nuestro PIC18F452 en el socket de 40 pines del grabador USB, teniendo en cuenta empatar el pin # 1 del PIC con el pin # 1 del socket



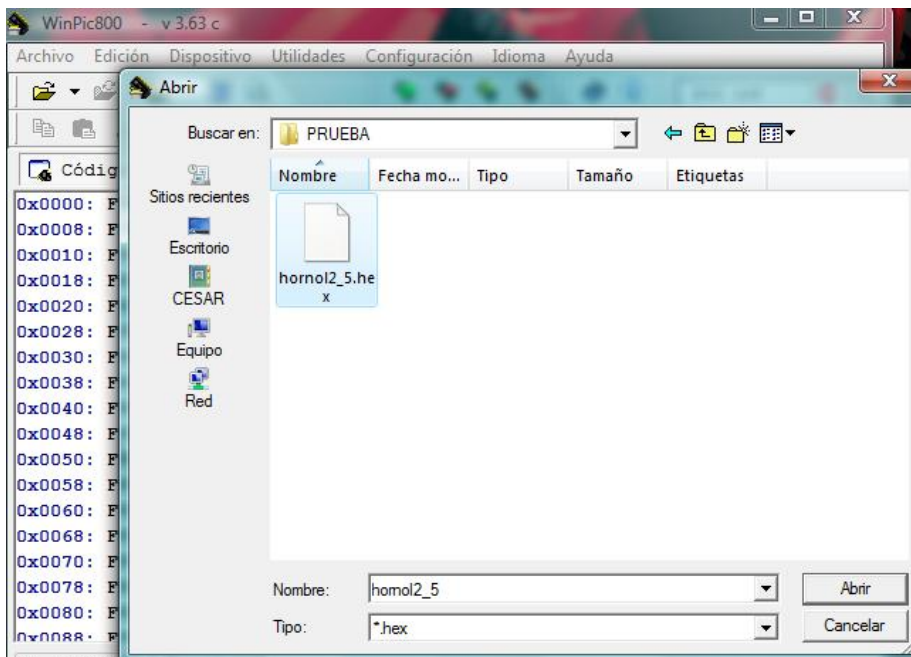
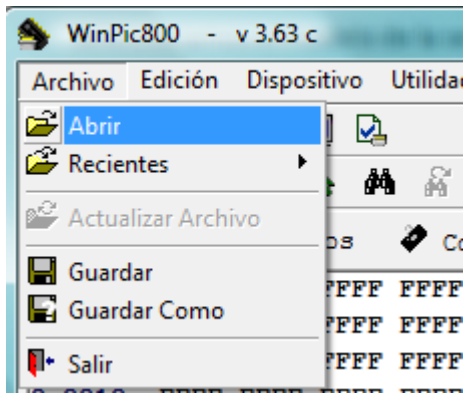
Seleccionamos la serie del PIC utilizado en nuestro caso el 18F



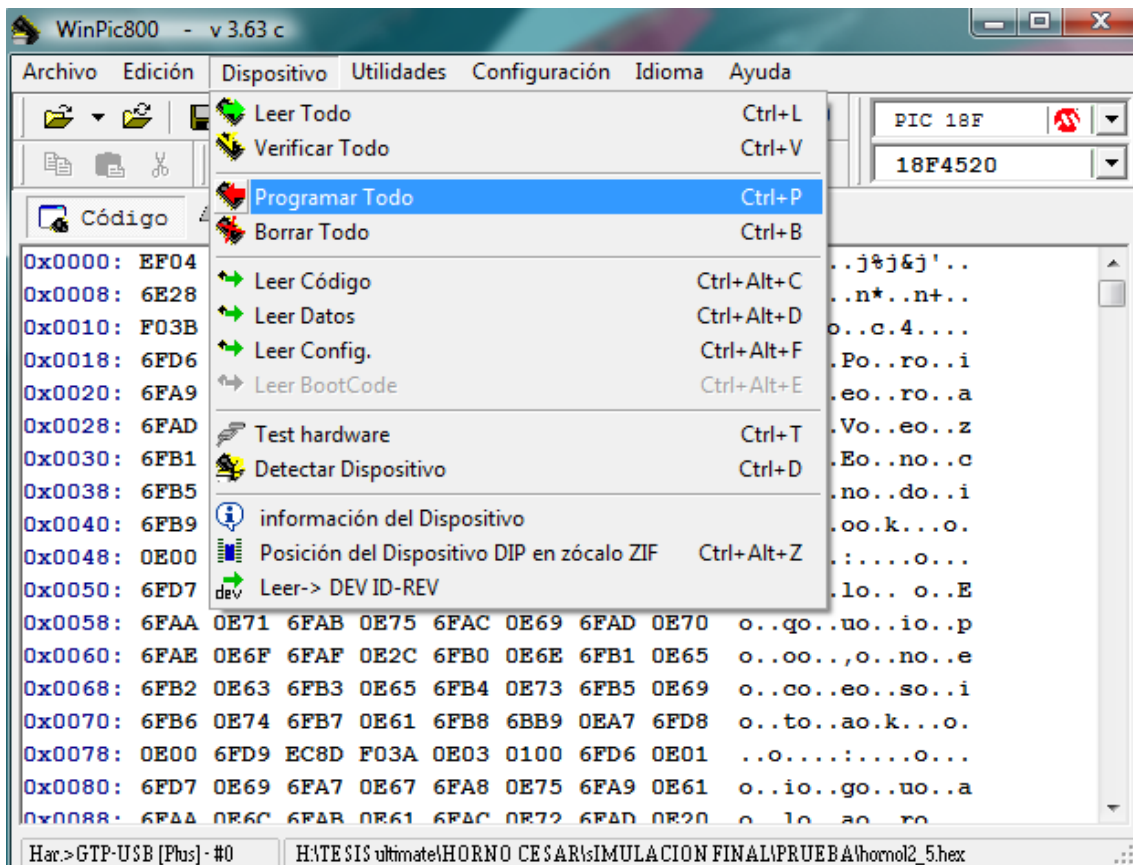
Seleccionamos el modelo de la serie en nuestro caso 452



Abrimos el archivo con extensión .hex producto de la compilación en el programa MikroBasic



Damos click en **Programar Todo** dentro de la pestaña **Dispositivo**



Esperamos que termine de grabar el micro



Podemos comprobar la grabación con los diferentes comandos que para el efecto se encuentran en la pestaña **Dispositivo**

6. INSTALACION DEL SISTEMA DE CONTROL

Una vez realizados y verificados:

- El diseño de la tarjeta de control, el diseño del sistema de control periférico es decir pantalla, teclado y tarjeta de potencia; su construcción física.
- El programa en alto nivel con su respectiva simulación y posterior grabado en el micro

Se procede al ensamblaje de todo el sistema dentro de un chasis, para lo cual existe en el mercado de componentes electrónicos varias alternativas en forma de cajas plásticas, de las cuales se eligió una debido a sus dimensiones adecuadas y material aislante ver tabla y figura.

DIMENSIONES CAJA PLASTICA COMERCIAL		
ALTO[mm]	ANCHO[mm]	PROFUNDIDAD[mm]
220	170	95

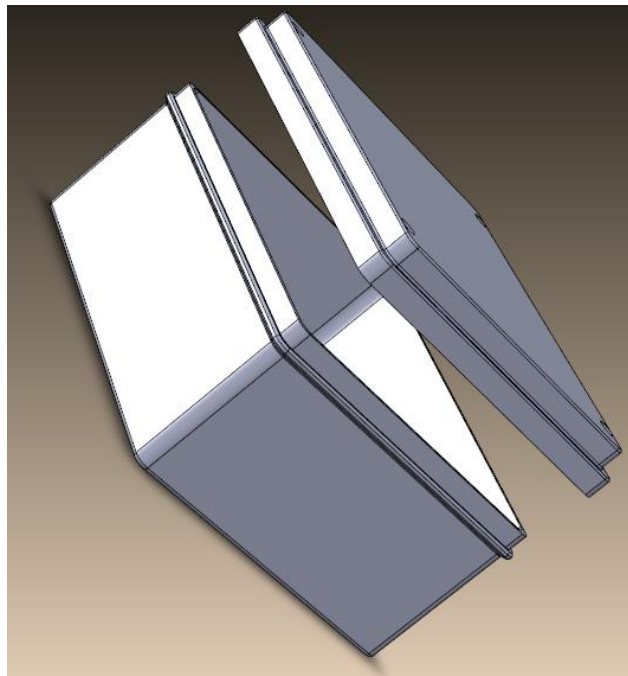


Ilustración 71 CAJA PLASTICA

De esta caja se comprarán 2, una para chasis de las tarjetas electrónicas y la otra para los contactores.

La caja destinada para las tarjetas electrónicas debe ser modificada en:

Tapa superior para albergar el LCD alfanumérico de la tarjeta de pantalla, los pulsadores de la tarjeta de teclado y el interruptor de la fuente ATX ver figura

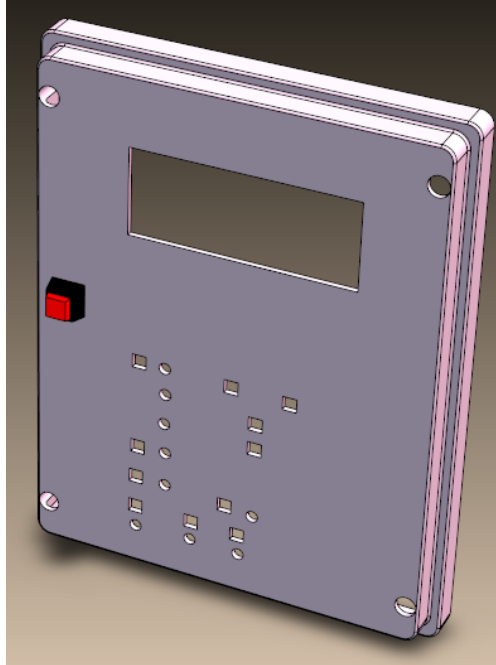


Ilustración 72 TAPA MODIFICADA

CHASIS DE TARJETAS ELECTRONICAS

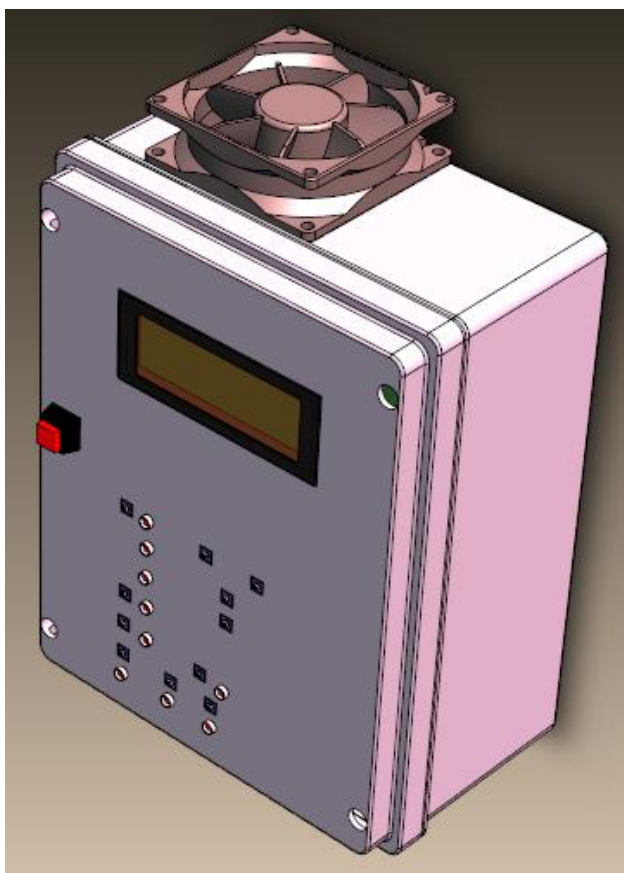


Ilustración 73 CONJUNTO ARMADO

CAJA DE CONTACTORES

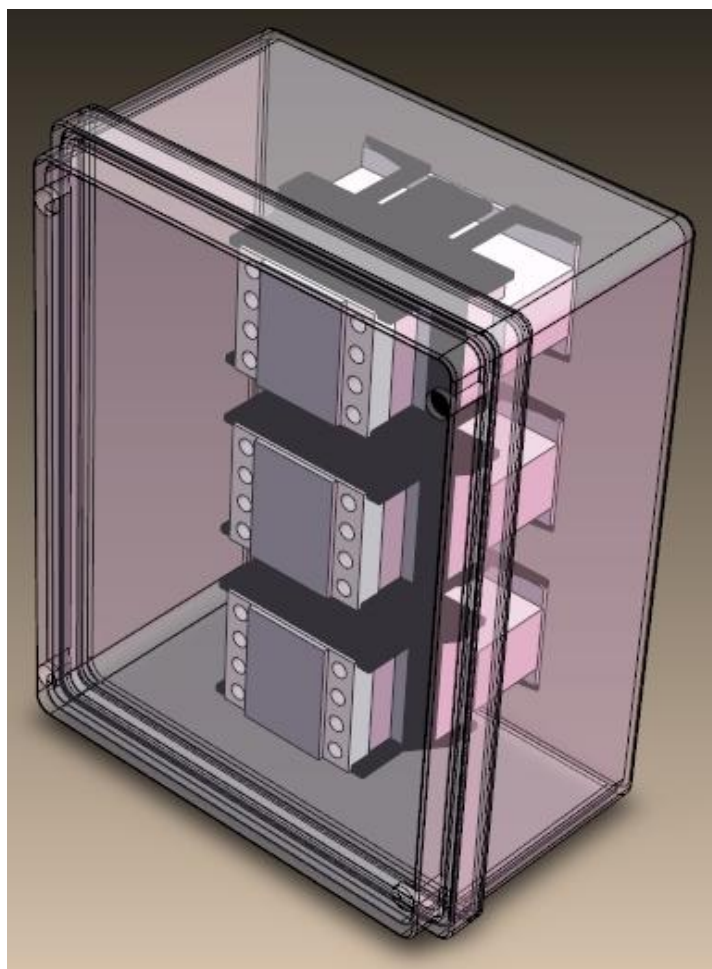


Ilustración 74 CAJA DE CONTACTORES

FUENTE DE PODER ATX

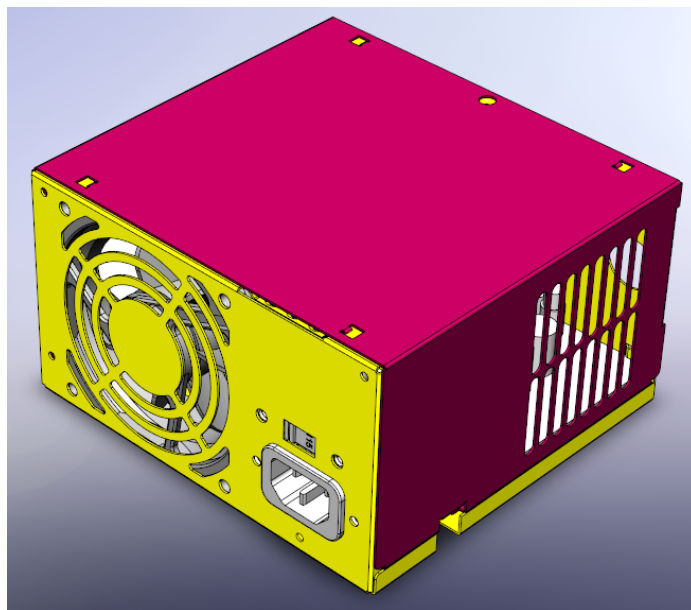


Ilustración 75 FUENTE DE PODER

SISTEMA DE AUTOMATIZACION

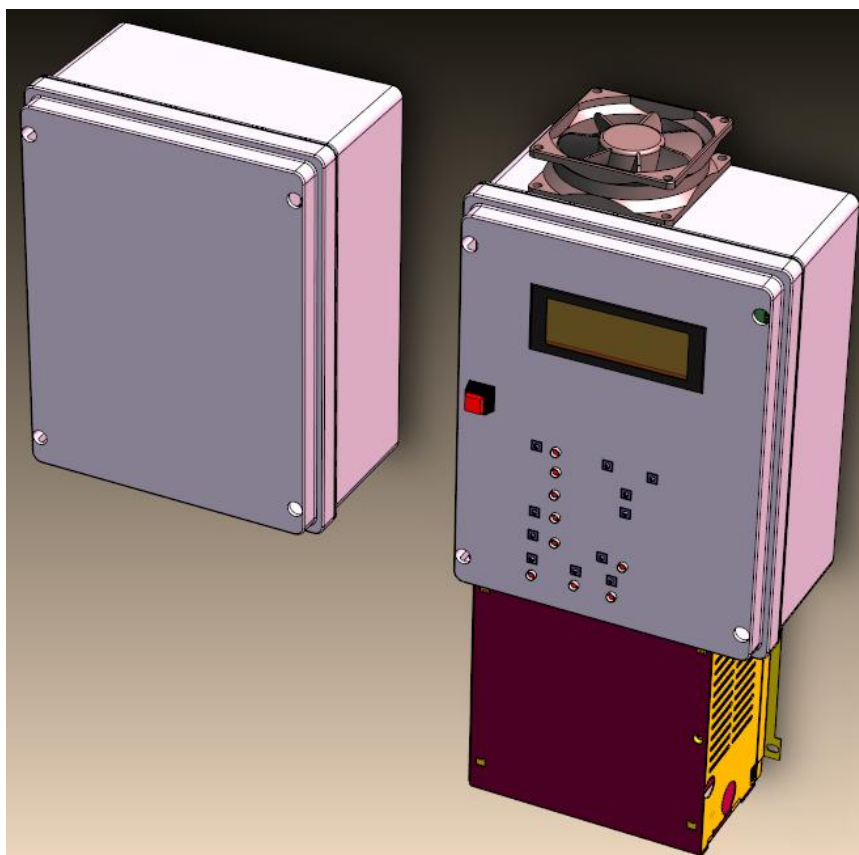


Ilustración 76 SISTEMA DE AUTOMATIZACION ARMADO

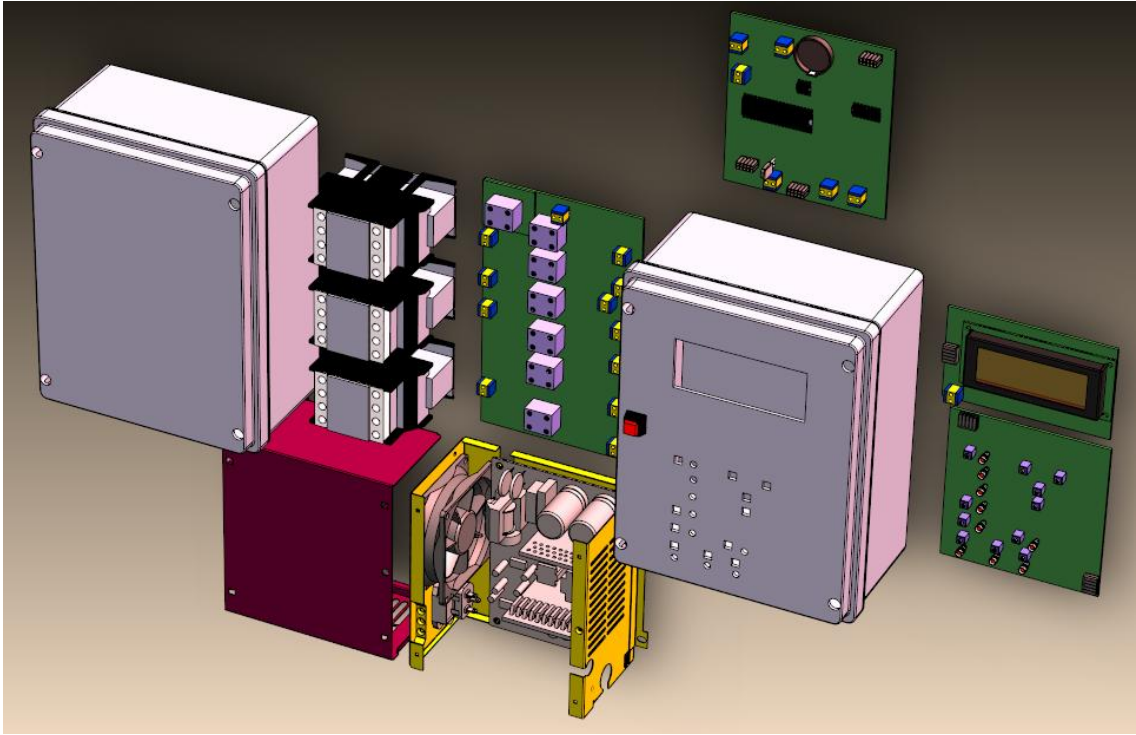


Ilustración 77 SISTEMA DE AUTOMATIZACION EXPLOSIONADO

6.1. INSTALACION A LOS ACTUADORES

En nuestro sistema de control los actuadores plenamente identificados son:

- Electroválvulas
- Calentador
- Turbina
- Rotor

6.2. INSTALACION A LOS SENSORES

En nuestro sistema de control los sensores plenamente identificados son:

- Termocupla tipo K
- Teclado de 11 pulsadores
- Microswitch puerta
- Microswitch bandeja rotatoria

6.3. INSTALACION DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

Realizada la correcta instalación de los actuadores y sensores, se procede a conectar todo el sistema de control a su fuente de alimentación y su disposición física en el horno para su manejo.

Se recomienda al final hacer una revisión final de las conexiones.



Imagen 24 INSTALACION SISTEMA AUTOMATIZACION

Según las especificaciones del datasheet de los anexos A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8,..... la temperatura crítica de funcionamiento de los dispositivos electrónicos es de 85°C , debido a que el lugar de ubicación en el horno del sistema de automatización programable determinó una temperatura máxima de 63°C en condiciones extremas, concluimos que el sistema no necesita de un aislamiento térmico

7. FUNCIONAMIENTO Y PRUEBAS DEL SISTEMA CONJUNTO

Realizada la instalación del sistema de control se procede a su encendido y pruebas de funcionamiento

7.1. ENCENDIDO

El encendido del sistema de control se realiza mediante un interruptor rojo que activa la fuente de alimentación de 5V y 12V, este es el mismo que sirve para apagar el sistema

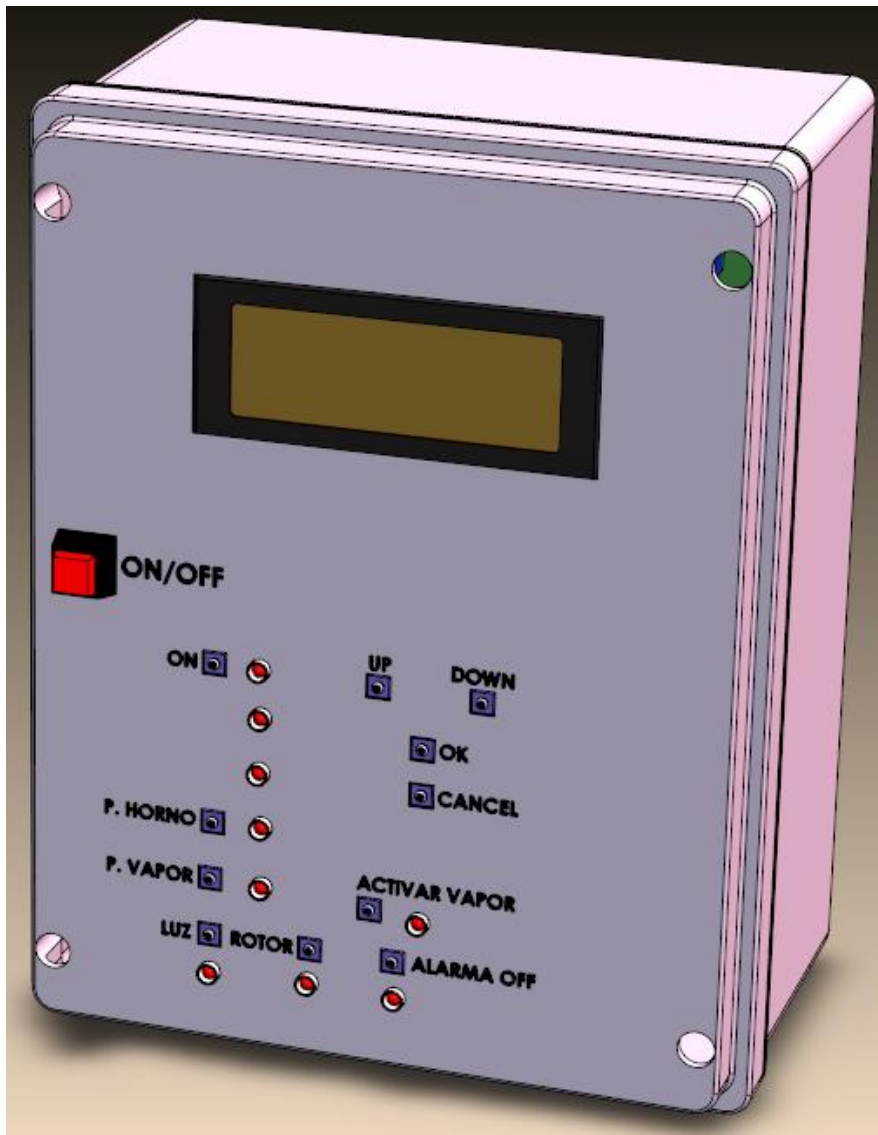


Ilustración 78 DISTRIBUCION DE BOTONES

7.2. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Encendido el sistema se procede a la prueba de funcionamiento que es la ejecución real de la simulación hecha en el capítulo 5.3, con la diferencia del teclado ya que en el capítulo de simulación se tiene un teclado numérico que simula al real observado en la figura

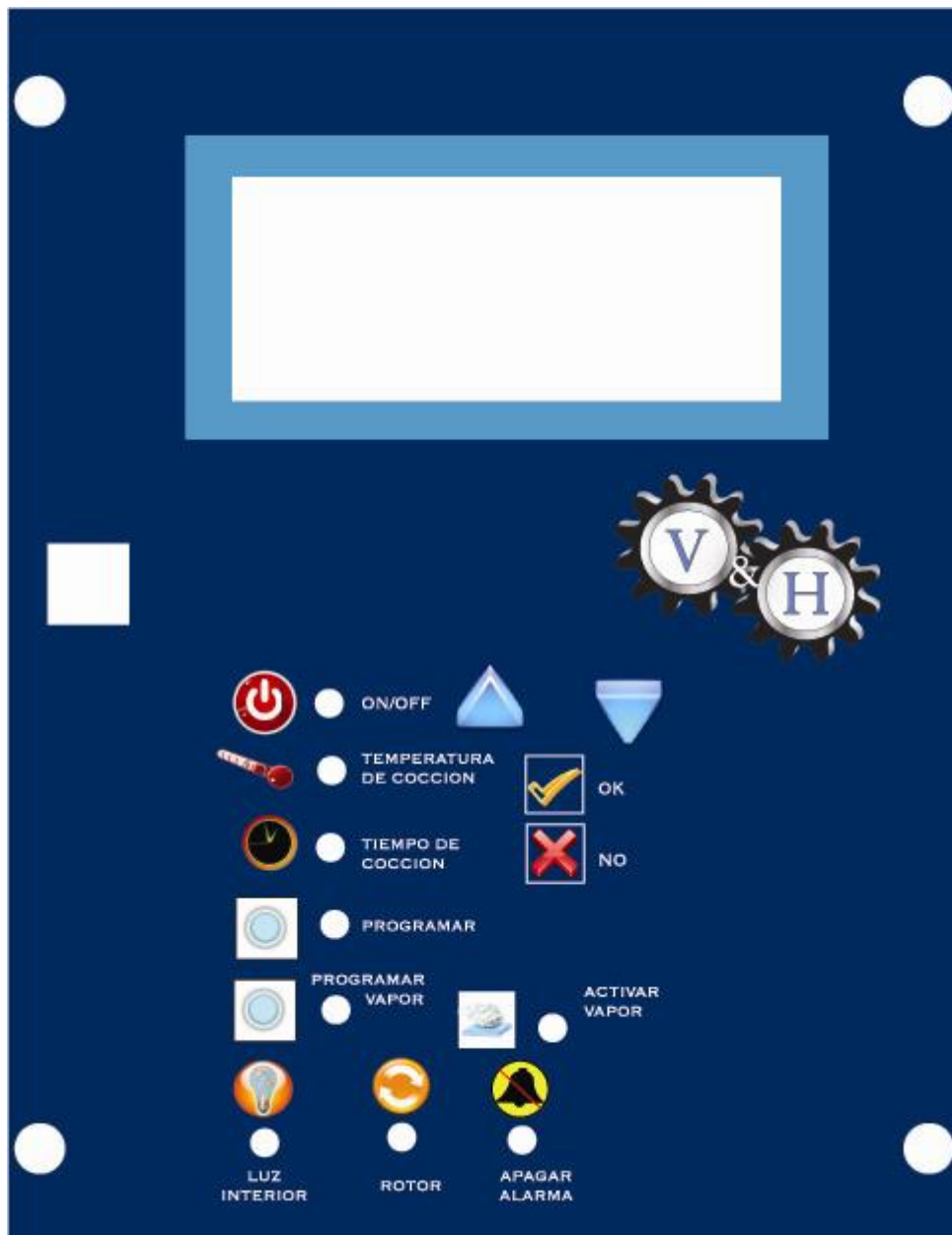


Imagen 25 CALCAMONIA DE CONTROL

Empezaremos con la puerta abierta y la bandeja rotatoria desalineada, ya que son los casos críticos que necesitan ser comprobados mediante la validación

del funcionamiento adecuado de las seguridades introducidas en la programación



7.2.1. SETEAR EL RELOJ

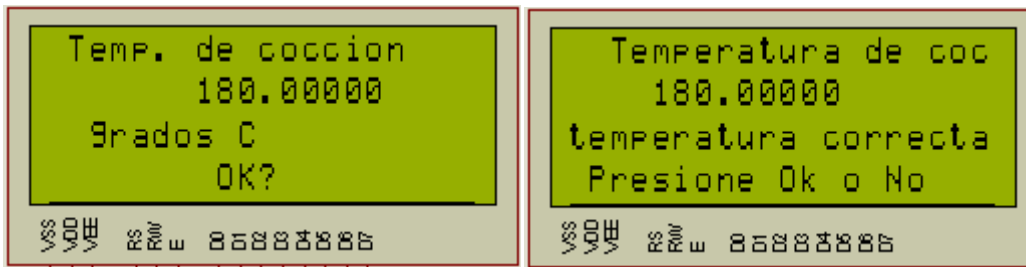


Se confirma

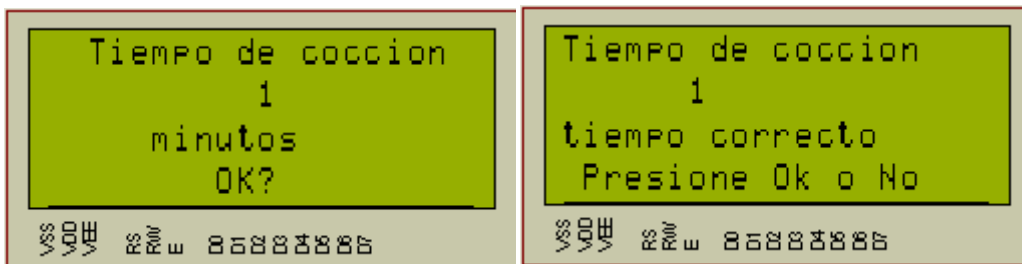
7.2.2. PROGRAMAR HORNO

Mediante el pulsador correspondiente que tiene 2 funciones:

a) TEMPERATURA DE COCCIÓN (PRESIONAR UNA VEZ)

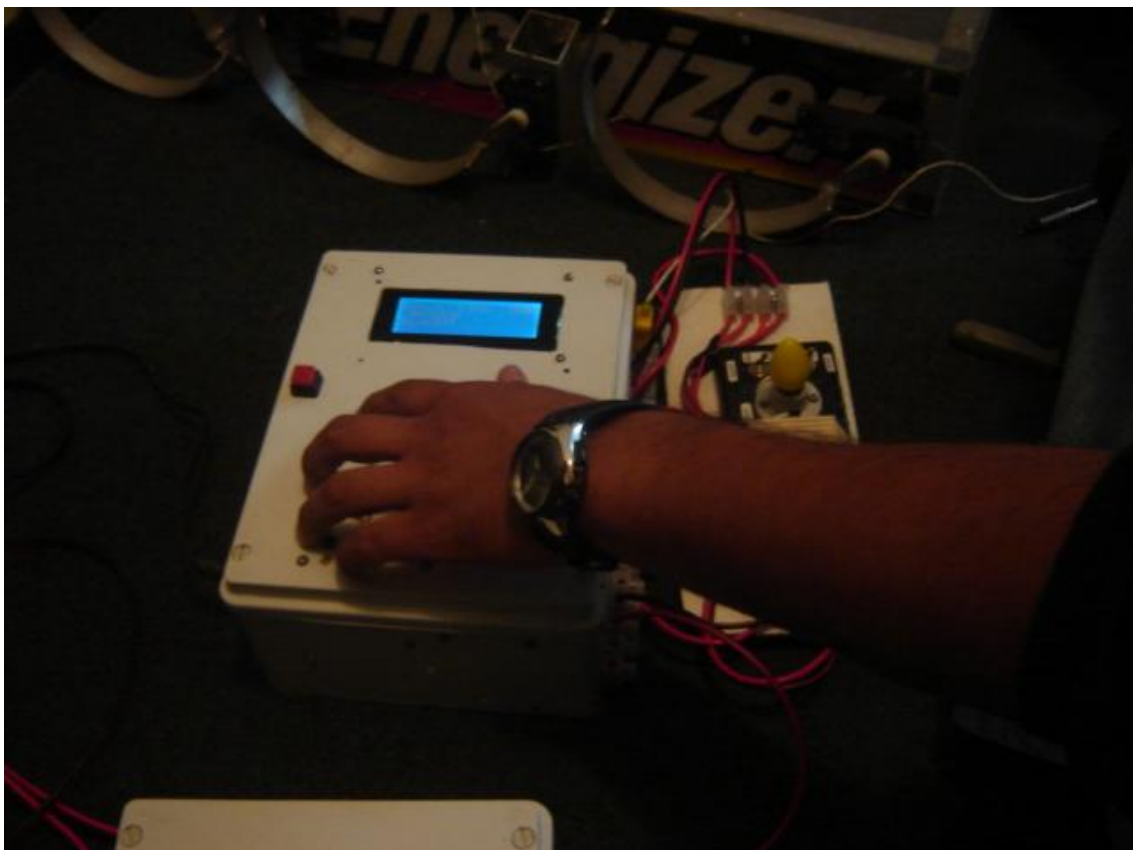


b) TIEMPO DE COCCIÓN (PRESIONAR 2 VECES)

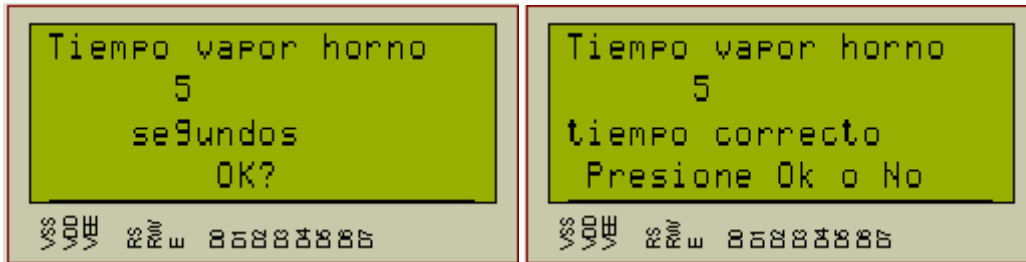


7.2.3. PROGRAMAR VAPOR

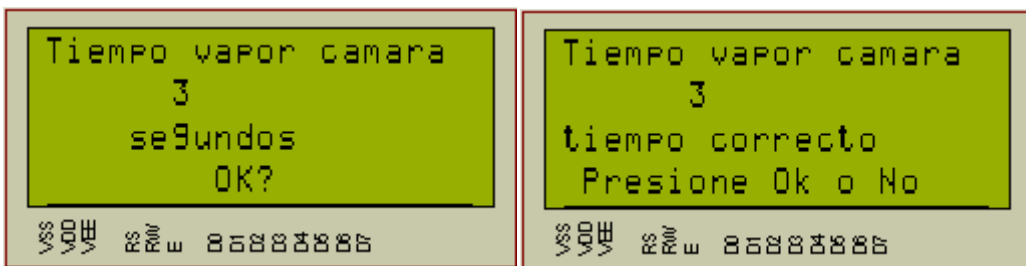
Se puede programar el vapor en la cámara del horno ó cámara de leudo



HORNO

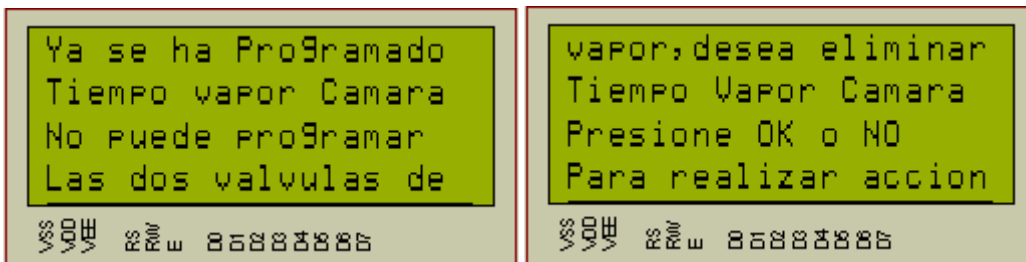
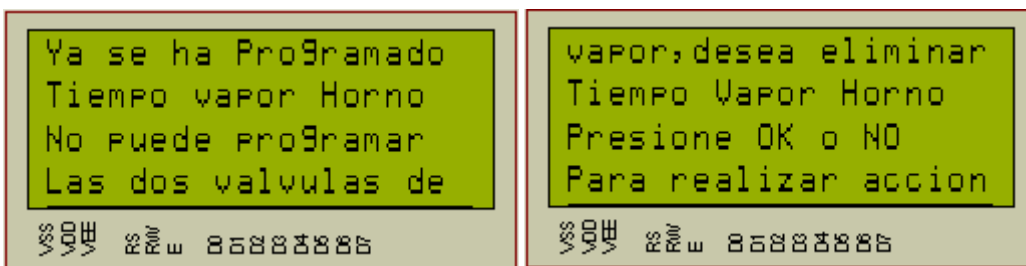


CAMARA DE LEUDO



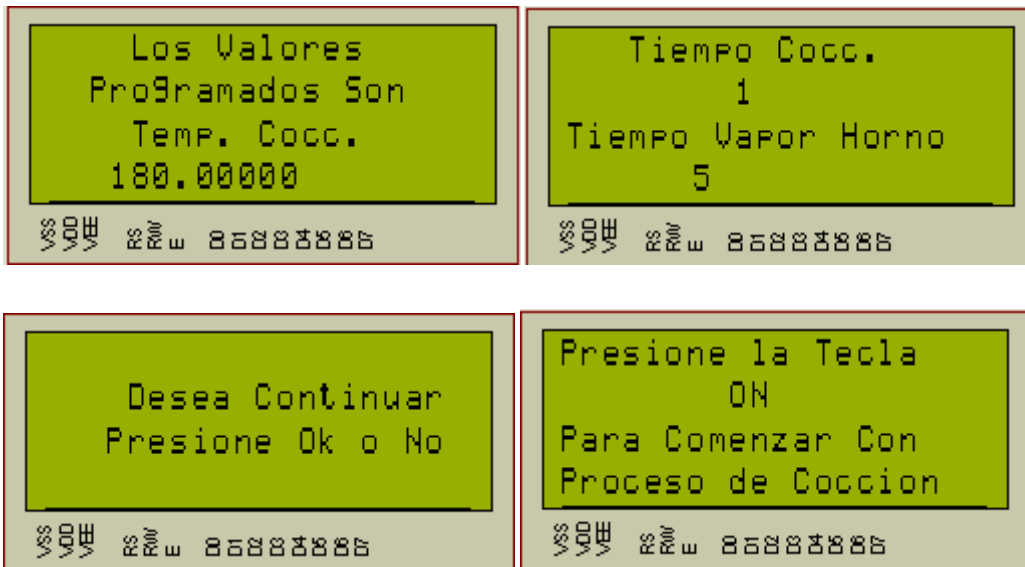
RESTRICCIÓN

Debido a que se puede activar el vapor del horno ó el vapor de la cámara de leudo, no ambos a la vez, se debe programar una restricción para el uno si se activa el otro y viceversa.

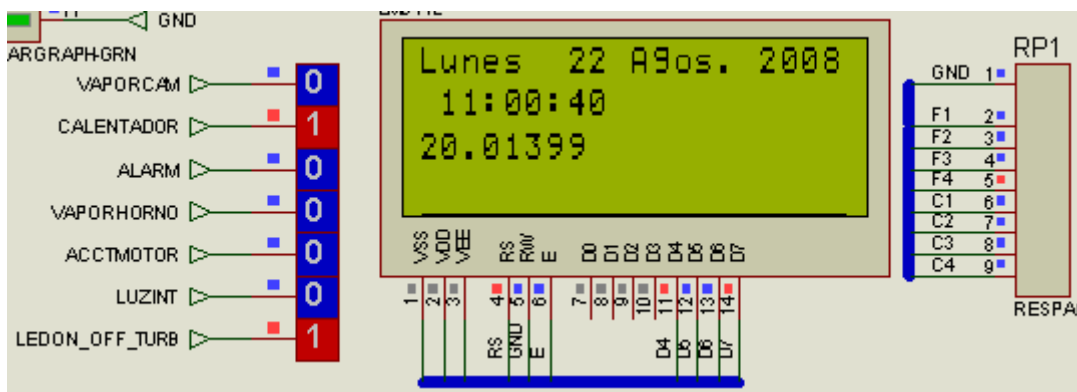
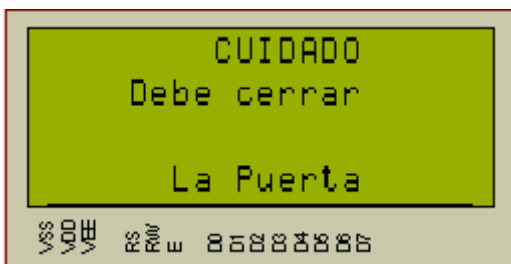


7.2.4. EJECUTAR EL PROGRAMA DEL HORNO

Realizada la programación del proceso se puede ejecutar el mismo presionando la tecla ON/OFF



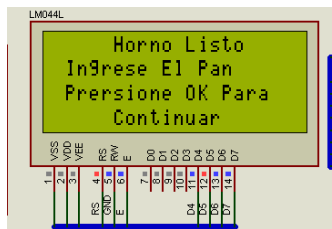
Al presionar la tecla ON/OFF debido a que la puerta está abierta se despliega un mensaje de advertencia que amerita que la puerta esté cerrada para continuar con el proceso



La turbina distribuye el calor generado por todo el horno y el calentador eleva la temperatura, de la que se encuentre en ese momento a la programada, momento en el cual se comprobará mediante el sensor de posición (VIÑETA) el correcto alineamiento de la bandeja de pan para que este pueda ingresar, lo que sucede cuando este se encuentra activado, solo entonces sonará la alarma para que el operario se alerte de que el horno llegó a la temperatura deseada.

Cabe indicar que si la puerta se abriese mientras se alcance la temperatura programada, por seguridad del o los operarios el proceso se suspenderá hasta que cierre la puerta

Alcanzada la temperatura programada se debe apagar la alarma para poder continuar



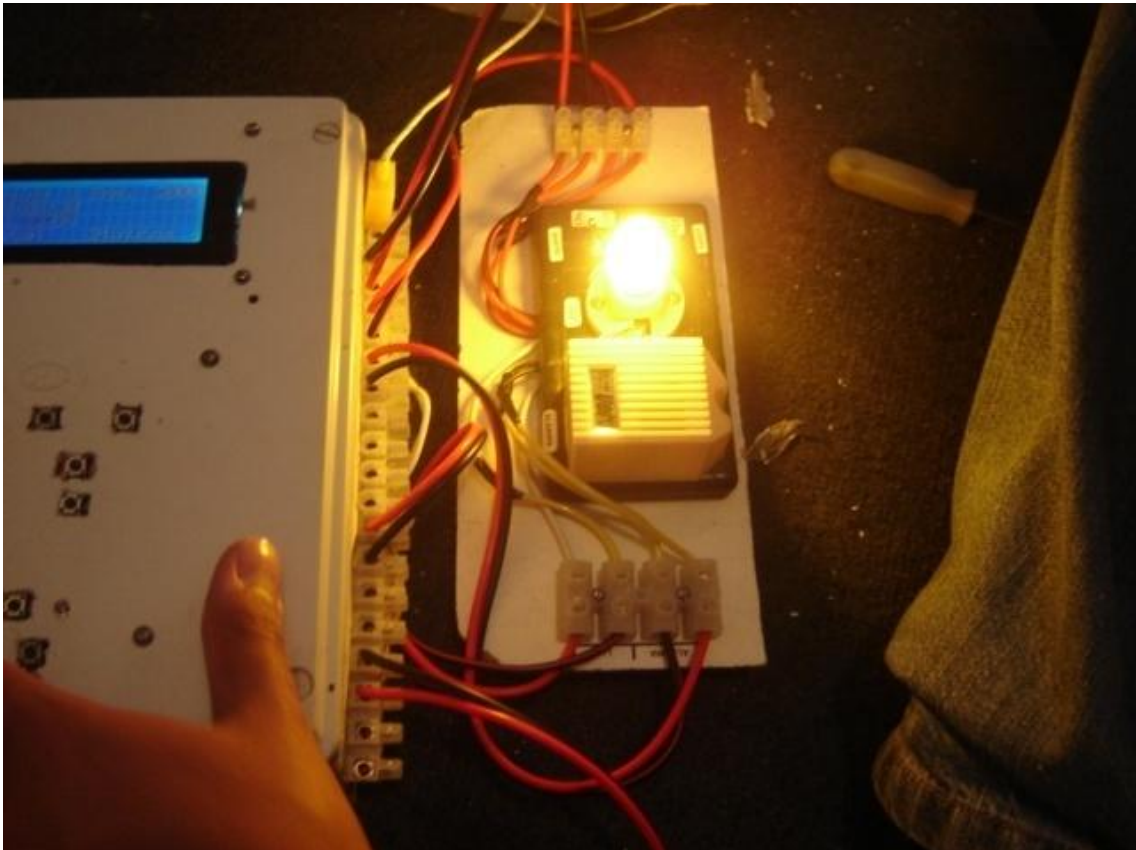
Si la puerta estuviera abierta luego de ingresar el pan deberemos cerrarla para poder continuar con el proceso el cual continuará por el tiempo programado



Si baja la temperatura se activa el calentador

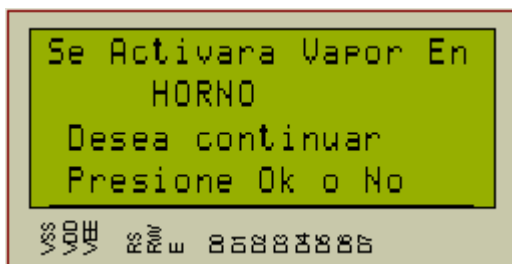
Podemos encender EL ROTOR

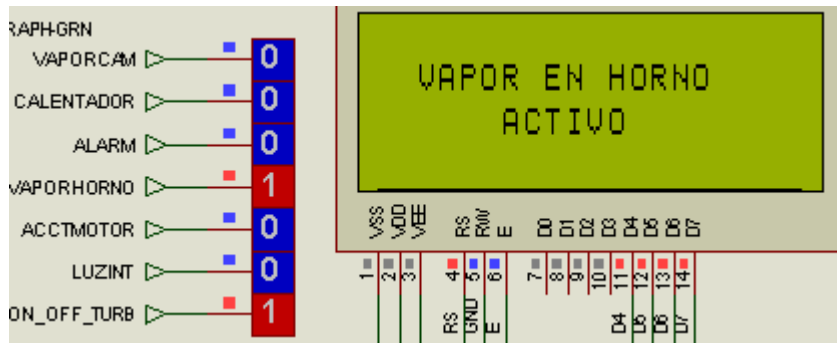
Se puede encender la luz interior del horno



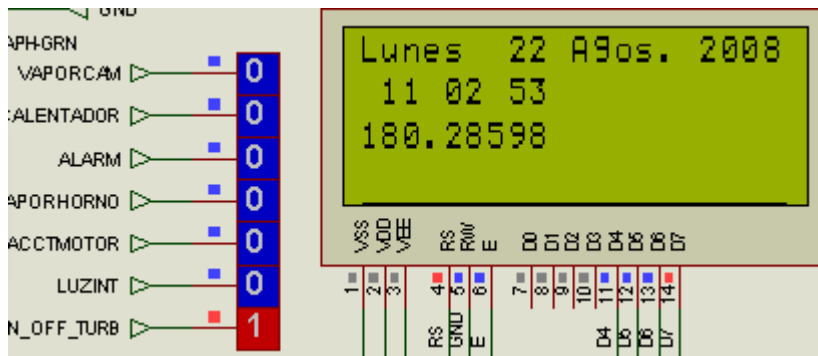
Se puede desactivar el rotor y la luz en cualquier momento

7.2.5. ACTIVAR VAPOR

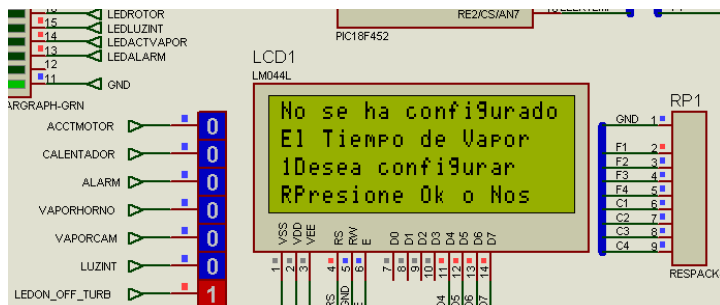




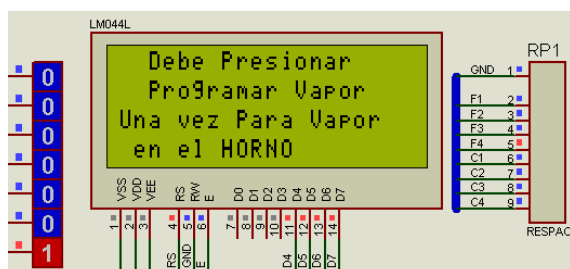
Pasado el tiempo programado se desactivará el vapor

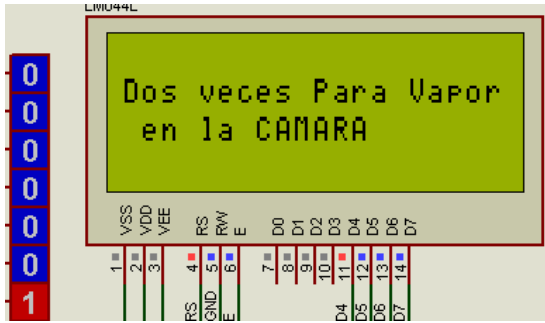


Si no se hubiera programado el vapor y se presionara la tecla de **ACTIVAR VAPOR**

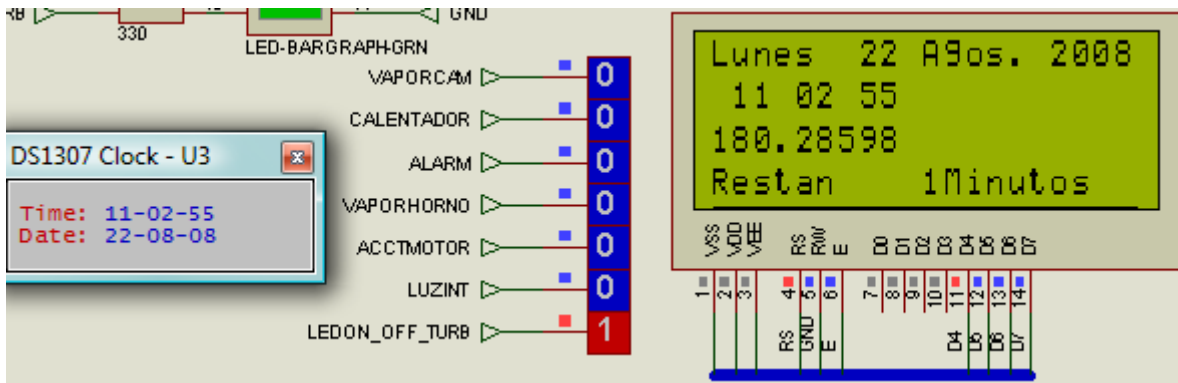


Si presiona OK



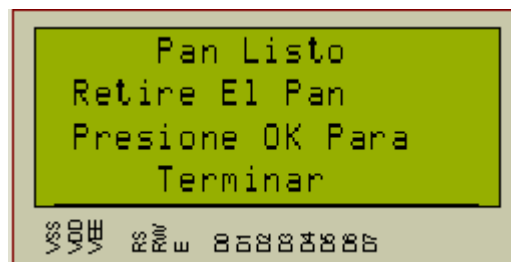


En este momento podremos programar vapor de HORNO o CAMARA DE LEUDO Si presionamos NO continuará el proceso

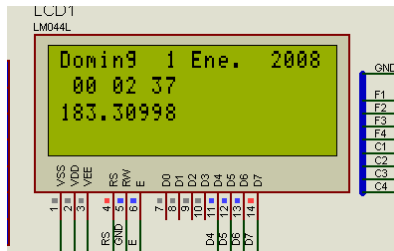


7.2.6. FINALIZACIÓN

Transcurrido el tiempo programado sonará la alarma la apagaremos y nos saldrá un mensaje



Cabe recalcar que si la VIÑETA no se encuentra alineada para poder retirar el pan se activará el rotor hasta que se alinee la bandeja para poder retirar el pan



8. ANALISIS ECONOMICO FINANCIERO

8.1. ANALISIS ECONOMICO

Para realizar el análisis económico es necesario establecer los costos directos e indirectos que implicaron la construcción del proyecto. A continuación se detallan estos costos.

8.1.1. DETERMINACIÓN DE COSTOS.

Para la determinación de los costos vamos a tomar en consideración los más relevantes que intervienen en un análisis económico.

8.1.1.1. COSTOS DIRECTOS

a) MATERIA PRIMA DIRECTA

Son todos aquellos ítems que se encuentran presentes en el producto final que es el “Sistema de control programable para automatizar un horno industrial de pan fabricado por la empresa Vallejo e Hijos Cia. Ltda.” En la tabla siguiente se detallan los costos de materia prima directa. Ver [ANEXO C1](#), Tabla C1A.

b) MANO DE OBRA DIRECTA.

Costos directos respecto a la fabricación del “Sistema de control programable para automatizar un horno industrial de pan fabricado por la empresa Vallejo e Hijos Cia. Ltda.”. Ver [ANEXO C1](#), Tabla C1B.

8.1.1.2. COSTOS INDIRECTOS

a) MATERIALES INDIRECTOS.

Estos costos no forman parte del conjunto pero son ítems que intervienen indirectamente. Ver Tabla 38.

b) **MANO DE OBRA INDIRECTA.** Son costos que intervienen indirectamente en la fabricación del conjunto. Ver Tabla 39.

c) **IMPREVISTOS.** En el presente proyecto se considera imprevistos como el 10% de la mano de obra indirecta. Ver Tabla 40.

Tabla 41 MATERIALES INDIRECTOS

8.1 Materiales indirectos					
n.-	Materiales	Descripción	Cantidad	Precio	Total
1	Hoja térmica		5	0,70	3,50
2	Impresión	couche plastico	2	3,20	6,40
3	Broca	1/8 plg	2	0,75	1,50
4	Papel Contac		1	1,42	1,42
5	Cloruro ferrico	Fundas	6	0,40	2,40
6	Papel Termico		4	1,90	7,60
7	ROLLO DE ESTAÑO		1	0,50	0,50
8	Copias		10	0,02	0,20
9	Energia electrica	kws/hora	42	0,04	1,68
				Total:	25,20

Tabla 42 MANO DE OBRA INDIRECTA

Cantidad	Detalle	Unidad	Valor Unitario	Valor Total
30	Director	horas	15	450
30	Codirector	horas	15	450
4	Transporte	horas	8	32
			Subtotal	932
			IVA	111,84
			Total	1043,84

Tabla 43 IMPREVISTOS

Detalle	Observación	Valor MOI	Valor Total
Imprevistos	10% Mano de obra indirecta	1043,84	104,38

8.1.2. COSTOS DE PRODUCCIÓN

Son todos aquellos rubros que intervienen en el proceso de implementación del bien o servicio, que en nuestro caso se lo presenta en la siguiente Tabla 41.

Tabla 44 COSTOS DE PRODUCCIÓN

Detalle	
Costo de materia prima directa	275,46
Costo de mano de obra directa	92,08
Costo de materiales indirectos	25,2
Costo de mano de obra indirecta	1043,84
Imprevistos	104,384
Costo Total	1540,96

8.1.3. DEPRECIACIÓN

Para el cálculo de la depreciación se realiza las siguientes consideraciones:

- Se establece la depreciación por tasa constante debido a que éste es un método sumamente aproximado para maquinaria industrial como es el caso de los hornos industriales para pan y sus componentes como el Sistema de control programable para automatizarlo
- Número de años de vida útil del equipo: 10 años
- Número de años máximo a depreciarse: $n = 5 \text{ años}$
- Valor inicial del equipo: $V_0 = 1600 \text{ USD}$
- Valor final del equipo: $V_f = 320 \text{ USD}$

Dicho esto se calcula la tasa de depreciación:

$$\phi = 1 - \sqrt[n]{\frac{V_f}{V_0}}$$

$$\phi = 0.2752$$

La depreciación del periodo es:

$$A_i = \phi \cdot V_i$$

Donde V_i es el valor final del periodo.

Elaboramos una tabla para el número de años de vida útil del sistema de combustión. Ver Tabla 42.

Tabla 45 DEPRECIACIÓN POR TASA CONSTANTE

AÑOS	A_i	V_i
0	X	1600
1	440,353	1159,647
2	319,159	840,489

3	231,32	609,169
4	167,656	441,513
5	121,513	320

Graficando la tabla anterior se obtiene el siguiente gráfico:

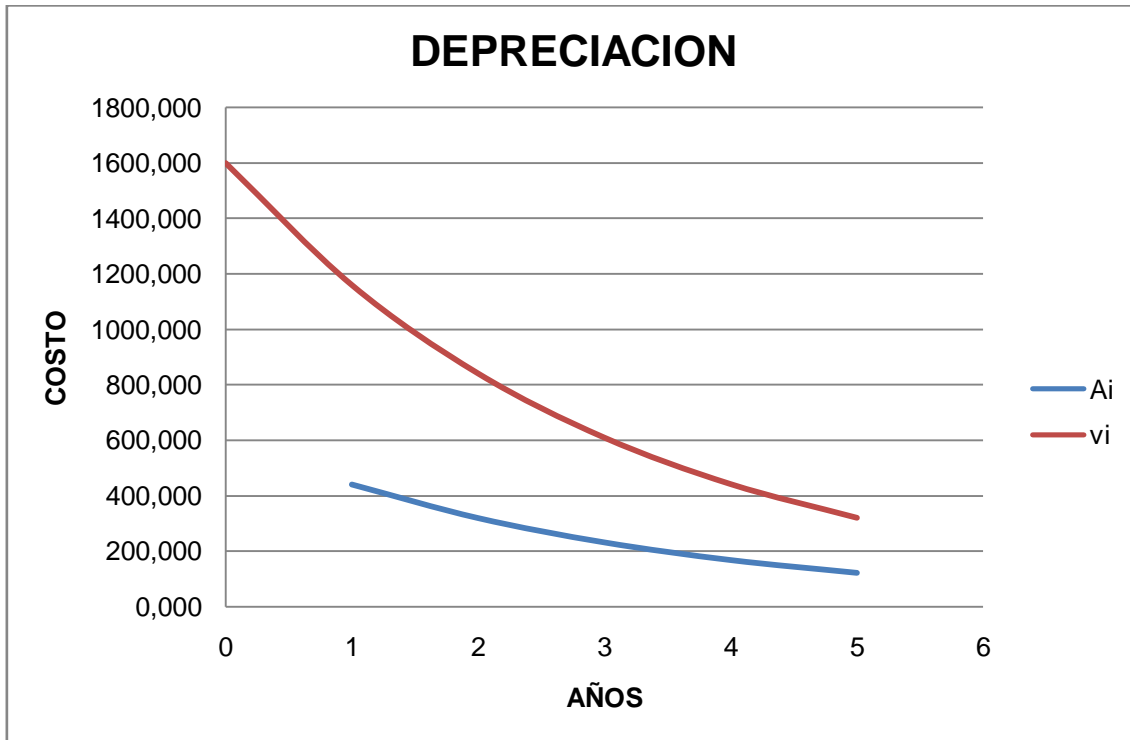


Ilustración 79 DEPRECIACIÓN DEL EQUIPO

8.2. ANALISIS FINANCIERO

8.2.1. INGRESOS

Debido a que el sistema controlador forma parte del equipo industrial como un todo no es posible comercializar el servicio que presta, por tanto se considera como ingresos a la inversión inicial 1540,96 como se muestra en la Tabla 43.

Tabla 46 INGRESOS

Ingresos			
Período	Inversión (USD)	Servicio (USD)	Total (USD)
0	1540,96	0	1540,96
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0	0
7	0	0	0
8	0	0	0
9	0	0	0
10	0	0	0
			1540,96

8.2.2. EGRESOS.

Se toma en cuenta una cuota anual para recuperar la inversión, y otros costos de mantenimiento, insumos y repuestos. Ver [ANEXO C1](#), Tabla C1C.

8.2.3. FLUJO DE CAJA NETO.

Haciendo una evaluación de ingresos y egresos se obtiene el FCN que es un indicador financiero importante que permite determinar la rentabilidad de este proyecto, como se ve en la Tabla 44.

Tabla 47 FLUJO DE CAJA NETO

FCN			
Período	Ingresos (USD)	Egresos (USD)	FCN (USD)
0	1540,96	0	-1540,96

1	0	165	165
2	0	165,35	165,35
3	0	165,72	165,72
4	0	166,1	166,1
5	0	166,51	166,51
6	0	166,93	166,93
7	0	167,38	167,38
8	0	167,85	167,85
9	0	168,34	168,34
10	0	168,86	168,86

8.2.4. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) Y VALOR ACTUAL NETO (VAN).

Ambos son indicadores económicos de la rentabilidad del proyecto. El valor de dichos indicadores se obtuvo a partir de funciones utilizadas en EXCEL. Estos valores se muestran a continuación.

Tabla 48 FLUJO DE FONDOS

PERÍODO	FLUJO DE FONDOS
0	-1540,96
1	165
2	165,35
3	165,72
4	166,1
5	166,51
6	166,93
7	167,38
8	167,85
9	168,34
10	168,86

TIR
1.,46 %

VAN
\$ 518,04

Un valor del TIR del 1,46 % significa una recuperación de la inversión en un período menor al de su vida útil que es de 10 años como se mencionó anteriormente. El valor del VAN de igual forma no es suficientemente prometedor ya que es significa una recuperación tardía del capital inicial; por lo tanto es necesario incrementar a su valor inicial un 30% de utilidad para definir el precio de venta como PVP. \$2000 USD.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1. CONCLUSIONES

La ventaja con respecto a la versatilidad de un sistema de automatización basado en microcontrolador

En el mercado existen suficientes chips para el acondicionamiento de señal de sensores específicos

La convección forzada disminuye el tiempo en que la cámara de pan alcanza un estado isotérmico

El mercado para sistemas de control programable en la industria nacional tiene una gran demanda

La programación en alto nivel y los PIC abren este tipo de aplicaciones para ingenieros con iniciativa de investigación

Los beneficios obtenidos con la culminación de este proyecto son la experiencia adquirida en el diseño, construcción, ensamblaje e implementación de sistemas de automatización, la cual nos califica para proyectos de aplicación en cualquier rama de la industria nacional, dada la gran demanda de estas soluciones de automatización.

9.2. RECOMENDACIONES

La correcta selección del PIC

Investigar siempre sobre chips para acondicionamiento de señal de los sensores y su disponibilidad comercial

Saber la carga que tendrá el micro para asignar el dispositivo adecuado para su alimentación DC

Se recomienda como diseño alternativo a la fuente ATX, el uso del regulador de alto desempeño MC33167T, cuando este tenga una disponibilidad comercial fiable en nuestro país.

BIBLIOGRAFIA

Reyes, Carlos A. 2006. Microcontroladores PIC programación en BASIC, segunda edición

G. Blokh. Heat Transfer in steam boiler furnaces. Central Boiler and Turbine Institute, Leningrad, USSR, 1988.

Siegel Robert, R. Howell J. Thermal Radiation Heat Transfer. Fourth Edition. Editorial Taylor and Francis. U. S. A., 2002.

José M. Angulo Usategui, Ignacio Angulo Mtz. "Microcontroladores Pic, Diseño práctico de aplicaciones" Mc Graw Hill

Héctor Ulises R. M. "Como configurar microcontroladores Microchip PIC18XXX", Gaceta universitaria, UAA. Abril 2002, pag 22-23

Noé Rdz.; Judith R. "A comparison of microcontrollers Vs. microprocessors" Digital Specialist Conference 2000. PESC. 2000 IEEE 20nd Annual, vol XII

WEB CONSULTADAS

www.microchip.com

www.datasheetcatalog.com

www.foroselectronica.es/f58/max6675-convertidor-thermocouple-digital-994.html

www.yoreparo.com/foros/reparacion_de_computadoras/125443.html

www.neoteo.com/mikrobasic-primera-parte.neo

www.maxim-ic.com/quick_view2.cfm/qv_pk/3149/t/al

NOMENCLATURA

QD	= QUEMADOR A DIESEL
MR	= MOTOR REDUCTOR
MT	= MOTOR DE TURBINA
EV	= ELECTROVALVULA
AL	= ALARMA
LP	= LIMITADOR DE PUERTA
LR	= LIMITADOR DE ROTOR
Tec	= Temperatura de cocción
TiC	= Tiempo de Cocción
TTC	= Temperatura de la Termocupla
TiV	= Tiempo de encendido de la electro válvula
Cal/H	= Calorías por hora
Kw/h	= Kilowatio por hora
kg/H	= Kilogramo por hora
G/H	= Gramo por hora
HP	= Horse power
mV	= Mili voltio/s
V	= Voltio/s
m	= Metro/s

mA	= Miliamperio/s
A	= Amperio/s
Kb	= kilobytes
°C	= Grados centígrados
°F	= Grados Fahrenheit
MHz	= Mega hertz
Cu	= cobre
Ni	= Nickel
ΔT	= Variación de temperatura
ΔV	= Variación de voltaje
DC	= Corriente directa
VDC	= Voltios en corriente directa
PID	= Proporcional Integral Derivativo
PLC	= Programmable Logic Controller
PIC	= Peripheral interface Controller
MCLR	= Master clear
A/D	= Análogo a digital
D/A	= Digital a análogo
DCS	= SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO
E/S	= Entradas/salidas
I/O	= Input/output
RAM	= Random acces memory

ROM = Read only memory

EPROM = Erasable Programmable Read Only Memory

EEPROM = Electrically Erasable Programmable Read Only Memory

RTD = Resistive temperature detector Resistor térmico

f.e.m = Fuerza Electromotriz

NA = Normalmente abierto

NO = Normalmente open

NC = Normalmente cerrado / close

ANEXOS

A1. PIC18F452

EL MICROCONTROLADOR PIC18F452.

Este integrado de la familia PIC, forma parte de los circuitos integrados de Microchip Technology Inc., que pertenece a la categoría de los microcontroladores. Presenta características muy versátiles que le permiten aplicaciones en un gran número de variedades.

Características Técnicas:

- Memoria Flash de 32 Kbytes.
- Número de instrucciones: 16384.
- RAM (incluida) de 1536 bytes.
- Datos EEPROM 256 bytes.

Características Periféricas:

- Posee 5 puertos I/O, de 8 bits, menos el puerto A que sólo tiene 7 bits.
- Compatibilidad A/D de 10 bits.
- Tiene un generador de oscilación que le brindan características de timer.

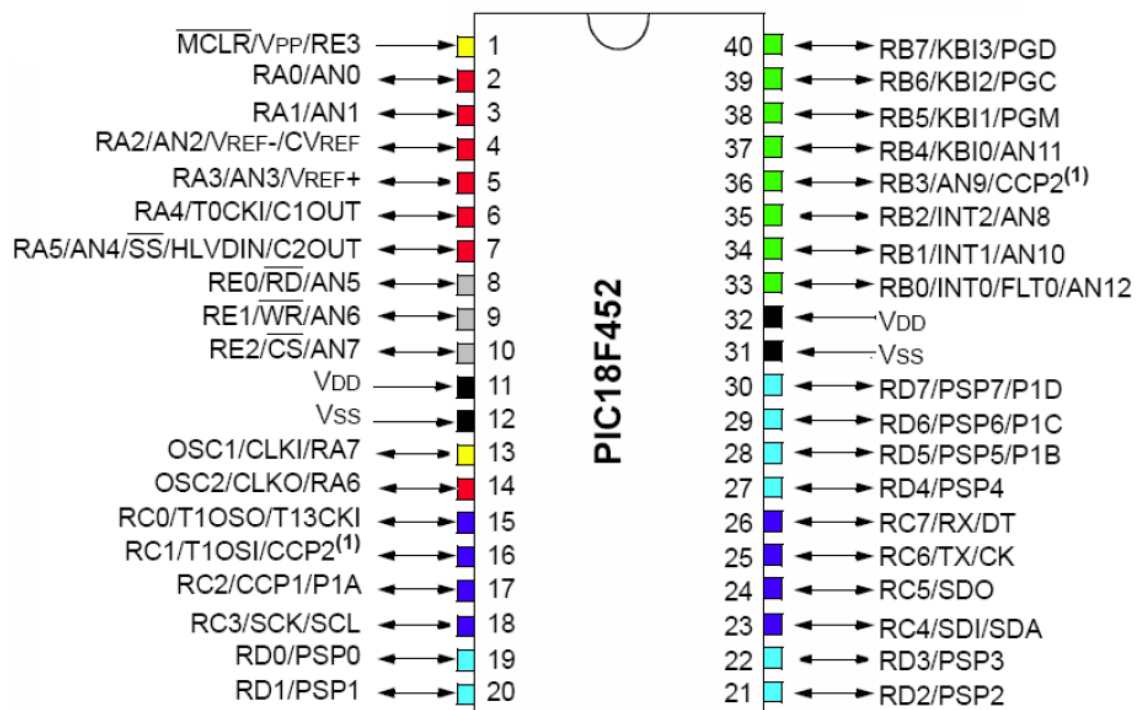
Características Generales

- Código compatible con la familia 16 y 17 de los PIC
- Reloj que puede trabajar por encima de 10 MIPs.

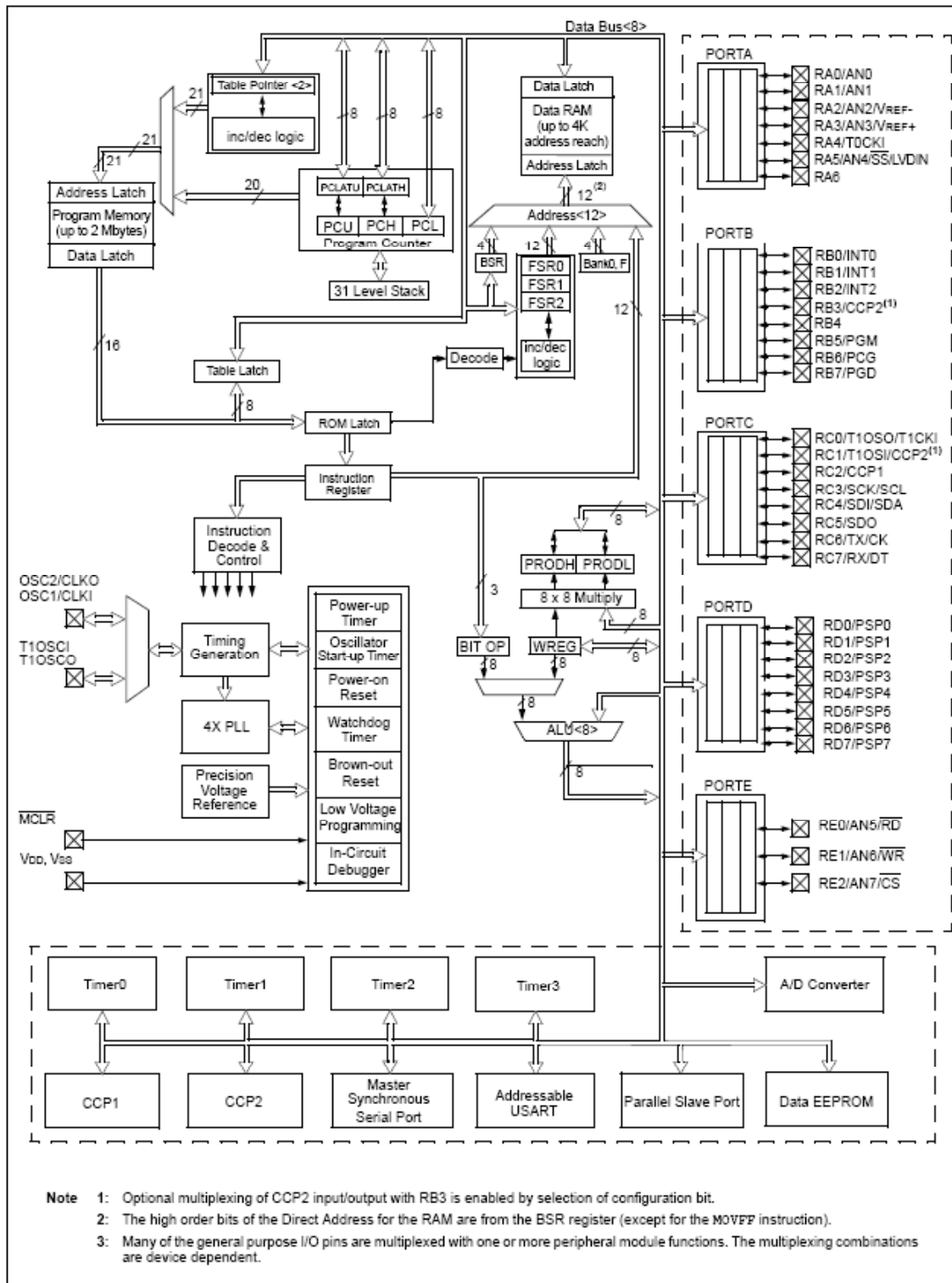
- Uso de cristal de 40 Mhz.
- Cristales de 4 Mhz a 10 Mhz utilizando un multiplicador de frecuencia PLL.
- Instrucciones de 16 bits con bus de datos de 8 bits.
- Prioridad de interrupciones
- Multiplicador hardware de 8 x 8 que funciona en un solo ciclo de máquina
- Tres pines para manejo de interrupciones externas.
- Manejo de niveles de corriente de 25 mA. en modo fuente y sumidero
- Timer 1 de 16 bits, Timer 2 de 8 bits.
- Timer 3, (no lo posee la gama media), de 16 bits (65535 conteos) de 16 bits (65535 conteos).
- Dos módulos de ó Captura/Comparación/PWM.
- Módulo de comunicación serial con soporte para RS-485 y RS-232

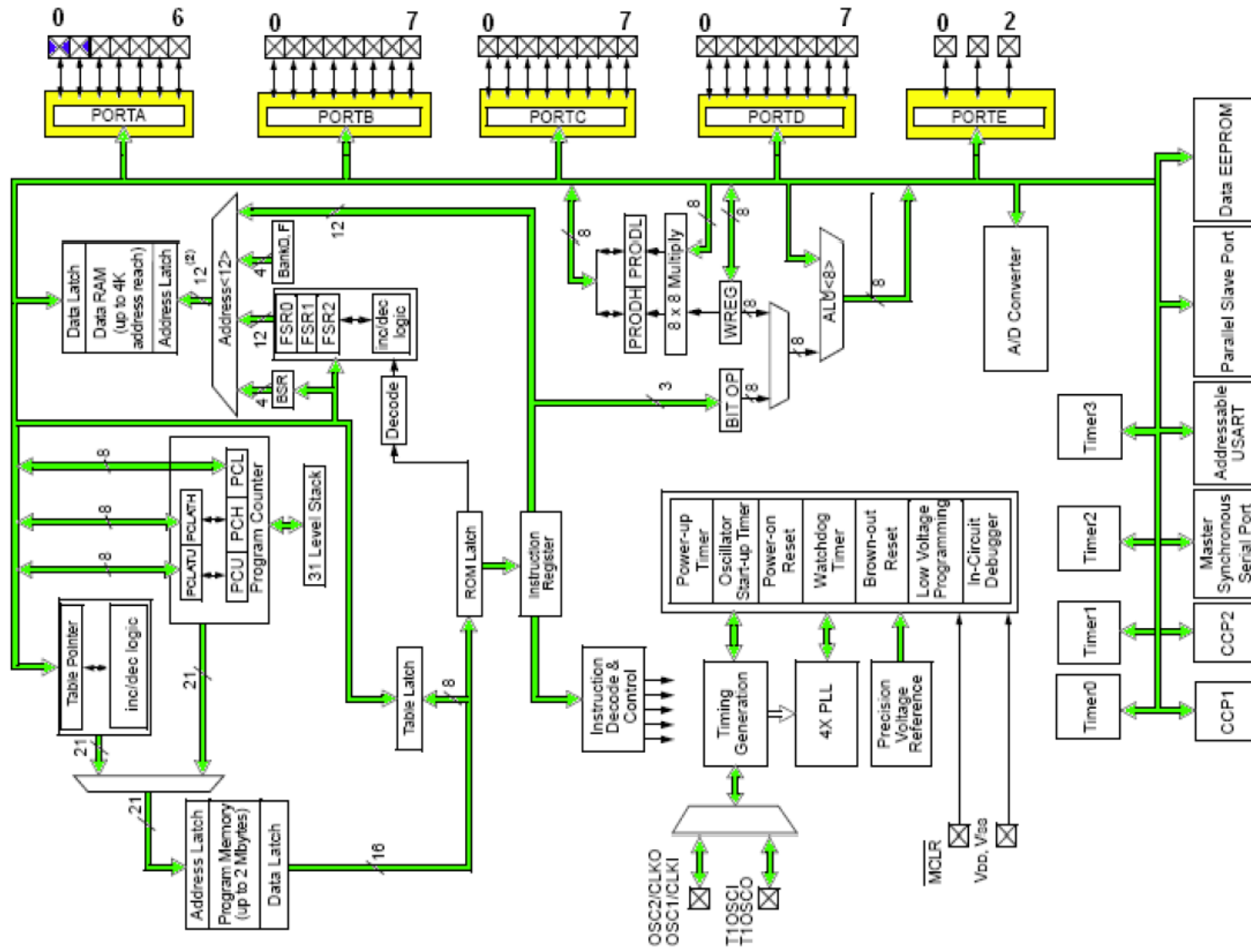
FIGURA 1.1

DIAGRAMA DE PINES



ARQUITECTURA DEL PIC.





Oscilador

Se poseen 3 bits (FOSC2, FOSC1 y FOSC0) para la configuración del tipo de oscilador a utilizar.

LP Cristal de baja potencia.

XT Cristal resonador de cuarzo

HS Cristal resonador de alta velocidad (por encima de 8 Mhz.)

HS + PLL Cristal de alta velocidad con PLL habilitado.

RC Oscilador RC externo.

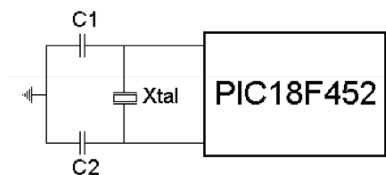
RCIO Resistor externo y capacitor con pin I/O habilitado.

EC Reloj externo.

ECIO Reloj externo con pin I/O habilitado

Oscilador en modo HS, XT, LPV

Una capacitancia elevada, incrementa la estabilidad del oscilador, pero también incrementa los tiempos de inicio del oscilador interno.



Capacitores usados con resonadores cerámicos

Modo	Frec.	C1	C2
XT	455 kHz	68 - 100 pF	68 - 100 pF
	2.0 MHz	15 - 68 pF	15 - 68 pF
	4.0 MHz	15 - 68 pF	15 - 68 pF
HS	8.0 MHz	10 - 68 pF	10 - 68 pF
	16.0 MHz	10 - 22 pF	10 - 22 pF

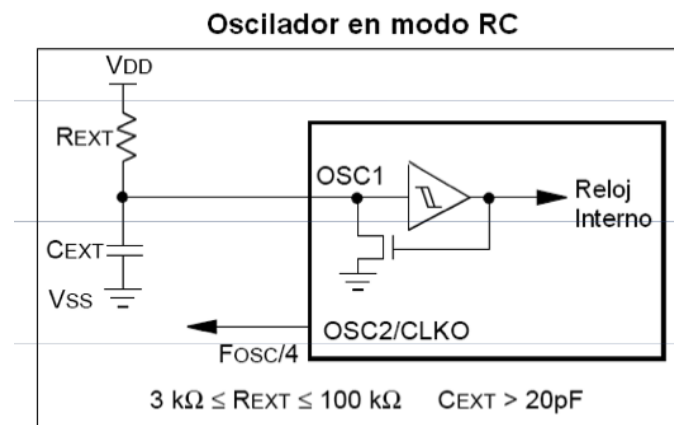
Capacitores utilizados con Resonadores de Cristal

Modo	Frec	C1	C2
LP	32.0 kHz	33 pF	33 pF
	200 kHz	15 pF	15 pF
XT	200 kHz	22-68 pF	22-68 pF
	1.0 MHz	15 pF	15 pF
	4.0 MHz	15 pF	15 pF
HS	8.0 MHz	15-33 pF	15-33 pF
	20.0 MHz	15-33 pF	15-33 pF
	25.0 MHz	15-33 pF	15-33 pF

Oscilador en modo RC

Con el Oscilador en modo ,RC, $F_{RC}/4$ esta disponible en el pin OSC2.

Si $F_{RC}/4$ no se necesita, se recomienda utilizar el modo para ahorrar corriente. El modo RCIO, es igual al modo RC, con la diferencia de que el pin OSC2 se comporta como un pin de I/O normal (RA6).

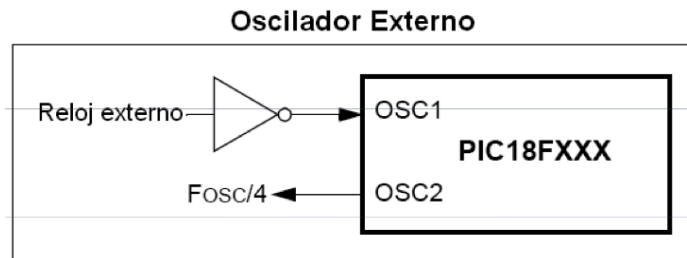


Oscilador Externo.

Cuando se utiliza el oscilador externo, se puede utilizar el modo EC, el cual se tiene

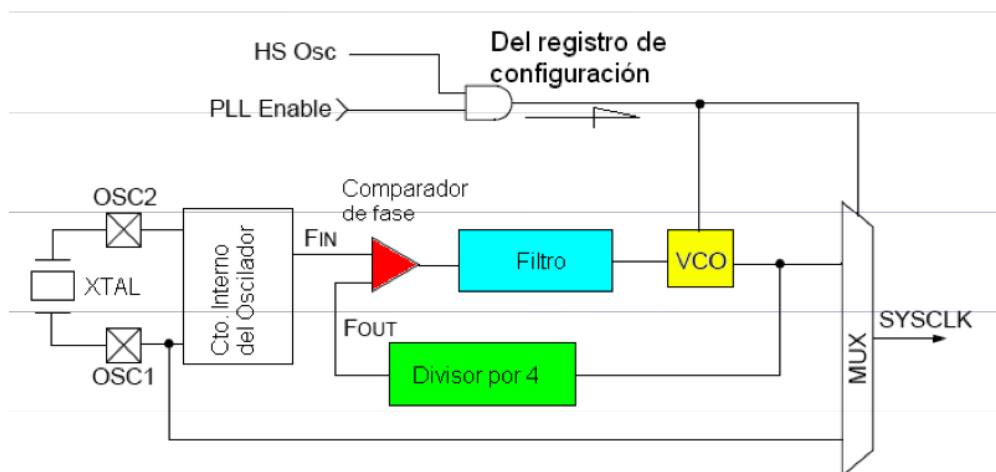
FREC/4 por el pin OSC2.

También se puede tomar el modo ECIO, para ahorro de corriente, el cual OSC2 queda como un pin de propósito general (RA6)



PLL

Esquema del PLL del PIC



El PLL se utiliza solo cuando el oscilador se ha configurado en modo HS.

Si la programación del cristal se ha realizado en otro modo, el PLL no se habilita y la fuente de reloj directa proviene de OSC1.

Existe un timer que bloquea el PLL, hasta que no se haya logrado por parte de él el enganche al cuádruplo de la frecuencia de entrada.

CAMBIO DE FUENTE DE RELOJ

Los PIC 18Fxx2 permiten cambiar el uso del oscilador de alta velocidad, por uno de

baja velocidad (como el oscilador de 32Khz de timer1) esa selección se hace en el BIT OSCSEN del registro de configuración.

El BIT OSCSEN se selecciona antes de programar el PIC, para que se pueda producir el cambio de oscilador.

REGISTRO OSCON

REGISTRO OSCCON

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-1
—	—	—	—	—	—	—	SCS
bit 7							bit 0

BIT 7 a 1 No utilizados

BIT 0 **SCS**: System Clock Switch bit

Cuando el BIT OSCSEN este en 0 y T1OSCEN este en 1:

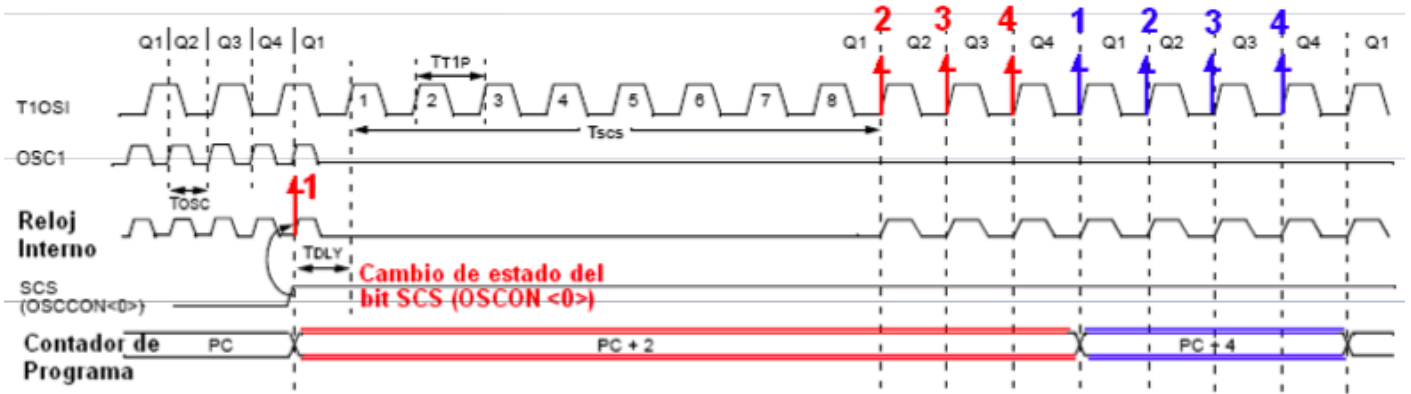
1=Utiliceel osciladordel timer11 = Utilice el oscilador del timer 1.

0 = Utilice el oscilador primario.Si el oscilador del Timer1 no esta habilitado, cualquier escritura , q

en el BIT SCS es ignorada y se utiliza el oscilador principal

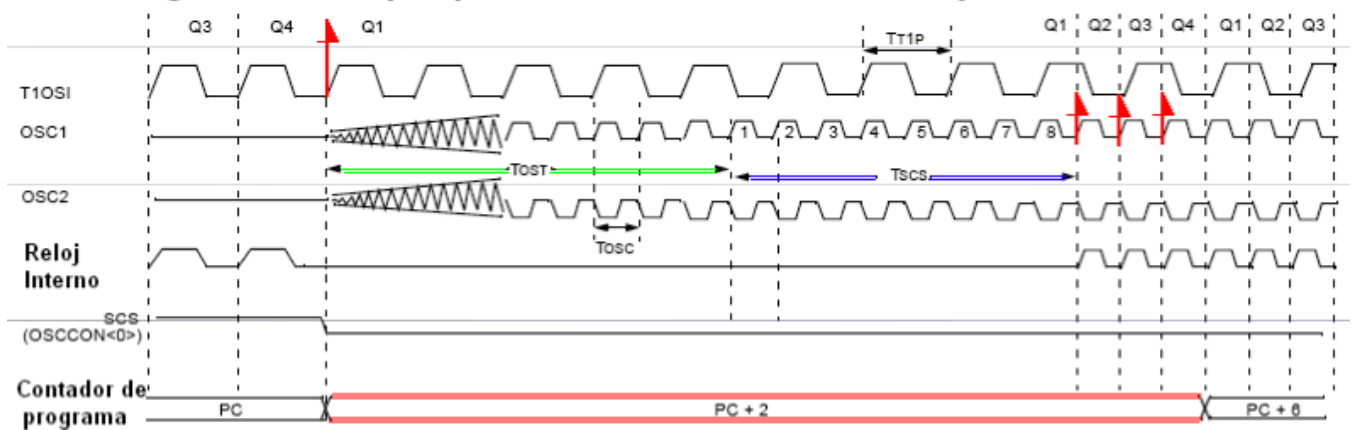
Diagramas de Tiempo de Transiciones

Diagrama de Tiempos Para Transición de OSC1 a Timer1



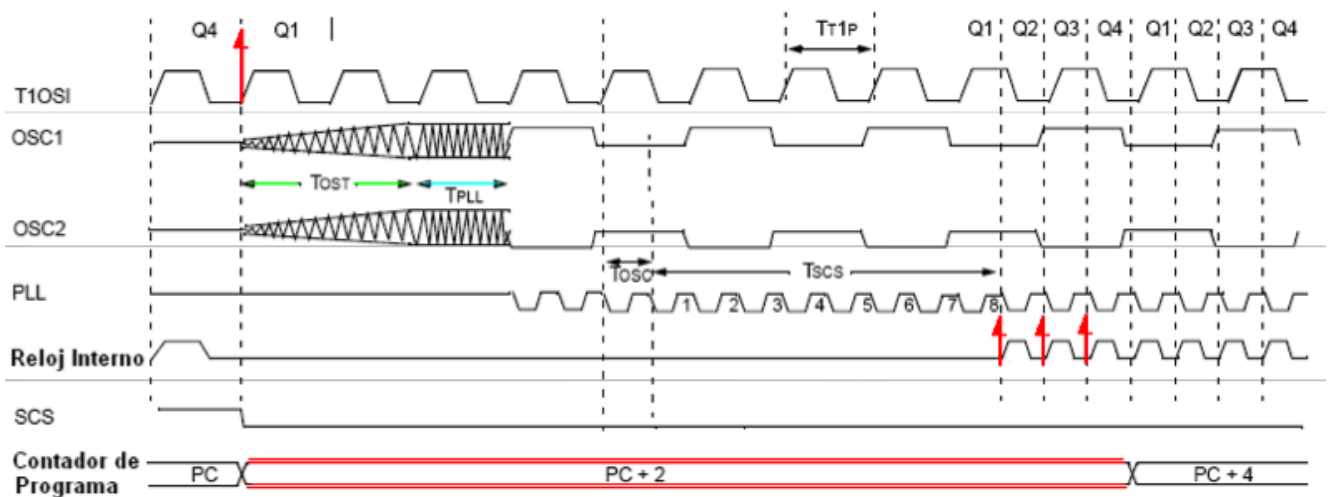
El contador de programa, se incrementa cuando ocurre la octava transición de estabilización del Timer 1

Diagrama de tiempos para transición de fuente de reloj de Timer1 a OSC1



Para la transición entre el oscilador de timer1 y OSC1, existe un tiempo de estabilización de 1024 ciclos de osc1, antes de comenzar a contar los 8 periodos de sincronización de reloj, después de lo cual el reloj del micro funciona con OSC1.

Transición entre Timer1 y OSC1 en modo HS utilizando PLL



Cuando la transición de oscilador es entre el timer1 y OSC1, existe un tiempo de estabilización de 1024 ciclos de osc1 y luego un tiempo necesario para que el PLL enganche la frecuencia de reloj de OSC1, antes de comenzar a contar los 8 periodos de reloj, después de lo cual el reloj del micro comienza a funcionar con OSC1.

RETARDOS CONSIDERADOS AL INICIAR EL MICROCONTROLADOR.

Al iniciar el procesador se definen 3 retardos.

- El primero es dado por el PWRT el cual provee un retardo promedio de 72 ms. para la estabilización de la circuitería interna.
- El segundo temporizador es el OST (Oscillator Start upTimer)) que espera a que el oscilador utilizado se estabilice.
- *La secuencia de retardo es PWR más OST.*
- Al utilizar el PLL, aparece un tercer retardo (TPLL) utilizado para esperar que el PLL enganche la frecuencia de entrada (2 ms típico).

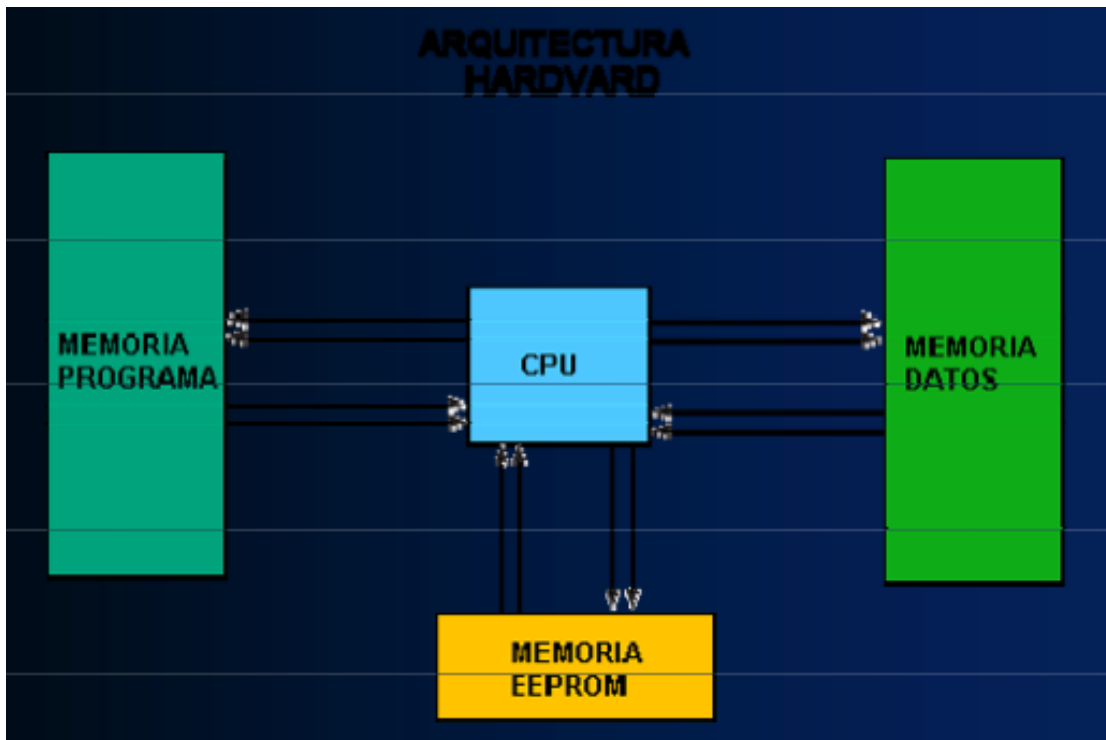
- $retardo = PWRT + OST + TPLLI$

FUENTES DE RESET

La familia PIC18FXXX Posee los siguientes tipos de reset:

- Power-on Reset (POR)
- MCLR Reset Durante el funcionamiento normal
- MCLR Reset Durante el modo SLEEP
- WDT Reset durante operación normal
- Programmable Brown-out Reset (BOR)
- Instrucción de RESET.
- Reset debido al llenado del Stack.
- Reset debido al vaciado del Stack.

LA MEMORIA DE PROGRAMA

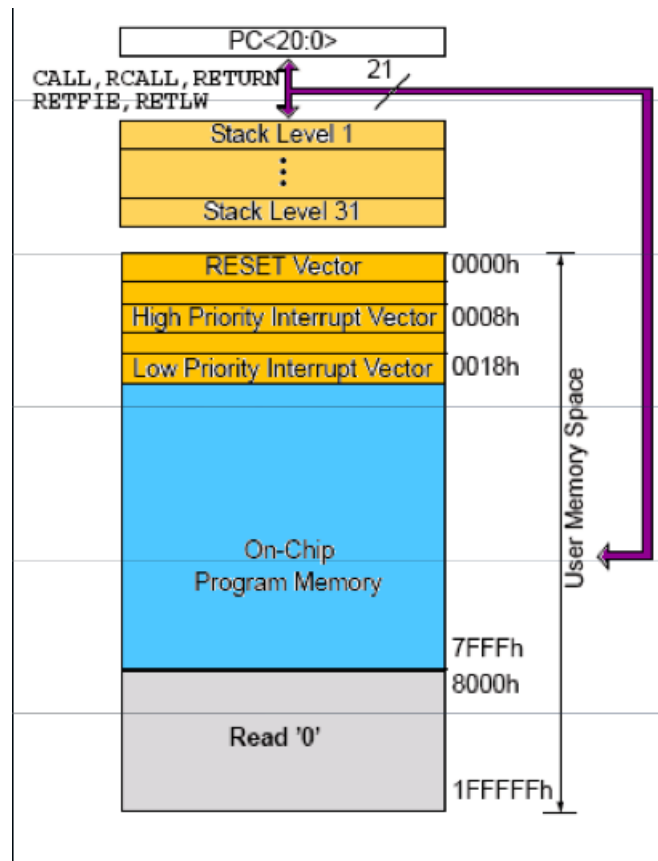


El PIC18FXX2 posee un contador de programa de 21 bits que permite ubicar una capacidad de memoria de 2Mega Palabras

Las posiciones de memoria más allá de la memoria física construida se leen como 0.

El PIC18F452 posee 32 K Bytes de memoria FLASH de programa, agrupados de a 2 Bytes, con el fin de contener instrucciones complejas.

Por lo tanto este dispositivo puede almacenar 16mil instrucciones simples. El vector de RESET se halla en la dirección 0000h y el de interrupciones en las posiciones 0008h y 0018h



Hay un stack de 31 niveles, lo que permite tener 31 posibles subrutinas anidadas.

Existen dos vectores de interrupciones, para manejo de interrupciones de alta y baja prioridad.

32K de memoria en pasos de 2 en dos, para un total de 16K de palabras. De 7FFF en adelante no existe memoria implementada físicamente y se lee como 0.

Organización de la memoria (Pila)

El Stack de los PIC18FXX2 posee 31 palabras de 21 bits, direccionadas por un apuntador de Stack de 5 bits.

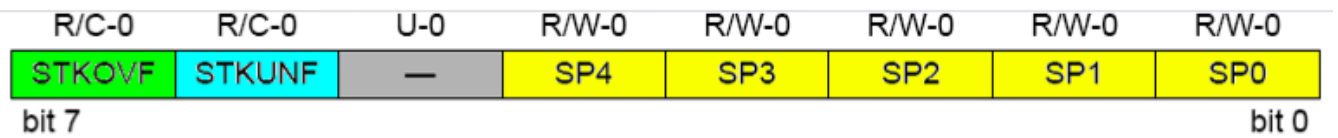
Cada vez que se produce una interrupción o un llamada a subrutina, el apuntador del Pila se incrementa en 1 y el valor del contador de programa es almacenado en una de las palabras de 21 bits.

Cuando ocurre una instrucción de tipo return, retn o retlw el dato almacenado en la posición actual que indica el apuntador de programa, es cargado al contador de programa y el apuntador de la Pila se disminuye en 1.

El apuntador de programa se puede leer y escribir y la dirección ubicada en el inicio de la Pila puede ser leída y escrita a través de los registros SFR.

REGISTRO STKPTR

REGISTRO STKPTR



BIT 7 **STKOVF**: Bandera de Pila llena

1 = Pila llena o rebosada. 0 = Pila sin llenar

0 = Pila sin llenar

BIT 6 **STKUNF**: Bandera de pila vacía.

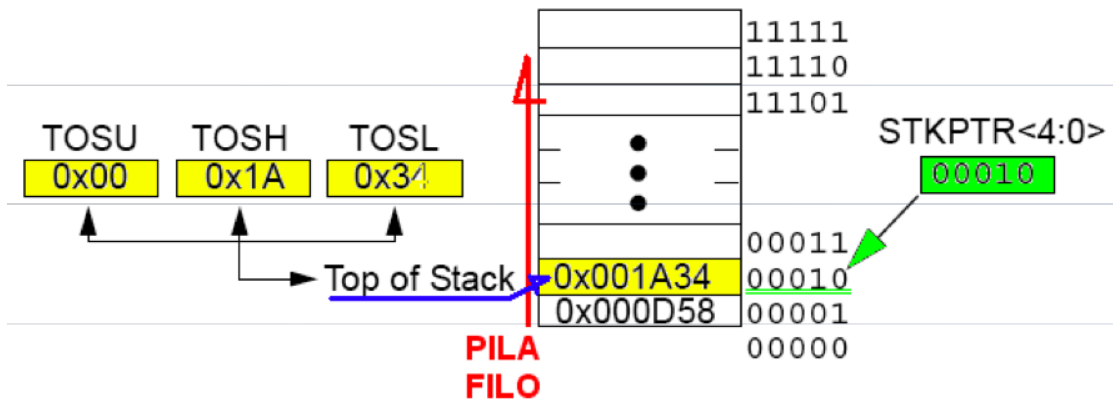
1 = Ocurrió un vaciado de la pila.

0 = No ha ocurrido un vaciado de la pila.

BIT 5 Sin implementar: Leído como '0'

BIT 4-0 **SP4:SP0**: Bits de dirección de la pila

PILA Y REGISTROS ASOCIADOS



La cabecera de la Pila puede ser leída y escrita, a través de los registros TOSU, TOSH y TOSL, que mantienen el contenido apuntado por el registro STKPTR.

Después de un call, rcall o una interrupción, este valor puede ser modificado por SW y cuando se genere el retorno de la subrutina, se puede dirigir su regreso a un lugar diferente definido por el usuario. Solo se debe tener en cuenta deshabilitar las interrupciones globales

El registro STKPTR es el apuntador de la Pila.

El BIT STKFUL indica el llenado de la pila y el BIT STKUNF el vaciado la pila.

Cuando se produce un RESET, el valor del apuntador de la pila es 0.

Después de que el contador de programa es almacenado en la pila 31 veces, sin extraer ningún valor, el BIT STKFUL se coloca en 1. El BIT STKFUL es borrado por SW o por un POR.

(BIT STVREN en 1) Cuando se almacena una dirección en la posición 31 la pila se desborda, se reinicia el microprocesador, el BIT STKFUL se coloca en 1 y se mantiene

así, también el apuntador de la pila se coloca en 0.

(BIT STVREN en 0) cuando desborda la pila el BIT STKFUL se pone en 1, cualquier dato adicional a escribirse en la pila, no sobrescribe la posición 31, si que se omite, y el registro STKPTR, se mantiene apuntando a la posición 31.

Cuando la pila se vacía, la próxima instrucción que requiera extraer un dato de ella, retorna el valor de 0 al contador de programa y coloca el BIT STKUNF en 1 hasta que ocurra un POR o un se borre por software.

INSTRUCCIONES PUSH Y POP

La instrucción PUSH, es utilizada para colocar en la cabecera de la pila el valor actual del contador de programa, produciendo un incremento en STKPTR.

Se puede incluir una dirección de retorno cualquiera en la pila utilizando PUSH y cargando ese valor en TOSU, TOSH y TOSL

La instrucción POP, se utiliza para descartar el valor ubicado en la cabecera de la pila y reemplazarlo por el valor ubicado previo a este, sin producir ningún traumatismo en el sistema.

Con la instrucción POP se produce un decremento en el apuntador de la pila.

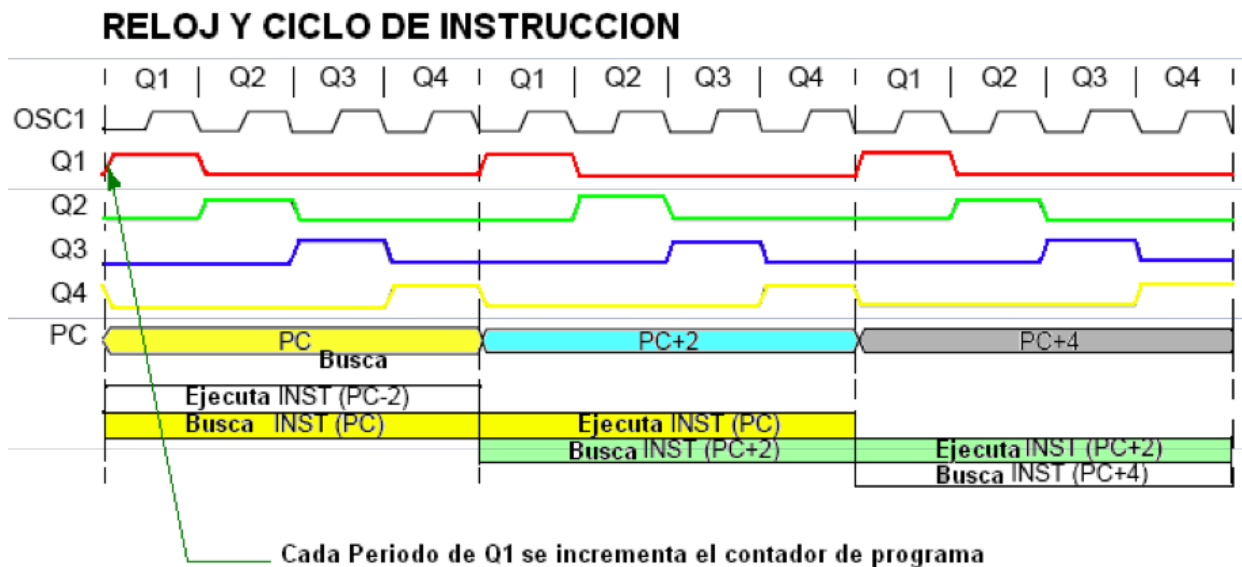
CONTADOR DE PROGRAMA

El contador de programa (PC) esta conformado por los registros PCL, PCH y PCU.

El registro PCL puede ser leído y escrito directamente.

Los registros PCH y PCU pueden ser leídos y escritos solo a través de los registros PCLATH y PCLATU

Temporización / Instrucciones



La entrada de reloj es dividida internamente en cuatro señales desfasadas 90° Q1, Q2, Q3 y Q4.

El contador de programa es incrementado cada flanco subida de Q1.

La búsqueda de una instrucción es realizada de Q1 a Q4, pero es colocada en el registro de instrucción cada Q4

Las instrucciones son decodificadas y ejecutadas en el periodo de tiempo de Q1 a Q4.

INSTRUCCIONES EN LA MEMORIA DE PROGRAMA

Las instrucciones para el PIC18F452 son de 16 bits, y su byte menos significativo es siempre almacenado en una dirección par.

El BIT menos significativo del contador de programa es siempre 0, por lo que el

incremento de las direcciones se hace de dos en dos.

			Dirección IMPAR LSB = 1	Dirección PAR LSB = 0	Dirección de Palabra ↓
			0Fh	55h	000000h
					000002h
					000004h
					000006h
Instrucción 1:	MOVLW	055h	0Fh	55h	000008h
Instrucción 2:	GOTO	000006h	EFh	03h	00000Ah
			F0h	00h	00000Ch
Instrucción 3:	MOVFF	123h, 456h	C1h	23h	00000Eh
			F4h	56h	000010h
					000012h
					000014h

INSTRUCCIONES DE 32 BITS

Los microcontroladores PIC18FXX2, posee 4 instrucciones de dos palabras de longitud (32 bits), ellas son MOVFF, CALL, GOTO y LFSR.

La segunda palabra de esas instrucciones posee los 4 BITS mas significativos en 1 y se comporta como un tipo especial de NOP.

Los otros 12 BITS de la segunda palabra contienen los datos a ser utilizados por la instrucción.

Cuando la primera palabra es ejecutada, los datos contenidos en la segunda son accedidos.

Pero si el PC accede primero la segunda palabra, esta se ejecuta como un NOP.

Esto es útil cuando previamente a instrucción de dos palabras, existe una instrucción de salto condicional.

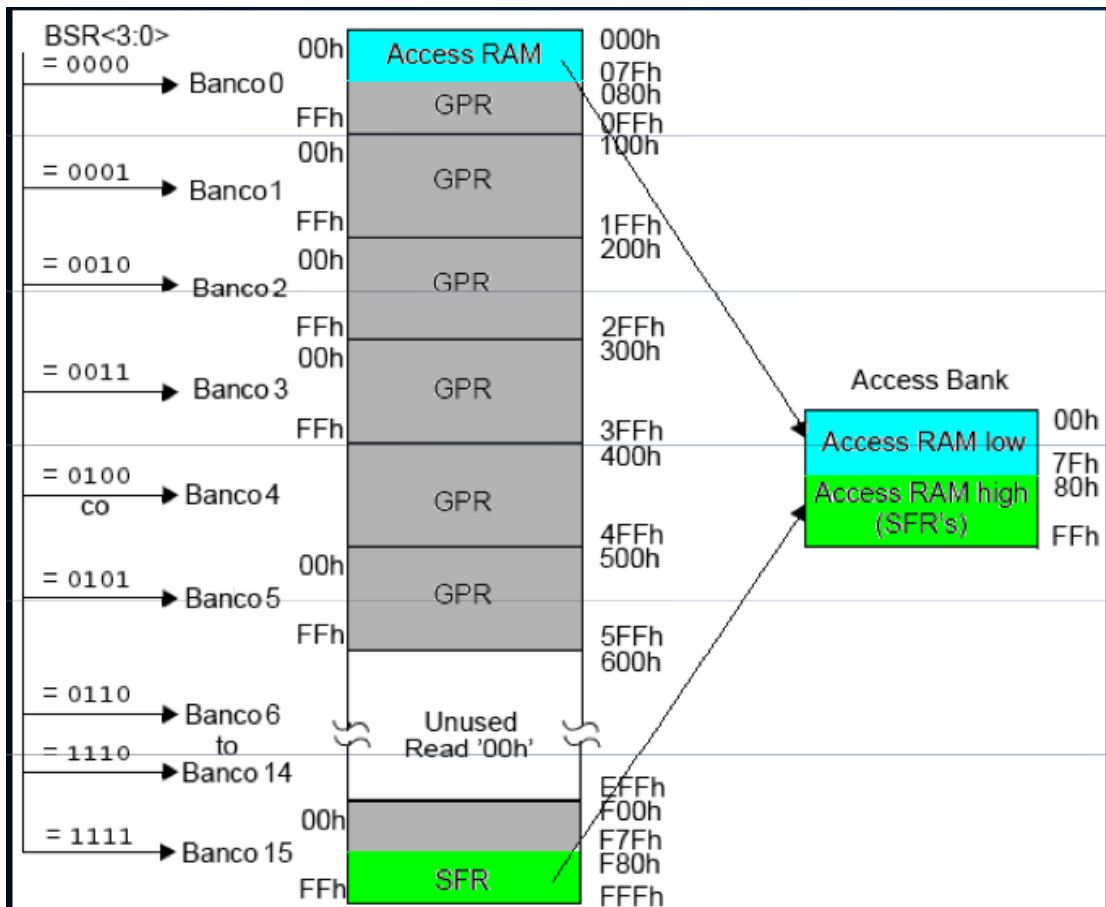
Caso 1

Código OP	Código Fuente
0110 0110 0000 0000	TSTFSZ REG1 es 0? no
1100 0001 0010 0011	MOVFF REG1, REG2
1111 0100 0101 0110	
0010 0100 0000 0000	ADDWF REG3

Caso 2

Código OP	Código Fuente
0110 0110 0000 0000	TSTFSZ REG1 es 0? si
1100 0001 0010 0011	MOVFF REG1, REG2
1111 0100 0101 0110	Ejecuta NOP
0010 0100 0000 0000	ADDWF REG3

LA MEMORIA DE DATOS.



La memoria de datos está dividida en 16 bancos, cada uno de 256 Bytes.

Los bancos 6 al 14 no están implementados y se leen como 0.

La zona de FSR se halla localizada en el banco 15 después de la posición F80h (de la mitad hacia el final)

Se pueden identificar 3 formas de acceder la memoria de programa de los PIC18FXX2.

Direccionamiento indirecto: requiere el uso de los registros FSRn (12 BITS) y el correspondiente registro indirecto INDFn).

Direccionamiento directo: requiere el uso del registro BSR, el cual en sus BITS 0 a 3 contiene la dirección del banco escogido.

Otra forma de direccionamiento directo es:

Para asegurar que los registros (SFR Y GPR) sean accedidos en un solo ciclo de instrucción, independiente del Banco apuntado por el registro BSR, Existe el ACCESS

BANK, el cual esta formado por una parte del banco 0 y un segmento del banco

Un BIT en la instrucción especifica si la operación a utilizar se hace a través del ACCESS BANK o con el registro BSR, a ese BIT se le denomina “a” (access bit) por defecto vale 0 y apunta al ACCESS BANK

Address	Name	Address	Name	Address	Name	Address	Name
FBFh	CCPR1H	FAFh	SPBRG	F9Fh	IPR1	F8Fh	—
FBEh	CCPR1L	FAEh	RCREG	F9Eh	PIR1	F8Eh	—
FBDh	CCP1CON	FADh	TXREG	F9Dh	PIE1	F8Dh	LATE ⁽²⁾
FBCh	CCPR2H	FACH	TXSTA	F9Ch	—	F8Ch	LATD ⁽²⁾
FBBh	CCPR2L	FABh	RCSTA	F9Bh	—	F8Bh	LATC
FBAh	CCP2CON	FAAh	—	F9Ah	—	F8Ah	LATB
FB9h	—	FA9h	EEADR	F99h	—	F89h	LATA
FB8h	—	FA8h	EEDATA	F98h	—	F88h	—
FB7h	—	FA7h	EECON2	F97h	—	F87h	—
FB6h	—	FA6h	EECON1	F96h	TRISE ⁽²⁾	F86h	—
FB5h	—	FA5h	—	F95h	TRISD ⁽²⁾	F85h	—
FB4h	—	FA4h	—	F94h	TRISC	F84h	PORTE ⁽²⁾
FB3h	TMR3H	FA3h	—	F93h	TRISB	F83h	PORTD ⁽²⁾
FB2h	TMR3L	FA2h	IPR2	F92h	TRISA	F82h	PORTC
FB1h	T3CON	FA1h	PIR2	F91h	—	F81h	PORTB
FB0h	—	FA0h	PIE2	F90h	—	F80h	PORTA

Address	Name	Address	Name	Address	Name	Address	Name
FFFh	TOSU	FEFh	INDF0 ⁽³⁾	FDfh	INDF2 ⁽³⁾	FCFh	TMR1H
FFEh	TOSH	FEEh	POSTINC0 ⁽³⁾	FDEh	POSTINC2 ⁽³⁾	FCEh	TMR1L
FFDh	TOSL	FEDh	POSTDEC0 ⁽³⁾	FDDh	POSTDEC2 ⁽³⁾	FCDh	T1CON
FFCh	STKPTR	FECh	PREINC0 ⁽³⁾	FDCh	PREINC2 ⁽³⁾	CCCh	TMR2
FFBh	PCLATU	FEBh	PLUSW0 ⁽³⁾	FDBh	PLUSW2 ⁽³⁾	FCBh	PR2
FFAh	PCLATH	FEAh	FSR0H	FDAh	FSR2H	FCAh	T2CON
FF9h	PCL	FE9h	FSR0L	FD9h	FSR2L	FC9h	SSPBUF
FF8h	TBLPTRU	FE8h	WREG	FD8h	STATUS	FC8h	SSPADD
FF7h	TBLPTRH	FE7h	INDF1 ⁽³⁾	FD7h	TMR0H	FC7h	SSPSTAT
FF6h	TBLPTRL	FE6h	POSTINC1 ⁽³⁾	FD6h	TMR0L	FC6h	SSPCON1
FF5h	TABLAT	FE5h	POSTDEC1 ⁽³⁾	FD5h	T0CON	FC5h	SSPCON2
FF4h	PRODH	FE4h	PREINC1 ⁽³⁾	FD4h	—	FC4h	ADRESH
FF3h	PRODL	FE3h	PLUSW1 ⁽³⁾	FD3h	OSCCON	FC3h	ADRESL
FF2h	INTCON	FE2h	FSR1H	FD2h	LVDCON	FC2h	ADCON0
FF1h	INTCON2	FE1h	FSR1L	FD1h	WDTCON	FC1h	ADCON1
FF0h	INTCON3	FE0h	BSR	FD0h	RCON	FC0h	—

EL REGISTRO BSR

El registro BSR<3:0> contiene los 4 bits más significativos de los 12-BITS de direcciones de la memoria RAM y se utilizan para seleccionar el banco de trabajo.

Los BITS BSR<7:4> se leen como '0's.

La instrucción MOVLB se utiliza para ayudar en selección del banco.

La instrucción MOVFF ignora el registro BSR, ya que los 12-BITS de dirección se hayan incluidos en la instrucción.

Cada banco posee un tamaño de 256 bytes.

DIRECCIONAMIENTO INDIRECTO.

El direccionamiento indirecto se realiza utilizando dos registros, el FSRn y el INDFn.

El registro FSR es utilizado como un puntero a una localidad de memoria que va a ser escrita o leída.

El direccionamiento indirecto es posible utilizando el registro INDF, ya que cualquier instrucción que lo utilice, accede directamente a la posición de memoria apuntada por FSR.

```

LFSR   FSR0 , 0x100 ;
NEXT   CLRF   POSTINC0      ; Borra INDF e incrementa
                                           ; FSR0 después de
                                           ; ejecutar la instrucción
BTFSS  FSR0H, 1
GOTO   NEXT
CONTINUE
```

Nota: Existe INDF0, INDF1, INDF2, así como FSR0, FSR1, FSR2, cada uno con su byte bajo y alto

MULTIPLICADOR HARDWARE

El multiplicador HW que se posee es de 8 bits.



El resultado se almacena en dos registros PRODH y PRODL

La multiplicación de 8x8 se realiza en 1 ciclo

La multiplicación de 8x8 se realiza en 1 ciclo de instrucción.

El multiplicador HW permite a este dispositivo realizar operaciones en las que se usa DSPs

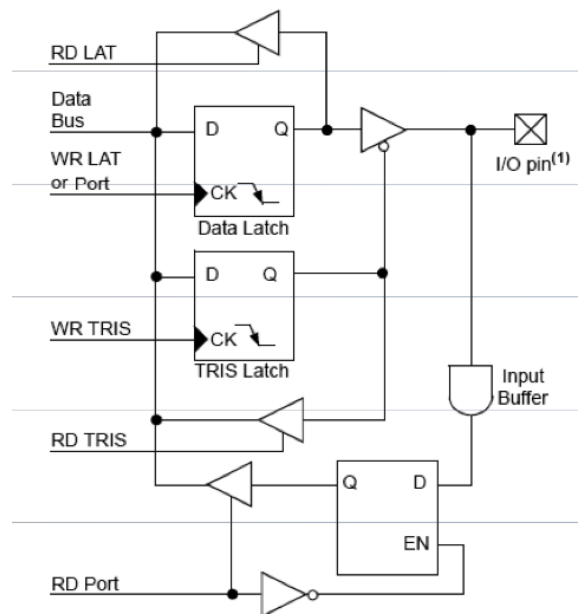
PUERTOS

Los puertos de los PIC de la familia 18 en general constan de 3 registros para su operación.

El registro TRIS, el cual controla la dirección de funcionamiento del puerto.

El registro PORT, que lee los niveles de entrada en el puerto.

El registro LAT, el cual es el LATCH de salida del puerto.



Puerto A

Este puerto se comporta como I/O digital y como entrada analógica

El registro TRISA, configura este puerto como entrada o salida.

Si un pin se va a utilizar como canal analógico, previamente se debe haber configurado como entrada en TRISA

Existe el registro LATA, que permite el acceso I/O al latch del puerto.

El pin RA4 es de colector abierto.

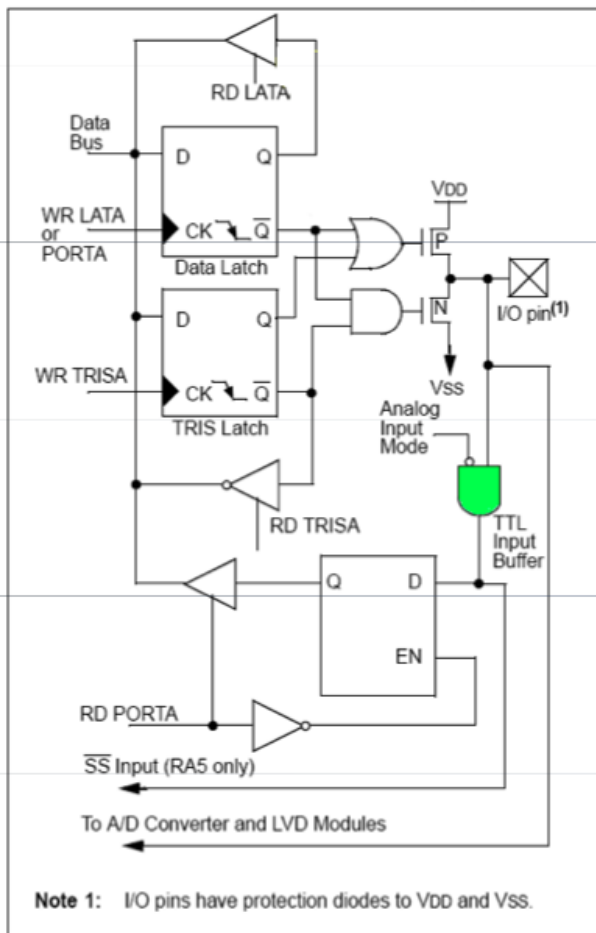
Para configurarlo sus pines como analógicos o digitales, se recurre al registro ADCON1

PUERTO A (18F452)

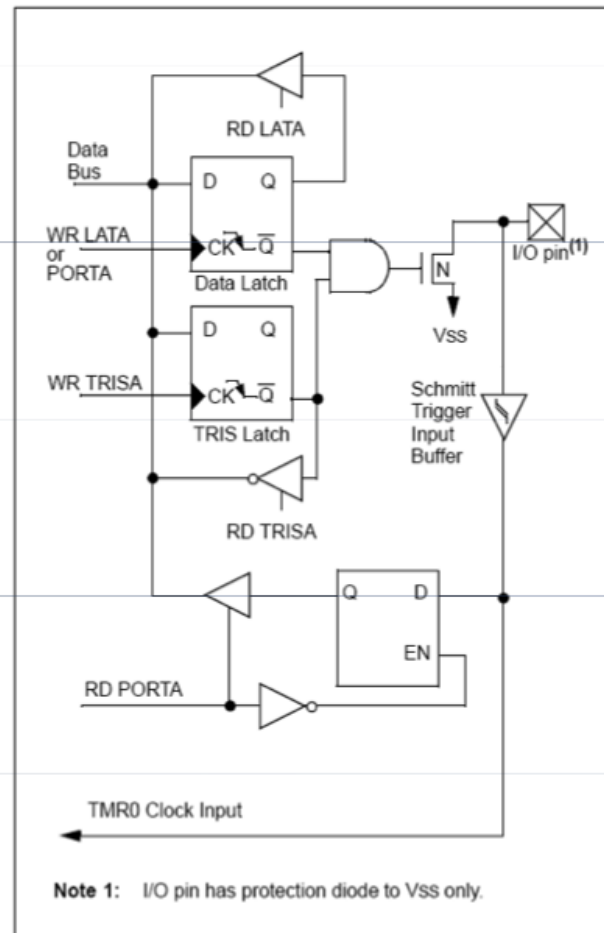
PIN	Tipo Entrada	Función
RA0/AN0	TTL	Pin I/O ó entrada analógica 0.
RA1/AN1	TTL	Pin I/O ó entrada analógica 1
RA2/AN2	TTL	Pin I/O ó entrada analógica 2
RA3/AN3	TTL	Pin I/O ó entrada analógica 3
RA4/T0CKI	Colector Abierto	Pin I/O ó entrada del timer 0, con entrada tipo Schmit Trigger
RA5/AN4	TTL	Pin I/O ó entrada analógica 4
RA6/OSC2/CLKO	TTL	Entrada del oscilador 2, o salida de frecuencia de reloj.

RA0/AN0	TTL/ANA	I/O digital o entrada analógica, LATA<0> no afectado por entrada digital
RA1/AN1	TTL/ANA	I/O digital o entrada analógica, LATA<1> no afectado por entrada digital
RA2/AN2/REF-/CVREF	TTL/ANA	I/O digital o entrada analógica, LATA<2> no afectado por entrada digital
RA3/AN3/REF+	TTL/ANA	I/O digital o entrada analógica, LATA<3> no afectado por entrada digital
RA4/T0CKI/C1OUT	Colector Abierto	I/O digital, o entrada de Timer 0
RA5/AN4/SS/ HLVDIN/C2OUT	TTL/ANA	I/O digital o entrada analógica, LATA<5> no afectado por entrada digital, selección de entrada modo esclavo para SSP (MSSP module).
OSC2/CLKO/RA6	TTL/ANA	I/O digital o entrada analógica, LATA<6> no afectado por entrada digital, retroalimentación de la salida del oscilador principal (XT, HS and LP modes).
OSC1/CLKI/RA7	TTL/ANA	I/O digital o entrada analógica, LATA<7> no afectado por entrada digital, entrada del oscilador principal y entrada del reloj principal.

PINES RA0 a RA3 y RA5 del puerto A



Pin RA4 del puerto A



REGISTROS ASOCIADOS CON PORTA

REGISTROS ASOCIADOS CON EL PUERTO A

Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
PORTA	—	RA6	RA5	RA4	RA3	RA2	RA1	RA0
LATA	—	LATA						
TRISA	—	PORTA						
ADCON1	ADFM	ADCS2	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0

REGISTROS ASOCIADOS CON PORTA (18F452)

REGISTROS ASOCIADOS CON EL PUERTO A (18F4520)

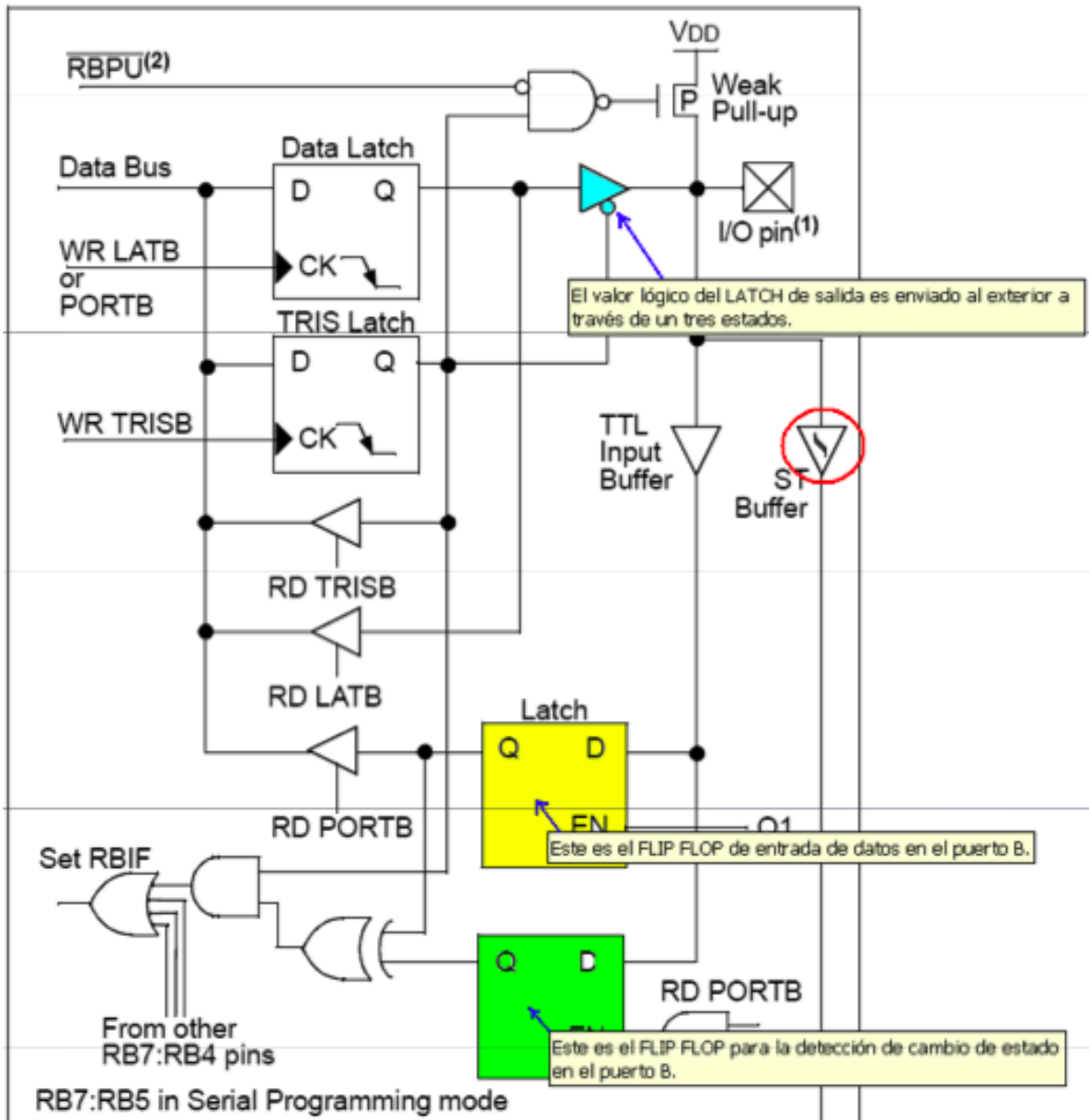
Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
PORTA	RA7	RA6	RA5	RA4	RA3	RA2	RA1	RA0
LATA	LATA7	LATA6	PORTA					
TRISA	TRISA7	TRISA6	PORTA					
ADCON1	—	—	VCFG1	VCFG0	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
CMCON	C2OUT	C1OUT	C2INV	C1INV	CIS	CM2	CM1	CM0
CVRCON	CVREN	CVROE	CVRR	CVRSS	CVR3	CVR2	CVR1	CVR0

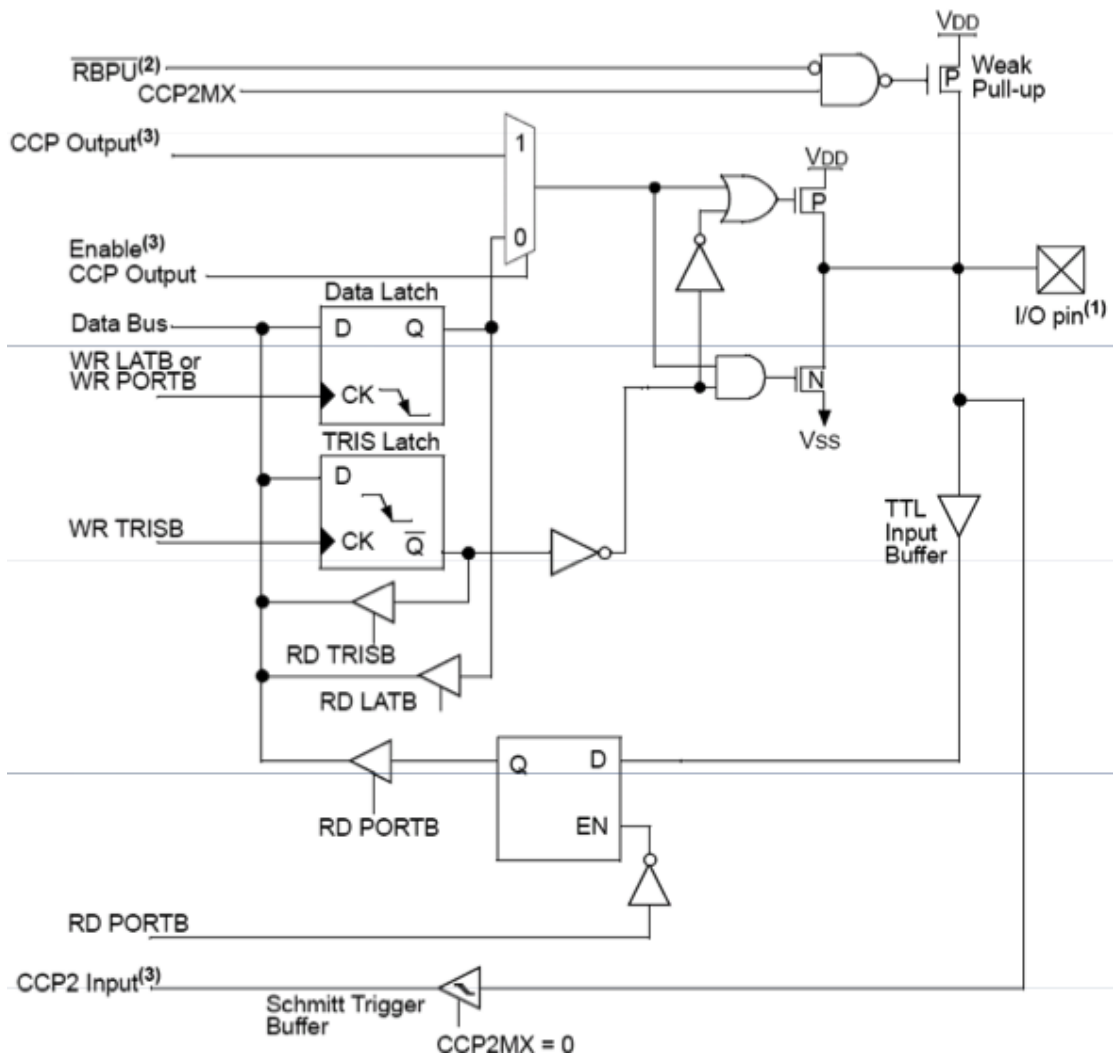
Segun la selección del oscilador estos bits son efectivos o no

PUERTO B (18F452)

PIN	Tipo Entrada	Función
RB0/INT0	TTL, Schmit Trigger para la Interrupcion	Pin I/O ó entrada de interrupción Externa 0.
RB1/INT1	TTL, Schmit Trigger para la Interrupcion	Pin I/O ó entrada de interrupción Externa 1.
RB2/INT2	TTL, Schmit Trigger para la Interrupcion	Pin I/O ó entrada de interrupción Externa 2.
RB3/CCP2	TTL, Schmit Trigger para modo CCP2	Pin I/O ó pin del módulo CCP2, cuando el bit CCP2MX esta en 1
RB4	TTL	Pin I/O, y entrada de interrupción por cambio de estado en PORTB.
RB5/PGM	TTL, Schmit Trigger para prog. Serial	Pin I/O, y entrada de interrupción por cambio de estado en PORTB.
RB6/PGC	TTL, Schmit Trigger para prog. Serial	Pin I/O, y entrada de interrupción por cambio de estado en PORTB.
RB7/PGD	TTL, Schmit Trigger para prog. serial	Pin I/O, y entrada de interrupción por cambio de estado en PORTB.

RB7:RB4 PINS





REGISTROS ASOCIADOS AL PUERTO B

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
PORTB	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0
LATB	LATB Data Output Register							
TRISB	PORTB Data Direction Register							
INTCON	GIE/ GIEH	PEIE/ GIEL	TMR0IE	INT0IE	RBIE	TMR0IF	INT0IF	RBIF
INTCON2	RBPUP	INTEDG0	INTEDG1	INTEDG2	—	TMR0IP	—	RBIP
INTCON3	INT2IP	INT1IP	—	INT2IE	INT1IE	—	INT2IF	INT1IF

PUERTO C (18F452)

PIN	Tipo Entrada	Función
RC0/T1OSO/T1CKI	TTL, Schmit Trigger	Pin I/O ó salida del oscilador de timer1 o entrada de reloj
RC1/T1OSI/CCP2	TTL, Schmit Trigger	Pin I/O ó Salida del módulo CCP2
RC2/CCP1	TTL, Schmit Trigger	Pin I/O ó pin del módulo CCP1
RC3/SCK/SCL	TTL, Schmit Trigger	Pin I/O ó utilizado para el reloj serial de los módulos SPI e I2C
RC4/SDI/SDA	TTL, Schmit Trigger	Pin I/O o entrada de datos para SPI o I/O para I2C
RC5/SDO	TTL, Schmit Trigger	Pin I/O, o salida del puerto serial síncrono
RC6/TX/CK	TTL, Schmit Trigger	Pin I/O o TX del módulo USART
RC7/RX/DT	TTL, Schmit Trigger	Pin I/O o RX del módulo USART

REGISTROS ASOCIADOS CON PORTC

Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
PORTC	RC7	RC6	RC5	RC4	RC3	RC2	RC1	RC0
LATC	LATC Data Output Register							
TRISC	PORTC Data Direction Register							

PUERTO D (18F452)

PIN	Tipo Entrada	Función
RD0/PSP0	TTL, Schmit Trigger	Pin I/O ó puerto paralelo esclavo bit 0
RD1/PSP1	TTL, Schmit Trigger	Pin I/O ó puerto paralelo esclavo bit 1
RD2/PSP2	TTL, Schmit Trigger	Pin I/O ó puerto paralelo esclavo bit 2
RD3/PSP3	TTL, Schmit Trigger	Pin I/O ó puerto paralelo esclavo bit 3
RD4/PSP4	TTL, Schmit Trigger	Pin I/O ó puerto paralelo esclavo bit 4
RD5/PSP5	TTL, Schmit Trigger	Pin I/O, ó puerto paralelo esclavo bit 5
RD6/PSP6	TTL, Schmit Trigger	Pin I/O ó puerto paralelo esclavo bit 6
RD7/PSP7	TTL, Schmit Trigger	Pin I/O ó puerto paralelo esclavo bit 7

REGISTROS ASOCIADOS CON PORTD

Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
PORTD	RD7	RD6	RD5	RD4	RD3	RD2	RD1	RD0
LATD	LATD Data Output Register							
TRISD	PORTD Data Direction Register							
TRISE	IBF	OBF	IBOV	PSPMODE	—	PORTE Data Direction bits		

PUERTO E (18F452)

PIN	Tipo Entrada	Función
RE0/RD/AN5	TTL, Schmit Trigger Para control de puerto paralelo esclavo	Pin I/O Pin de control del puerto paralelo esclavo y entrada A/D. BIT RD 1 = No lectura. 0 = Lee PORTD si CS es 1.
RE1/WR/AN6	TTL, Schmit Trigger Para control de puerto paralelo esclavo	Pin I/O Pin de control del puerto paralelo esclavo y entrada A/D. BIT WR 1 = No escritura 0 = Escribe en PORTD si CS es 1
RE2/CS/AN7	TTL, Schmit Trigger Para control de puerto paralelo esclavo	Pin I/O Pin de control del puerto paralelo esclavo y entrada A/D. BIT CS 1 = Dispositivo no seleccionado 0 = Dispositivo no seleccionado

REGISTROS ASOCIADOS CON PORTE

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
PORTE	—	—	—	—	—	RE2	RE1	RE0
LATE	—	—	—	—	—	LATE Data Output Register		
TRISE	IBF	OBF	IBOV	PSPMODE	—	PORTE Data Direction bits		
ADCON1	ADFM	ADCS2	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0

REGISTRO TRISE

	R-0	R-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-1	R/W-1	R/W-1
	IBF	OBF	IBOV	PSPMODE	—	TRISE2	TRISE1	TRISE0
bit 7								bit 0

Bit 7 **IBF**: Bit de Buffer de entrada lleno

1 = Una palabra ha sido recibida y espera ser leída.

0 = Ninguna palabra recibida.

Bit 6 **OBF**: Bit de Buffer de salida lleno.

1 = El buffer mantiene una palabra escrita previamente.

0 = El buffer de salida ha sido leído.

Bit 5 **IBOV**: Rebose del Buffer de entrada.

1 = Ha ocurrido una escritura, cuando una palabra previa no ha sido leída. (debe ser clareado por SW)

0 = No ha ocurrido un desborde

Bit 4 **PSPMODE**: Selección del puerto paralelo esclavo

1 = Modo puerto paralelo esclavo.

0 = Modo general de I/O

bit 3 Sin Implementar

bit 2,1 y 0 **TRISE**: Bits de control de dirección.

1 = Entrada

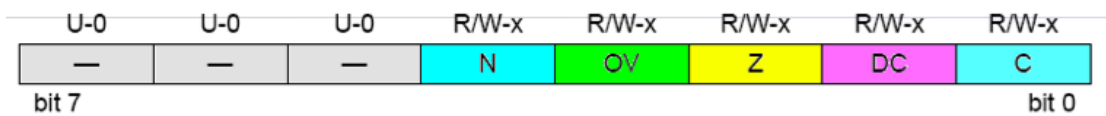
0 = Salida I

El registro de estado

El registro de estado se utiliza para mostrar el estado aritmético de la ALU.

Se recomienda utilizar solamente las instrucciones BCF, BSF, SWAPF, MOVFF y MOVWF para cambiar el contenido del registro de estado, ya que estas instrucciones no alteran las banderas Z, C, DC, OV, o N

REGISTRO DE ESTADO



BIT 7-5 Sin implementar.

BIT 4 **N**: BIT Negativo, utilizado para indicar cuando un resultado de una operación aritmética fue negativo (Complemento a 2).

1 = Resultado negativo.

0 = Resultado positivo.

BIT OV: BIT de desbordamiento. Este bit utilizado para aritmética con signo (complemento a 2).

1 = Desborde ocurrió

0 = No ocurrió un desborde

BIT Z: Bit de 0

1 = El resultado de una operación aritmética o lógica es 0.

0 = El resultado de una operación aritmética o lógica no es 0.

BIT DC: carry del cuarto al quinto bit.

Funciona con ADDWF, ADDLW, SUBLW, y SUBWF

1 = Hay carry del 4 al 5 bit.

0 = No hay carry del 4 al 5 bit

BIT C: Bit de carry.

Funciona con ADDWF, ADDLW, SUBLW, y SUBWF

1 = Ocurrió carry

0 = No Ocurrió carry

REGISTRO RCON (RESET CONTROL)

REGISTRO RCON



BIT 7 IPEN: Bit que habilita la prioridad en las interrupciones.

1 = Prioridad en interrupciones habilitada.

0 = Prioridad en interrupciones deshabilitada.

BIT 6-5 Sin implementar

BIT 4 RI: Bandera de la instrucción RESET

1 = La instrucción RESET no ha sido ejecutada.

0 = La instrucción RESET fue ejecutada.

BIT 3 TO: Bandera del Perro Guardián.

1 = Después de un power-up, CLRWDT, o SLEEP

0 = A WDT reset ocurrió

BIT 2 PD: Bandera de detección de apagado del procesador.

1 = Después de un power-up o CLRWDT.

0 = Debido a la ejecución de la instrucción SLEEP.

BIT 1 POR: Bit de estado de Power-on Reset

1 = Un Power-on Reset no ha ocurrido

0 = Un Power-on Reset ocurrió

(Debe ser colocado en 1 después de que un Power-on Reset ha ocurrido)

BIT 0 **BOR**: Bit de estado de un Brown-out Reset (Bajón de voltaje)

1 = Un Brown-out Reset no ha ocurrido.

0 = Un Brown-out Reset ocurrió.

(Debe ser colocado en 1 después de que un Brown-out Reset ha ocurrido)

INTERRUPCIONES

Los microcontroladores de gama alta poseen niveles de interrupción.

El vector de alto nivel de interrupciones se halla en la posición 0x08h y el de baja prioridad en la posición 0x18h.

Una interrupción de alta prioridad, interrumpe la ejecución de una de baja prioridad.

Los registros asociados con el manejo interrupciones son los siguientes:

RCON

INTCON, INTCON2, INTCON3, que en general, manejan las interrupciones externas y de TIMER 0.

PIR1, PIR2, que manejan las banderas que activan las interrupciones debidas a periféricos.

PIE1, PIE2, que son los registros habilitadores de las interrupciones de periféricos

IPR1, IPR2, que activan los niveles de prioridad de las interrupciones.

Cada fuente de interrupción, a excepción de INT0, posee 3 bits para su control.

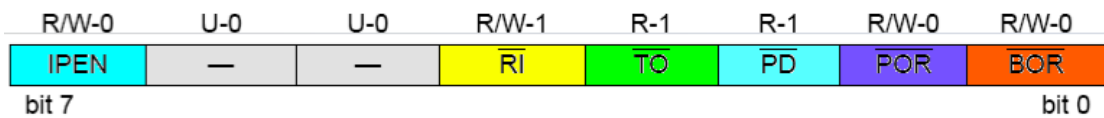
- *Una bandera que indica que la interrupción ocurrió.*
- *Bit habilitador de la interrupción*

- Bit que permite asignar el nivel de prioridad de la interrupción.

Nota: Se recomienda no utilizar la instrucción MOVFF, para modificar alguno de los registros de control, mientras las interrupciones estén habilitadas, ya que esto puede generar disparos de interrupciones aleatorios.

INTERRUPCIONES. REGISTRO RCON

REGISTRO RCON



Bit **IPEN**: Bit habilitador de niveles de prioridad de las interrupciones.

1 = Habilita los niveles de prioridad de las interrupciones

0 = Deshabilita los niveles de prioridad de las interrupciones.

bit 6-5 Sin implementar

bit 4 **RI**: bit indicador de que se generó una instrucción de RESET.

1 = La instrucción RESET no se ha ejecutado.

0 = La instrucción RESET se ejecutó

bit 3 **TO**: bit de rebose del Watchdog

1 Después del encendido, instrucción CLRWDT o instrucción SLEEP.

0 = Ha ocurrido un rebose del WDT

bit 2 **PD**: Bit de detección de ausencia de voltaje.

1 = Después del encendido o por el uso de la instrucción CLRWDT.

0 = Por la ejecución de la instrucción SLEEP.

bit 1 **POR**: Bit de estado del Power-on Reset.

1 = Un Power-on Reset no ha ocurrido.

0 = Un Power-on Reset ocurrió. Debe ser puesta en 1 después de que un Power-on Reset ocurre.

bit 0 **BOR**: bit de estado de Brown-out Reset. (Disminución del nivel de voltaje)

1 No ha ocurrido un Brownout Reset.

0 = Ha ocurrido un Brown-out Reset.

Debe ser puesta en 1 después de que un Brown-out Reset ocurre.

INTERRUPCIONES. REGISTRO INTCON (18F452, 18F4520)



Bit 7 **GIE/GIEH**: Habilitador global interrupciones.

Si IPEN = 0: (Bit 7 RCON)

1 Habilita todas las interrupciones sin máscara

0 = Deshabilita todas las interrupciones

Si IPEN = 1: (Bit 7 RCON)

1 = Habilita todas las interrupciones de alta prioridad.

0 = Deshabilita todas las interrupciones.

Bit 6 **PEIE/GIE1**: Habilitador de Interrupciones de periféricos

Si IPEN = 0: (Bit 7 RCON)

1 = Habilita todas las interrupciones de periféricos sin máscara.

0 = Deshabilita todas las interrupciones de periféricos

Si IPEN = 1: (Bit 7 RCON)

1 = Habilita todas las interrupciones de periféricos de baja prioridad.

0 = Deshabilita todas las interrupciones de periféricos de baja prioridad

Bit 5 **TMROIE**: Interrupción de rebose de TMR0

1 = Habilita la interrupción por rebose de TMR0.

0 = Deshabilita la interrupción por rebose de TMR0.

Bit 4 **INTOIE**: Interrupción Externa INTO

1 = Habilita la INTO

0 = Deshabilita la INTO

Bit 3 **RBIE**: Interrupción por cambio de estado en PORTB

1 = Habilita la interrupción por cambio de estado en PORTB

0 = Deshabilita la interrupción por cambio de estado en PORTB

Bit 2 **TMR0IF**: Bandera de Interrupción por rebose de TMR0

1 = El TMR0 se ha rebosado (se debe borrar por SW)

0 = TMR0 no se ha rebosado.

Bit 1 **INT0IF**: Bandera de INT0

1 = Ha ocurrido INT0 (debe ser borrada por SW)

0 = INT0 no ha ocurrido.

Bit 0 **RBIF**: Bandera de interrupción por cambio de estado en PORTB.

1 = Ha ocurrido un cambio de estado en uno de los pines RB4 a RB7

0 = No ha ocurrido un cambio de estado en RB4 a RB7.

INTERRUPCIONES. REG. INTCON2 (18F452, 18F4520)

Bit 7 **RBPU**: Bit habilitador de las resistencias Pull-up.

1 = Todas las resistencias pull-ups deshabilitadas.

0 = Las resistencias pull-ups están habilitadas.

Bit 6 **INTEDG0**: Selección del flanco de la Interrupción Externa 0

1 = Flanco de subida.

0 = Flanco de bajada.

Bit 5 **INTEDG1**: Selección del flanco de la Interrupción Externa 1

1 = Flanco de subida.

0 = Flanco de bajada.

Bit 4 **INTEDG2**: Selección del flanco de la Interrupción Externa 2

1 = Flanco de subida

0 = Flanco de bajada.

Bit 3 Sin Implementar

Bit 2 **TMR0IP**: Bit de prioridad de la interrupción por rebose de TMR0.

1 = Alta prioridad

0 = Baja prioridad

Bit 1 Sin implementar

Bit 0 **RBIP**: Bit de prioridad de la interrupción de cambios de estado en PORTB

1 = Alta prioridad.

0 = Baja prioridad.

INTERRUPCIONES. REG. INTCON3 (18F452, 18F4520)



Bit 7 **INT2IP**: Bit de prioridad de INT2

1 = Alta prioridad.

0 = Baja prioridad.

Bit 6 **INT1IP**: Bit de prioridad de INT1

1 = Alta prioridad.

0 = Baja prioridad.

Bit 5 Sin implementar

Bit 4 **INT2IE**: Bit habilitador de INT2

1 = Habilita INT2.

0 = Deshabilita INT2.

Bit 3 **INT1IE**: Bit habilitador de INT1

1 = Habilita INT1.

0 = Deshabilita INT1.

Bit 2 Sin implementar

Bit 1 **INT2IF**: Bandera que indica que ocurrió INT2

1 = Ha ocurrido INT2 (debe ser borrada por SW)

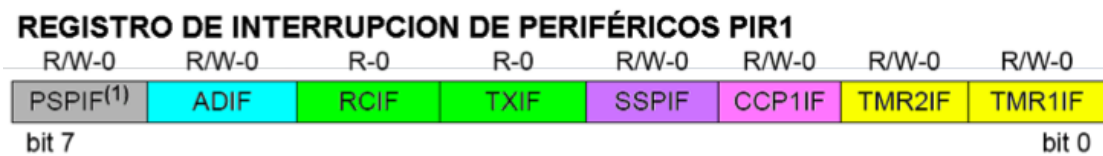
0 = No ha ocurrido INT2

Bit 0 **INT1IF**: Bandera que indica que ocurrió

1 = Ha ocurrido INT1 (debe ser borrada por SW)

0 = No ha ocurrido INT1

INT. PERIFÉRICOS. REG. PIR1



Bit 7 **PSPIF(1)**: Bandera de interrupción de lectura/escritura del puerto paralelo esclavo.

1 = Una operación de lectura o escritura ha ocurrido.(debe ser borrada por SW)

0 = No ha ocurrido lectura o escritura.

Bit 6 **ADIF**: Bandera de interrupción por fin de conversión del A/D

1 = Conversión A/D completa (Debe ser borrada por SW)

0 = La conversión A/D esta incompleta.

Bit 5 **RCIF**: Bandera de interrupción por recepción en el USART.

1 = El buffer de recepción, RCREG, esta lleno (Debe ser borrada por SW)

0 = El buffer de RX del USART esta vacío.

Bit 4 **TXIF**: Bandera de interrupción por TX del USART

1= El buffer de TX del USART (TXREG), esta vacío (Se borra cuando se escribe en TXREG)

0 = El buffer de TX del USART esta lleno.

Bit 3 **SSPIF**: Bandera de interrupción del puerto serial síncrono

1= Una TX/RX se ha completado (debe ser borrada por SW)

0 = Esperando una TX o RX.

Bit 2 **CCP1IF**: Bandera de interrupción del módulo CCP1.Modo Captura:

1 = Se ha producida la captura del valor de TMR1 (debe ser borrada por SW)

0 = No ha ocurrido una captura de TMR1.

Modo Compara:

1 = Se ha dado una comparación con TMR1 (debe ser borrada por SW)

0 = No ha ocurrido una comparación con TMR1.

Modo PWM:

No utilizado en este modo.

Bit 1 **TMR2IF**: Se ha producido una igualdad entre TMR2 y PR2.

1 = Ha ocurrido una igualdad entre TMR2 y PR2 (debe ser borrada por SW)

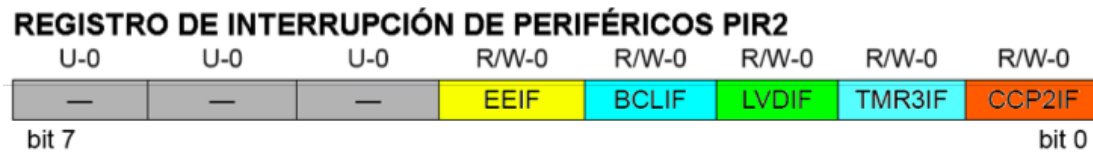
0 = No hay igualdad entre TMR2 y PR2

Bit 0 **TMR1IF**: Bandera de interrupción por rebose de TMR1.

1= El TMR1 se ha rebosado (debe ser borrada por SW)

0 = El TMR1 no se ha rebosado

INT. PERIFÉRICOS. REG. PIR2 (18F452)



Bit 7-5 Sin implementar

Bit 4 **EEIF**: Bandera de interrupción por /Escritura/Lectura en EEPROM o FLASH

1 = La operación de escritura se ha completado (debe ser borrada por SW)

0 = La operación de escritura no ha terminado o no se ha iniciado.

Bit 3 **BCLIF**: Interrupción por colisión en el bus

1 = Ocurrió una colisión

0 = No ha ocurrido una colisión.

Bit 2 **LVDIF**: Interrupción por detección de bajo voltaje.

1 = Una condición de bajo voltaje ha ocurrido

0 = El voltaje del dispositivo se mantiene por encima del valor de activación de la interrupción.

Bit 1 **TMR3IF**: Bandera de rebose de TMR3

1 = El TMR3 se ha rebosado

0 = El TMR3 No se ha rebosado

Bit 0 **CCP2IF**: Bandera de interrupción del módulo CCP2

Modo Captura:

1 = Una captura de TMR1 ha ocurrido.

0 = No ha ocurrido captura de TMR1

Modo Compara:

1 = Ha ocurrido un evento de comparación con TMR1.

0 = No ha habido eventos de comparación con TMR1.

Modo PWM

No usado en este modo

REGISTRO DE INTERRUPTIÓN DE PERIFÉRICOS PIR2



Bit 7 **OSCFIF**: Bandera indicadora de fallo del oscilador.

1 = El oscilador del dispositivo falló. Se ha realizado un cambio a INTOSC.
(Debe ser borrada por software)

0 = El reloj trabaja sin problemas.

Bit 6 **CMIF**: Bandera de interrupción por comparación

1 = La entrada del comparador ha cambiado (Debe ser borrada por

0 = La entrada del comparador no ha cambiado.

Bit 5 Sin implementar: Se lee como '0'

Bit 4 **EEIF**: Bandera de interrupción por Escritura/Lectura en EEPROM o FLASH

1 = La operación de escritura se ha completado (debe ser borrada por SW)

0 = La operación de escritura no ha terminado o no se ha iniciado.

Bit 3 **BCLIF**: Interrupción por colisión en el bus

1 = Ocurrió una colisión

0 = No ha ocurrido una colisión.

Bit 2 **HLVDIF**: Interrupción por detección de alto o bajo voltaje.

1 = Una condición de bajo o alto voltaje ha ocurrido. La dirección es determinada por el bit 7 (VDIRMAG) del registro HLVDCON.

0 = El voltaje del dispositivo se mantiene por encima del valor de activación de la interrupción.

Bit 1 **TMR3IF**: Bandera de rebose de TMR3

1 = El TMR3 se ha rebosado

0 = El TMR3 No se ha rebosado

Bit 0 **CCP2IF**: Bandera de interrupción del módulo CCP2

Modo Captura:

1 = Una captura de TMR1 ha ocurrido.

0 = No ha ocurrido captura de TMR1

Modo Compara:

1 = Ha ocurrido un evento de comparación con TMR1.

0 = No ha habido eventos de comparación con TMR1.

Modo PWM

No usado en este modo I

INT. PERIFÉRICOS. REG. PIE1 (18F452, 18F4520)

REGISTRO HABILITADOR DE INTERRUPCIONES PIE1



PSPIE(1): Habilita la interrupción de lectura/escritura del puerto paralelo esclavo

1 = Habilita la interrupción

0 = Deshabilita la interrupción.

Bit 6 **ADIE**: Habilita la interrupción por fin de conversión del A/D.

1 = Habilita la interrupción del A/D.

0 = Deshabilita la interrupción del A/D.

Bit 5 **RCIE**: Habilita la interrupción por recepción del módulo USART.

1 Habilita la interrupción

0 = Deshabilita la interrupción

Bit 4 **TXIE**: Habilita la interrupción por transmisión del módulo USARTJ

1 = Habilita la interrupción

0 = Deshabilita la interrupción

Bit 3 **SSPIE**: Habilita la interrupción del puerto serial síncrono.

1 = Habilita la interrupción del MSSP

0 = Deshabilita la interrupción del MSSP

Bit 2 **CCP1IE**: Habilita la interrupción del módulo CCP1.

1 = Habilita la interrupción del CCP1

0 = Deshabilita la interrupción

Bit 1 **TMR2IE**: Habilita la interrupción por igualdad de TMR2 con PR2.

1= Habilita la interrupción

0 = Deshabilita la interrupción.

Bit 0 **TMR1IE**: Habilita la interrupción por rebose de TMR1

1 = Habilita la interrupción de TMR1

0 = Deshabilita la interrupción de TMR1 I

INT. PERIFÉRICOS. REG. PIE2 (18F452)

REGISTRO HABILITADOR DE INTERRUPCIONES PIE2

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	EEIE	BCLIE	LVDIE	TMR3IE	CCP2IE

Bit 7-5 Sin implementar

Bit 4 **EEIE**: Habilita la interrupción por fin de escritura en memoria EEPROM/FLASH.

1 = Habilitada

0 = Deshabilitada

Bit 3 **BCLIE**: Habilita la interrupción por colisión de datos en el BUS

1 = Habilitada

0 = Deshabilitada

Bit 2 **LVDIE**: Habilita la Interrupción por detección de bajo voltaje.

1 = Habilitada

0 = Deshabilitada.

Bit 1 **TMR3IE**: Habilita la interrupción por desborde de TMR3.

1 = Habilita la interrupción

0 = Deshabilita la interrupción

Bit 0 **CCP2IE**: Habilita la interrupción del módulo CCP2

1 = Habilita la interrupción

0 = Deshabilita la interrupción

REGISTRO HABILITADOR DE INTERRUPCIONES PIE2

R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
OSCFIE	CMIE	—	EEIE	BCLIE	HLVDIE	TMR3IE	CCP2IE
bit 7							bit 0

Bit 7 **OSCFIE**: Bit habilitador de interrupción por fallo de oscilador

1 = Habilitado

0 = deshabilitado

Bit 6 **CMIE**: Bit habilitador de interrupción por comparación

1 = Habilitado

0 = Deshabilitado I

Bit 5 Sin implementar se lee como '0'

Bit 4 **EEIE**: Habilita la interrupción por fin de escritura en memoria EEPROM/FLASH.

1 = Habilitada

0 = Deshabilitada

Bit 3 **BCLIE**: Habilita la interrupción por colisión de datos en el BUS

1 = Habilitada

0 = Deshabilitada

Bit 2 **HLVDIE**: Habilita la Interrupción por de alto o bajo voltaje.

1 = Habilitada

0 = Deshabilitada.

Bit 1 **TMR3IE**: Habilita la interrupción por desborde de TMR3.

1 = Habilita la interrupción

0 = Deshabilita la interrupción

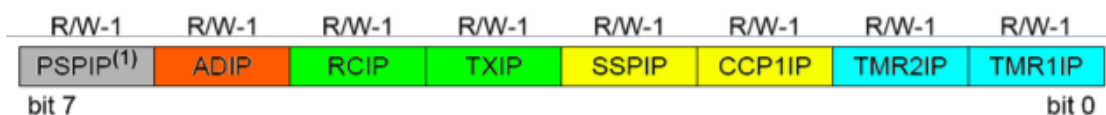
Bit 0 **CCP2IE**: Habilita la interrupción del módulo CCP2

1 = Habilita la interrupción

0 = Deshabilita la interrupción I

PRIORIDAD DE INT. REG. IPR1 18F452, 18F4520)

REGISTRO DE ACTIVACIÓN DE PRIORIDAD DE INTERRUPCIONES IPIR1



Bit 7 **PSP1P(1)**: Prioridad de Interrupción del puerto paralelo esclavo

1 = Alta prioridad

0 = Baja prioridad

Bit 6 **ADIP**: Prioridad de Interrupción del conversor A/D

1 = Alta prioridad

0 = Baja prioridad

Bit 5 **RCIP**: Prioridad de Interrupción del módulo USART en RX.

1 = Alta prioridad

0 = Baja prioridad

Bit 4 **TXIP**: Prioridad de Interrupción del módulo USART en TX.

1 = Alta prioridad

0 = Baja prioridad

Bit 3 **SSPIP**: Prioridad de Interrupción del puerto serial síncrono

1 = Alta prioridad

0 = Baja prioridad

Bit 2 **CCP1IP**: Prioridad de Interrupción del módulo CCP

1 = Alta prioridad

0 = Baja prioridad

Bit 1 **TMR2IP**: Prioridad de Interrupción del TMR2

1 = Alta prioridad

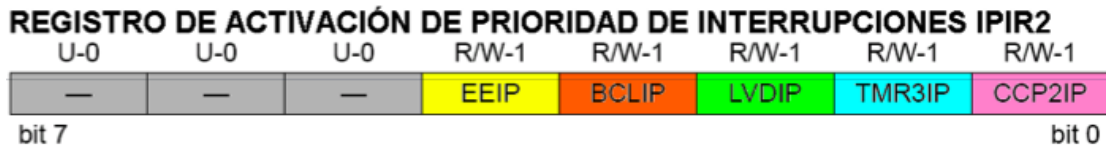
0 = Baja prioridad

Bit 0 **TMR1IP**: Prioridad de Interrupción del TMR1.

1 = Alta prioridad

0 = Baja prioridad

PRIORIDAD DE INT. REG. IPR2 (18F452)



Bit 7-5 Sin implementar

Bit 4 **EEIP**: Prioridad de Interrupción por fin de escritura en EPROM/FLASH

1 = Alta prioridad

0 = Baja prioridad

Bit 3 **BCLIP**: Prioridad de Interrupción por colisión en Bus de datos.

1 = Alta prioridad

0 = Baja prioridad

Bit 2 **LVDIP**: Prioridad de Interrupción por detección de bajo voltaje

1 = Alta prioridad

0 = Baja prioridad

Bit 1 **TMR3IP**: Prioridad de Interrupción por rebose de TMR3

1 = Alta prioridad

0 = Baja prioridad

Bit 0 **CCP2IP**: Prioridad de Interrupción de módulo CCP2

1 = Alta prioridad

0 = Baja prioridad

MEMORIA FLASH DE PROGRAMA

La memoria de programa puede ser leída y durante el funcionamiento normal.

Posee un tamaño de 32K Bytes con capacidad para 16K Instrucciones

Durante la escritura o lectura de la memoria de programa se cesará la búsqueda de instrucciones, hasta que la operación este completa.

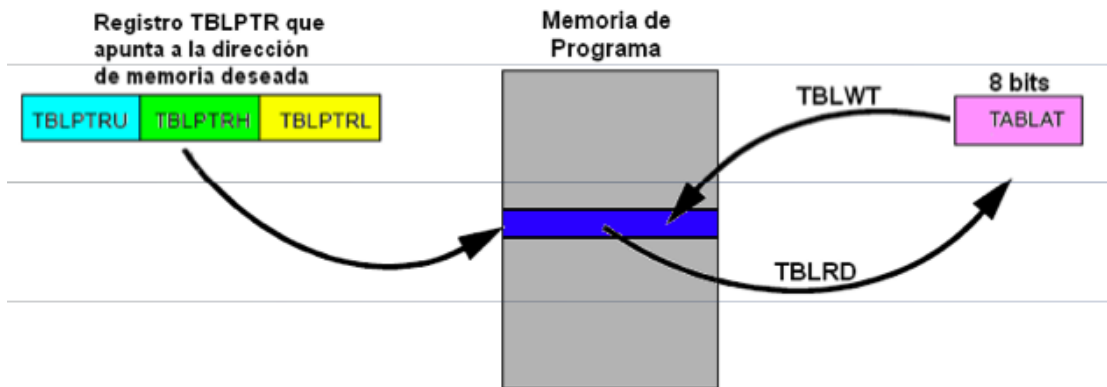
La memoria de programa no puede ser accedida durante la lectura o escritura, es por ello que el código no puede ser ejecutado

Cualquier instrucción inválida que se escriba, será ejecutada como un NOP

Ya que la memoria de programa es de 16 bits de ancho y la RAM tiene 8 bits;

las instrucciones **TBLRD**(Lectura) y **TBLWT**(escritura), mueven datos entre esas dos memorias, utilizando el registro TABLAT.

LECTURA Y ESCRITURA EN LA MEMORIA FLASH



REGISTRO EECON1 Y EECON2

El registro EECON1 es el registro de control de acceso a memoria FLASH o EEPROM.

El registro EECON2 no existe físicamente, y solo se utiliza en operaciones de escritura o borrado de la memoria.

Cualquier lectura a EECON2, obtiene como resultado un 0.

REGISTRO EECON1 (DIR. 0FA6H)

REGISTRO EECON1							
R/W-x	R/W-x	U-0	R/W-0	R/W-x	R/W-0	R/S-0	R/S-0
EEP GD	CFG S	—	FR EE	WR ER	WR EN	WR	RD
bit 7							bit 0

BIT 7 EEP GD: Bit de selección de la memoria FLASH o EEPROM.

1 = El acceso es a la memoria FLASH.

0 = El acceso es a la memoria EEPROM.

BIT 6 CFG S: Acceso a memoria FLASH/EE o registros de configuración.

1 = Acceso a los registros de configuración

0 = Acceso a la memoria FLASH o EEPROM.

BIT 5 Sin implementar.

BIT 4 **FREE**: bit de selección de borrado de la memoria FLASH.

1= Borra la memoria FLASH apuntada por TBLPTR en el próximo comando WR.

0 = Se realiza escritura únicamente. ó d

BIT 3 **WRERR**: Error en una operación de escritura de la memoria FLASH/EEPROM

1 = Una operación de escritura fue prematuramente terminada.

0 = Operación de escritura completa.

BIT 2 **WREN**: Bit de habilitación de escritura en la memoria FLASH/EEPROM.

1 = Permite ciclos de escritura.

0 = Inhibe los ciclos de escritura.

BIT 1 **WR**: Bit de control de escritura

1 = Inicializa el borrado/escritura de la memoria EEPROM/FLASH, este bit se coloca en 0 nuevamente por HW.

0 = El ciclo de escritura esta completo.

BIT 0 **RD**: Bit de control de lectura.

1 = Inicializa la lectura de la EEPROM, este bit se coloca en 0 por HW. El bit RD no puede puesto en 1 cuando EEPGD = 1, lo cual sugiere que la memoria

FLASH, no puede ser leída utilizando este bit.

0 = No se inicializa la lectura de la EEPROM.

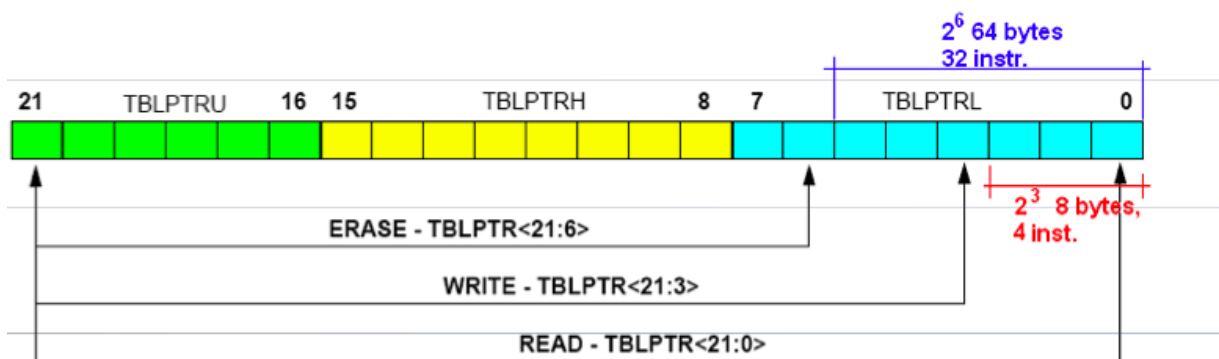
REGISTRO TABLAT Y TBLPTR

El registro TABLAT es de 8 bits y se utiliza para almacenar datos durante la transferencia de información entre la RAM la memoria de programa.

El registro TBLPTR apunta a las direcciones de memoria de programa a acceder, apunta de a byte por vez.

El registro TBLPTR, es utilizado por las instrucciones TBLRD y TBLWT; ellas pueden actualizar el TBLPTR de 4 formas diferentes.

REGISTRO TBLPTR

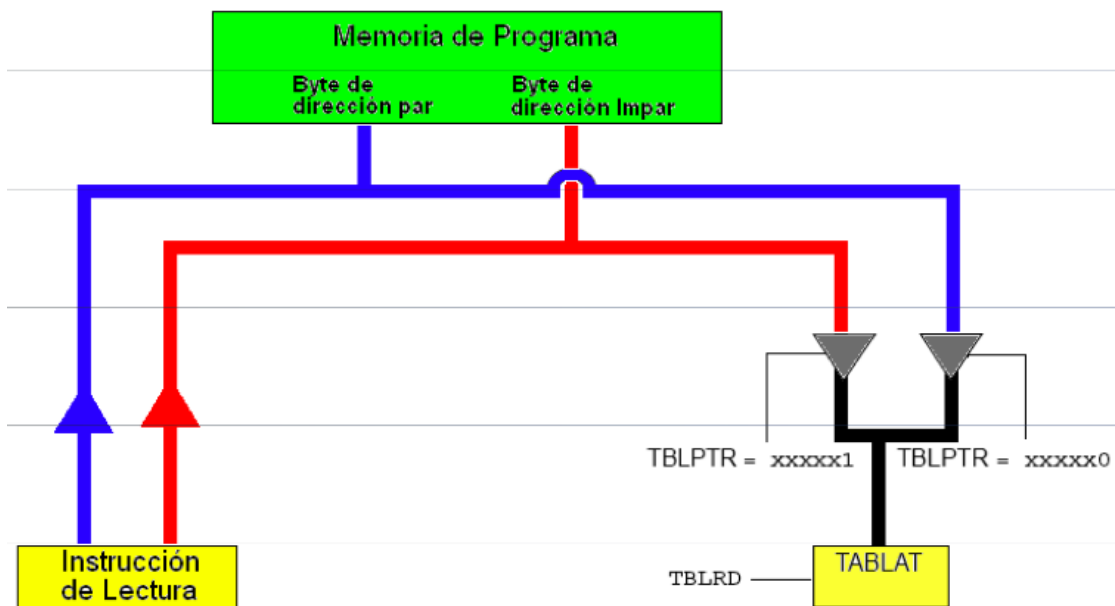


- La lectura accede a memoria cada byte
- La escritura accede a memoria cada 8 Bytes
- El borrado se hace en paquetes de 64 Bytes.

OPERACIONES QUE AUTO MODIFICAN TBLPTR

Ejemplo	Tipo de operación
TBLRD* TBLWT*	TBLPTR no es modificado
TBLRD*+ TBLWT*+	TBLPTR es incrementado después de una operación READ/WRITE
TBLRD*- TBLWT*-	TBLPTR es decrementado después de una operación READ/WRITE
TBLRD+* TBLWT+*	TBLPTR es incrementado antes de una operación READ/WRITE

LECTURA DE LA MEMORIA FLASH



Cuando se hace una lectura de memoria. Se debe Cargar TBLPTR con la dirección a leer (dirección par).

Cuando se ejecuta la instrucción TBLRD, se mueve un byte de la instrucción a el registro TABLAT.

El que sea el byte bajo o alto, depende de si el bit menos significativo de la escogida es 0

BORRADO DE LA MEMORIA FLASH

El TBLPTR no tiene en cuenta los 6 bits menos significativos a la hora de hacer un borrado, solo los 16 más altos, por lo tanto el borrado de la memoria FLASH, solo se hace en bloques de 64 bytes o 32 instrucciones.

Los 16 bits más significativos apuntan a la dirección de inicio del bloque de 64 bytes a borrar.

El registro EECON1 controla la operación de borrado.

El bit EEPGD se debe poner en 1, así como WREN también debe estar en 1 para habilitar la operación de escritura (Borrar es escribir FF).

El bit FREE se coloca en 1 para iniciar la operación de borrado (Secuencia a utilizar)

BORRADO DE LA MEMORIA FLASH (SECUENCIA A UTILIZAR)

Cargar el STKPTR con la dirección de inicio a borrar (Recordar que es en paquetes de 64 bytes, por tanto los 6 bits menos significativos son 0)

Poner en 1 el bit EEPGD de EECON1.

Borrar el bit CFGS del registro EECON1

Poner en 1 los bits WREN y FREE para habilitar escritura y borrado respectivamente.

Deshabilitar las interrupciones.

Escribir 55h en el EECON2.

Escribir AAh en el EECON2.

Poner en 1 el bit WR. Esto comenzará el ciclo de borrado

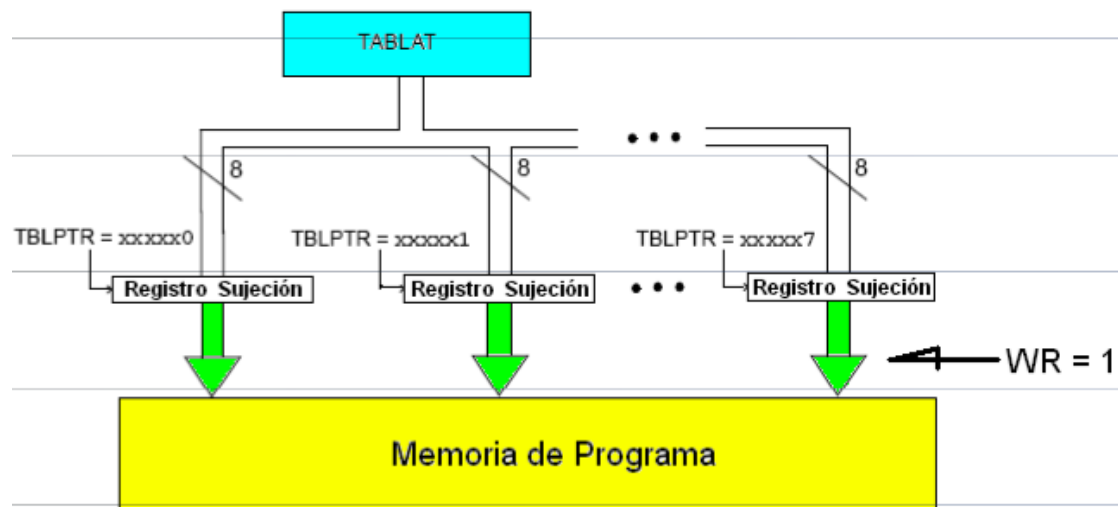
La CPU queda parada durante el tiempo que tarde el borrado de la memoria que son 2 mili segundos aproximadamente.

Habilitar las interrupciones.

ESCRITURA EN MEMORIA FLASH.

La escritura en la memoria FLASH, se realiza en paquetes de 8 bytes o 4 instrucciones.

Debido a que el registro TABLAT es de 1 byte, una operación de escritura en FLASH, requiere el uso de 8 veces la instrucción TBLWT.



ESCRITURA EN MEMORIA FLASH (SECUENCIA DE PROGRAMACIÓN)

Secuencia de programación de la memoria FLASH.

Almacenar el bloque de 64 bytes donde se va a modificar los datos, en la memoria RAM.

Actualizar los valores en la RAM si es necesario necesario.

Cargar el apuntador del programa con la dirección a ser borrada.

Borrar el bloque de memoria FLASH.

Cargar el apuntador del programa con la dirección de inicio a ser escrita.

Escribir los primeros 8 bytes en los registros de sujeción.

Utilizar la instrucción (TBLWT* + o TBLWT+*)

Poner en 1 el BIT EEPGD, para apuntar a la memoria de programa.

Borrar el BIT CFGS para acceder a la memoria de programa y poner en 1 el BIT WREN para habilitar la escritura.

Deshabilite las interrupciones.

Escriba 55h en el registro EECON2.

Escriba AAh en el registro EECON2.

Coloque en 1 el BIT WR, para comenzar el ciclo de escritura.

La CPU se detiene cerca de 2 milisegundos mientras se escribe Re –habilite las interrupciones.

Repita este ciclo 7 veces

Para escribir los 64 bytes

REGISTROS ASOCIADOS CON LA ESCRITURA EN LA MEMORIA DE PROGRAMA

Dirección	Nombre	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
FF8h	TBLPTRU	—	—	bit21	Program Memory Table Pointer Upper Byte (TBLPTR<20:16>)				
FF7h	TBPLTRH	Program Memory Table Pointer High Byte (TBLPTR<15:8>)							
FF6h	TBLPTRL	Program Memory Table Pointer High Byte (TBLPTR<7:0>)							
FF5h	TABLAT	Program Memory Table Latch							
FF2h	INTCON	GIE/ GIEH	PEIE/ GIEL	TMR0IE	INTE	RBIE	TMR0IF	INTF	RBIF
FA7h	EECON2	EEPROM Control Register2 (not a physical register)							
FA6h	EECON1	EEPGD	CFGS	—	FREE	WRERR	WREN	WR	RD
FA2h	IPR2	—	—	—	EEIP	BCLIP	LVDIP	TMR3IP	CCP2IP
FA1h	PIR2	—	—	—	EEIF	BCLIF	LVDIF	TMR3IF	CCP2IF
FA0h	PIE2	—	—	—	EEIE	BCLIE	LVDIE	TMR3IE	CCP2IE

MEMORIA EEPROM DE DATOS

La memoria EEPROM, no puede ser direccionada normalmente, para acceder a ella se hace a través de unos registros especiales

EECON1 (Registro de configuración)

EECON2 (Registro de configuración)

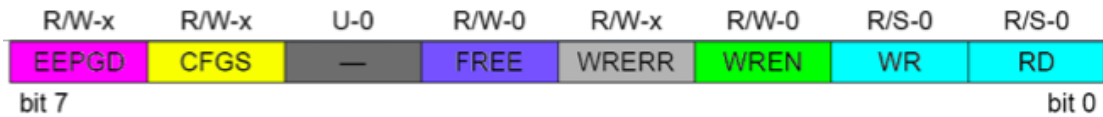
EEDATA (Registro de transferencia de datos)

EEADR (Registro de direccionamiento)

Los datos en la EEPROM, se sobrescriben y el tiempo de acceso de escritura o lectura tiene un tiempo típico de 4 milisegundos

Debido a que el registro EEADR es de 8 bits, la capacidad en EEPROM es de 256 bytes.

REGISTRO EECON1



BIT 7 **EEPGD**: bit de selección de la memoria FLASH o EEPROM

1 = Acceso a la memoria FLASH

0 = Acceso a la memoria EEPROM.

BIT 6 **CFGS**: Acceso a la memoria FLASH/EEPROM o a los registros de configuración del PIC

1 = Acceso a los registros de Configuración

0 = Acceso a la memoria FLASH o EEPROM

BIT 5 Sin implementar

BIT 4 **FREE**: Habilitación del ciclo de borrado en la memoria FLASH

1 = Borra la memoria FLASH (64 bytes) apuntada por TBLPTR en el próximo comando WR

0 = Solo para escritura.

BIT 3 **WRERR**: Bit de Error

1 = Una operación de escritura ha sido interrumpida.

0 = Operación de escritura completa.

BIT 2 **WREN**: Bit de habilitación de escritura en FLASH o EEPROM

1 = ciclos de escritura permitidos

0 = No permite escritura en la memoria EEPROM

BIT **WR**: bit de control de escritura

1 = Inicializa un ciclo de escritura en EEPROM o FLASH. Cuando la operación termina, el bit es borrado por HW y no se puede por software.

0 = El ciclo de escritura en EEPROM finalizó

BIT 0 **RD**: bit de control de lectura.

1 = Lee la memoria EEPROM. Es borrado por HW y no por SW. Este bit no se puede poner en 1 si EEPGD = 1.

0 = No se inicia la lectura de la EEPROM

LECTURA DE LA MEMORIA EEPROM DE DATOS

Para la lectura de la memoria EEPROM, se escribe la dirección a leer en EEADR.

Poner en 0 el bit EEPGD (bit 7 EECON1)

Poner en 0 el bit CFGS (bit 6 EECON1)

Poner en 1 el bit RD (bit 0 EECON1)

El dato leído se almacena en el registro EEDATA

ESCRITURA EN LA MEMORIA EEPROM DE DATOS

Para la Escritura en la memoria EEPROM, se escribe la dirección a acceder en el registro EEADR.

Poner en 0 el bit EEPGD (bit 7 EECON1)

Poner en 0 el bit CFGS (bit 6 EECON1)

Poner en 1 el bit WREN (bit 0 EECON1) con el fin de habilitar el acceso en modo escritura.

Poner en 1 el bit WR, para comenzar la escritura.

El dato leído se almacena en el registro EEDATA

Al finalizar la escritura en la memoria EEPROM, se genera una interrupción, al ponerse el 1 el bit EEIF del registro PIR2

MÓDULO CONVERSIÓN A/D (18F452)

El conversor analógico digital posee una resolución de 10 bits.

Controlado por los registros ADCON1 y ADCON0.

El resultado de la conversión es almacenado en los registros ADRESL y DRESH.

ADCON0

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
bit 7							bit 0

ADCON1 <ADCS2>	ADCON0 <ADCS1:ADCS0>	Clock Conversion
0	00	Fosc/2
0	01	Fosc/8
0	10	Fosc/32
0	11	FRC (Reloj proveniente del oscilador RC interno del ADC)
1	00	Fosc/4
1	01	Fosc/16
1	10	Fosc/64
1	11	FRC (Reloj proveniente del oscilador RC interno del ADC)

Bit 5-3 **CHS2:CHS0**: Selección del canal analógico

000 = canal 0, (RA0)

001 = canal 1, (RA1)

010 = canal 2, (RA2)

011 = canal 3, (RA3)

100 = canal 4, (RA5)

101 = canal 5, (RE0)

110 = canal 6, (RE1)

111 = canal 7, (RE2)

Bit 2 **GO/DONE**: Estado de la conversión A/D. Debe estar habilitado el bit ADON

1 = Conversión A/D en progreso (Colocando este bit en 1, se inicia la conversión A/D. Se borra por HW, cuando la conversión termina.)

0 = La conversión A/D no esta en progreso.

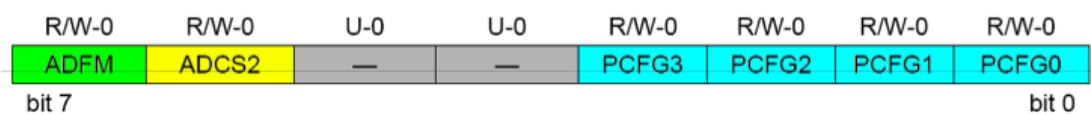
Bit 1 Sin implementar

Bit 0 **ADON**: Enciende el módulo A/D

1 = El módulo A/D esta encendido

0 = El módulo A/D esta apagado y no consume corriente.

ADCON1



PCFG <3:0>	AN7	AN6	AN5	AN4	AN3	AN2	AN1	AN0	VREF+	VREF-
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	AN3	VSS
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	—	—
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	AN3	AN2

Bit 7 **ADFM**: Formato del resultado de la conversión A/D.

1 = Justificado a la derecha. Los 6 bits mas significativos del registro ADRESH son cero.

0 = Justificado a la izquierda. Los 6 bits menos significativos del registro ADRESL son cero.

Bit 6 **ADCS2**: selección del tiempo de conversión del módulo A/D, trabaja en asocio con los bits ADCS1 y ADCS0 del registro ADCON0

Cuando el procesador se encuentra en modo SLEEP y se desea realizar una conversión, se debe utilizar como base de tiempo el oscilador RC del conversor A/D.

El conversor analógico digital funciona por conversiones sucesivas.

Un RESET en el dispositivo, obliga el apagado del conversor A/D y cualquier conversión en proceso es abortada.

Cada pin del microcontrolador que se use como entrada analógica, debe ser configurado como entrada en el respectivo registro TRIS

MÓDULO CONVERSIÓN A/D (PASOS) (18F452)

Los pasos para realizar una conversión A/D son los siguientes:

1. Configuración del módulo A/D.

Se configuran los pines que serán entradas analógicas o digitales (ADCON1).

Se selecciona el canal de entrada al módulo A/D (ADCON0).

Se selecciona el reloj de conversión A/D (ADCON0).

Se enciende el módulo A/D (ADCON0).

2. Configuración de interrupciones para el módulo A/D (opcional)

Borrar el bit ADIF en el registro PIR1

Poner en 1 el bit ADIE en el registro PIE1.

Poner en 1 el bit GIE y el PEIE en el registro INTCON.

3. Esperar el tiempo de adquisición en el condensador de sujeción interno.

4. Comenzar la conversión, colocando en 1 el bit GO/DONE del registro (ADCON0), este bit no se debe poner en 1 al mismo tiempo que instrucción que enciende el módulo A/D (ADON = 1)

5. Esperar que la conversión A/D concluya cuando:

El bit GO/DONE se ponga en 0 ó la interrupción del conversor A/D se dé.

6. Leer el resultado en los registros ADRESH y ADRESL y borrar el bit ADIF si es

necesario.

7. Para conversiones sucesivas, se deben esperar 2 TAD's antes de que el nuevo tiempo de adquisición comience. Se entiende por un TAD, el tiempo que demora la conversión de 1 bit y no puede ser menor a 1.6 microsegundos

Los bits ADCS0, ADCS1 y ADCS2, permiten escoger el oscilador para la conversión A/D que tiene relación directa con el TAD.

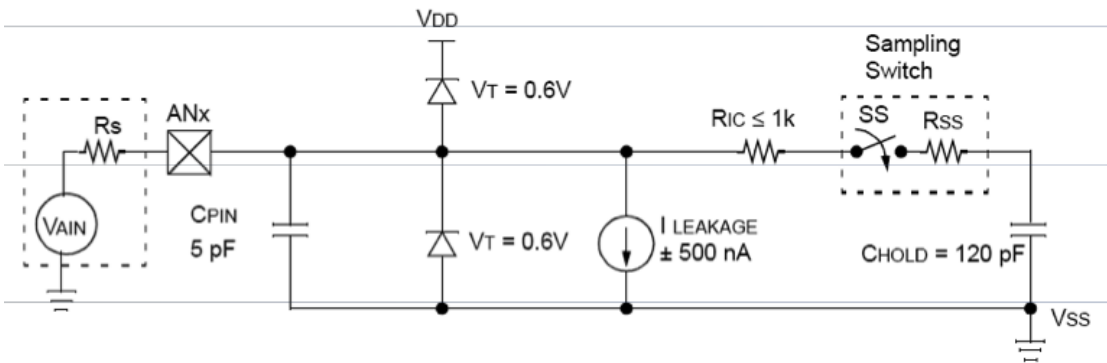
El TAD se obtiene así:

$$TAD = 1/(FOSC/n) \text{ ó } TOSC * \text{ donde } TOSC = 1/FOSC.$$

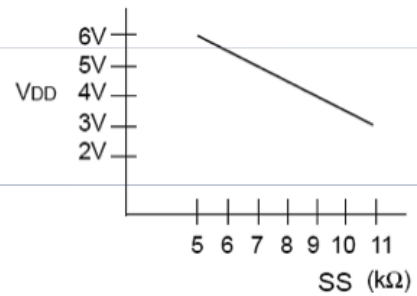
Si el valor de ADCS0, ADCS1, ADCS2 es de 101, el valor del TAD será de (16 * TOSC)

Si se desea trabajar con el oscilador RC interno del módulo A/D, el valor del TAD será de 2 micro segundos.

MODELO CIRCUITAL DE LA ENTRADA A/D



Legend: CPIN	= Capacitancia de entrada
VT	= Voltaje Umbral
I LEAKAGE	= Corriente de fuga
RIC	= Resistencia de Interconexión
SS	= Resistencia de muestreo
CHOLD	= Capacitancia de sujeción



TIEMPO DE ADQUISICIÓN CON VALORES TÍPICOS

$$TACQ = TAMP + Tc + TCOFF$$

Temperature coefficient is only required for temperatures > 25°C.

$$TACQ = 2 \mu s + Tc + [(Temp - 25^\circ C)(0.05 \mu s/^\circ C)]$$

$$Tc = -CHOLD (RIC + Rss + Rs) \ln(1/2048)$$

$$-120 \text{ pF} (1 \text{ k}\Omega + 7 \text{ k}\Omega + 2.5 \text{ k}\Omega) \ln(0.0004883)$$

$$-120 \text{ pF} (10.5 \text{ k}\Omega) \ln(0.0004883)$$

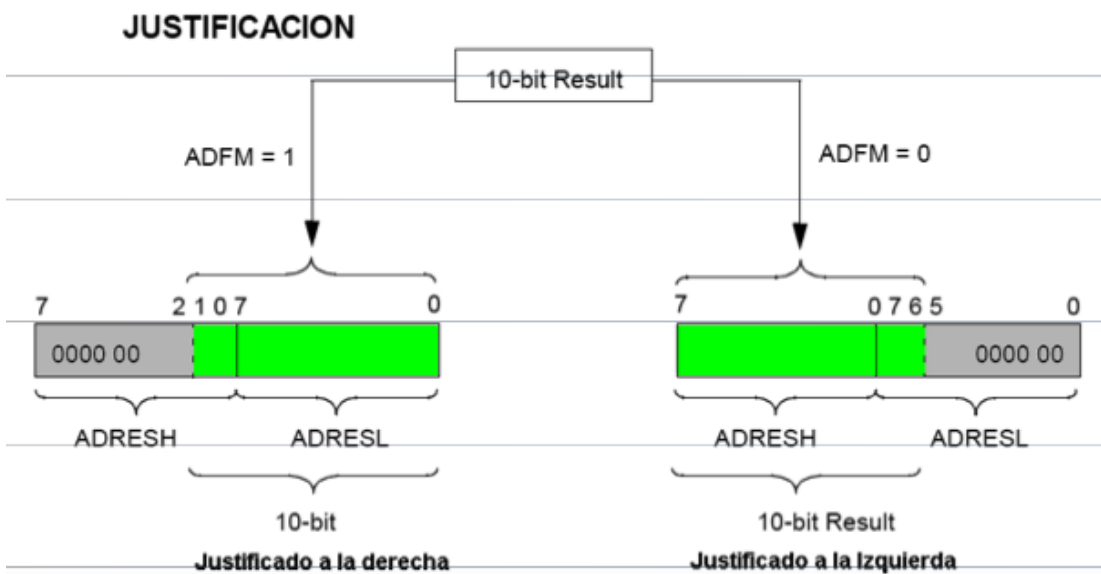
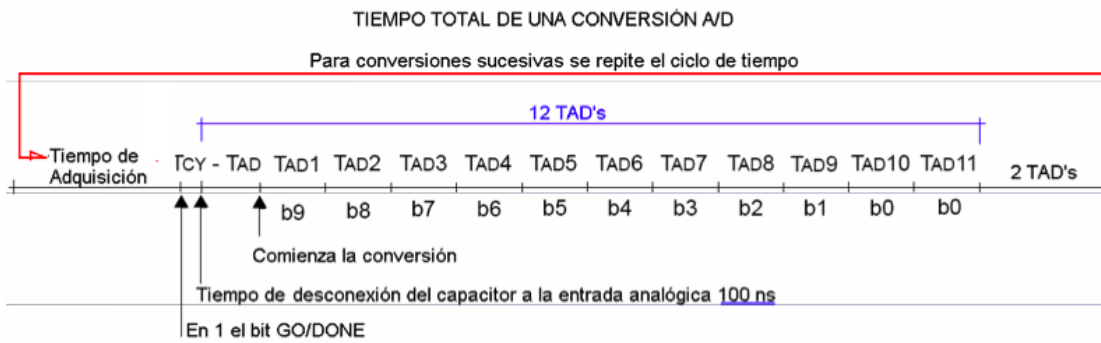
$$-1.26 \mu s (-7.6246)$$

$$9.61 \mu s$$

$$TACQ = 2 \mu s + 9.61 \mu s + [(50^\circ C - 25^\circ C)(0.05 \mu s/^\circ C)]$$

$$11.61 \mu s + 1.25 \mu s$$

$$12.86 \mu s$$



TEMPORIZADOR TIMER 0

Las características que posee el Timer0 son las siguientes:

Se puede seleccionar un modo de trabajo a 8 o 16 bits Se puede leer y escribir en él.

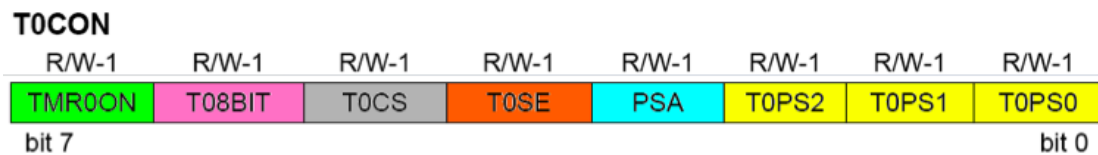
Posee un pre escalador propio de 8 bits.

Selección de fuente de reloj externa (Pin RA4 T0CKI) o interna Fosc/4

Genera una interrupción cuando se desborda en modo de 8 o 16 bits.

El timer 0 es controlado por el registro T0CON

TEMPORIZADOR TIMER 0 REG. T0CON



Bit 7 **TMR0ON**: Bit de control ON/OFF del Timer0

1 = Habilita el Timer0

0 = Detiene el Timer0

Bit 6 **T08BIT**: Bit de selección de Timer0 en modo 8 bits o 16 bits

1 = Timer0 en modo 8 bits

0 = Timer0 en modo 16 bits

Bit 5 **T0CS**: Bit de selección de la fuente de reloj de Timer0

1 = Transiciones en el pin T0CKI (RA4)

0 = Reloj interno de Instrucciones (FOSC/4)

Bit 4 **T0SE**: Bit de tipo de flanco para incremento de Timer0.

1 = Incremento por flanco de bajada.

0 = Incremento por flanco de subida.

Bit 3 **PSA**: Bit de asignación del Pre escalador

1 = Pre escalador no asignado a Timer0.

0 = Pre escalador asignado a Timer0.

Bit 2-0 **T0PS2:T0PS0**: Bits de selección del pre escalador.

111 = 1:256

110 = 1:128

101 = 1:64

100 = 1:32

011 = 1:16

010=1:8

001 = 1:4

000 = 1:2

TEMPORIZADOR TIMER 0

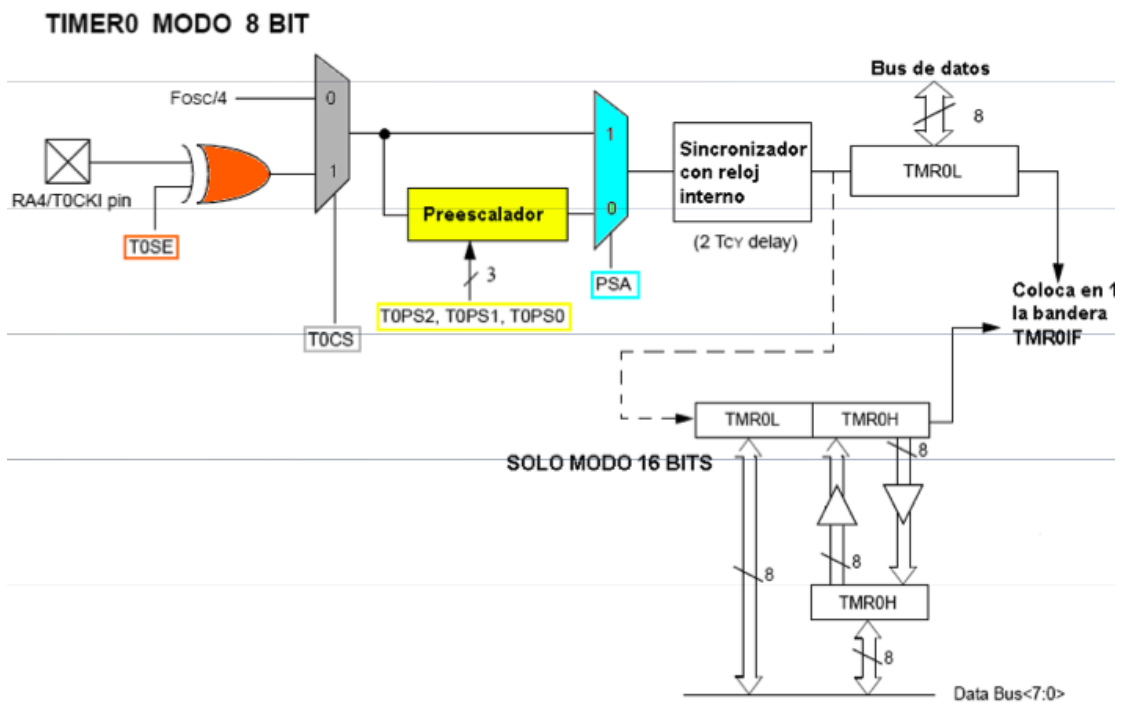
Si no se asigna preescalador a TMRO, el registro de él se incrementa cada ciclo de reloj.

Si el registro TMR0L es escrito, el conteo no se reanuda, hasta dos ciclos de instrucción después.

Si se utilizan instrucciones como:

clrf TMR0, ***movwf TMR0*** ó ***bsf TMR0***, el pre escalador es puesto a 0, aunque la asignación del pre escalador no cambia

La interrupción de TMR0, no puede sacar al procesador de un SLEEP, ya que en este caso el oscilador interno esta parado.



REGISTROS ASOCIADOS A TIMER0

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
TMR0L								
TMR0H								
INTCON	GIE/GIEH	PEIE/GIEL	TMR0IE	INT0IE	RBIE	TMR0IF	INT0IF	RBIF
T0CON	TMR0ON	T08BIT	T0CS	T0SE	PSA	T0PS2	T0PS1	T0PS0
TRISA	—							

El registro TMR0H se actualiza solo cuando se hace una lectura de TMR0L, esto con el fin de leer los 16 bits de TMR0.

La parte alta de TMR0, solo se carga en el registro TMR0H cuando se hace escritura en TMR0L, esto con el fin de transferir los 16 bits a la vez

TEMPORIZADOR TIMER 1

El Timer1 es un temporizador de 16 bits posee los registros TMR1H y TMR1L.

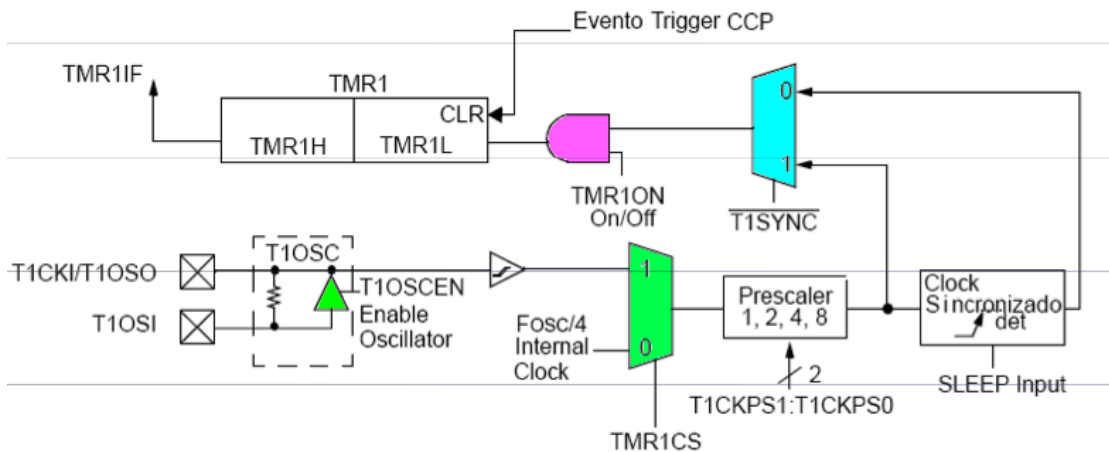
Selección de fuente de reloj interna o externa.

Puede conectarse un oscilador en los pines de entrada de Timer1 con el fin de tener una base tiempo precisa independiente del reloj interno.

La interrupción se genera por rebose

Un evento especial del módulo CCP, lo coloca en 0

TIMER1



T1CON:

RD16	—	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	T1SYNC	TMR1CS	TMR1ON
bit 7							bit 0

TEMPORIZADOR TIMER1 REG. T1CON

Bit 7 **RD16**: Modo de lectura escritura de 16-bits

1 = Habilita la lectura y escritura del Timer1 en una operación de 16-bits
una operación de 16bits.

0 = Habilita la lectura y escritura del Timer1 en dos operaciones de 8-bits.

Cuando RD16 vale 1, la parte alta del timer 1 es transferida a TMR1H a través de un buffer.

Esto ocurre solo cuando TMR1L es leído, así se transfieren los 16 bits al tiempo.

Para realizar una escritura de 16 bits a el Timer1 se carga TMR1H con el valor Timer 1,

se carga TMR1H con el valor deseado y a continuación se escribe TMR1L, en ese instante se hace la transferencia de 16 bits a la vez.

Bit 6 Sin implementar

Bit 5-4 **T1CKPS1:T1CKPS0**: Bits del pre escalador de Timer1

11 = 1:8

10=1:4

01 = 1:2

00 = 1:1

Bit 3 **T1OSCEN**: Bit habilitador del Oscilador de Timer1.

1 = Oscilador de Timer1 habilitado

0 = Oscilador de Timer1 apagado Bit 2 **T1SYNC**: Sincronización de reloj externo con el reloj interno

Cuando TMR1CS = 1:

1= No sincronice la señal de reloj externa

0 = Sincronice la señal de reloj externa

Cuando TMR1CS 0: Se ignora, ya que se esta usando el reloj interno

Bit 1 **TMR1CS**: Bit de selección de la fuente de reloj de Timer1.

1 = Reloj externo, entrada por RC0/T1OSO/T13CKI (cuenta cada flanco de subida)

0 = Reloj Interno (FOSC/4)Bit 0

TMR1ON: Bit de encendido del Timer1

1 = Habilita el conteo en Timer1

0 = Detiene el conteo en Timer1

TEMPORIZADOR TIMER1. OSCILADOR

El oscilador externo para Timer1 se ubica entre los pines T1OSO y T1OSI (RC0 y RC1)

El oscilador de cuarzo que se conecta a estos pines no debe exceder los 200 KHz.

Los condensadores sugeridos son de 33 pF.

Una alta capacitancia incrementa la estabilidad, pero aumenta el tiempo de arranque del oscilador

TEMPORIZADOR TIMER 1

REGISTROS ASOCIADOS CON TIMER 1

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
INTCON	GIE/GIEH	PEIE/GIEL	TMR0IE	INT0IE	RBIE	TMR0IF	INT0IF	RBIF
PIR1	PSPIF ⁽¹⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF
PIE1	PSPIE ⁽¹⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE
IPR1	PSPIP ⁽¹⁾	ADIP	RCIP	TXIP	SSPIP	CCP1IP	TMR2IP	TMR1IP
TMR1L								
TMR1H								
T1CON	RD16	—	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	T1SYNC	TMR1CS	TMR1ON

TEMPORIZADOR TIMER 2

El Timer2 se caracteriza por lo siguiente:

Un registro TMR2 de 8 bits
Un registro PR2, que controla el máximo conteo de TMR2.

Un pre escalador de (1:1, 1:4, 1:16)

Un post escalador (1:1 a 1:16)

Se genera una interrupción al igualarse TMR2 con PR2. TMR2 es utilizado como base de tiempo para el control del módulo PWM

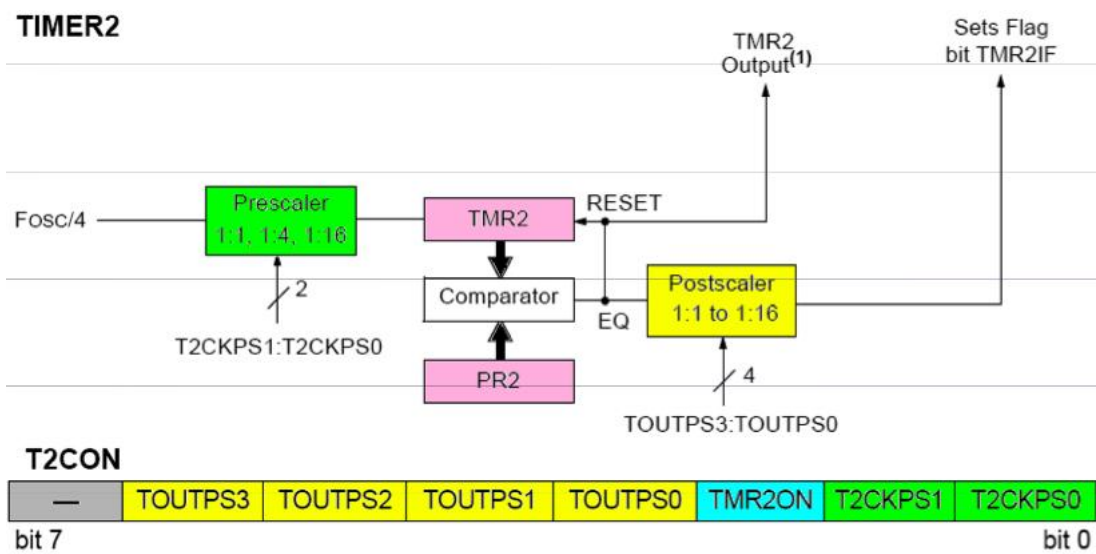
El pre escalador y el post escalador son puestos a su valor mínimo, cuando:

Se escribe en el registro TMR2.

Se escribe en el registro T2CON

P RESET

Por un RESETEI valor de TMR2 no se pone en 0 si T2CON es modificado.



TEMPORIZADOR TIMER2 REG. T2CON

Bit 7 Sin implementar

Bit 6 a 3 **TOUTPS3:TOUTPS0**: Timer2 Post escalador

0000 = 1:1 Post escalador

0001 = 1:2 Post escalador

1111 = 1:16 Post escalador

Bit 2 **TMR2ON**: Bit de encendido

1 = Timer2 encendido

0 = Timer2 apagado

Bit 1 a 0 **T2CKPS1:T2CKPS0**: Timer2 Pre escalador

00 = Pre escalador en 1 01 = Pre escalador en 4 1x = Pre escalador en 16

TEMPORIZADOR TIMER2

REGISTROS ASOCIADOS A TIMER2

Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
INTCON	GIE/GIEH	PEIE/GIEL	TMR0IE	INT0IE	RBIE	TMR0IF	INT0IF	RBIF
PIR1	PSPIF ⁽¹⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF
PIE1	PSPIE ⁽¹⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE
IPR1	PSPIP ⁽¹⁾	ADIP	RCIP	TXIP	SSPIP	CCP1IP	TMR2IP	TMR1IP
TMR2								
T2CON	—	TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMR2ON	T2CKPS1	T2CKPS0
PR2								

TEMPORIZADOR TIMER 3

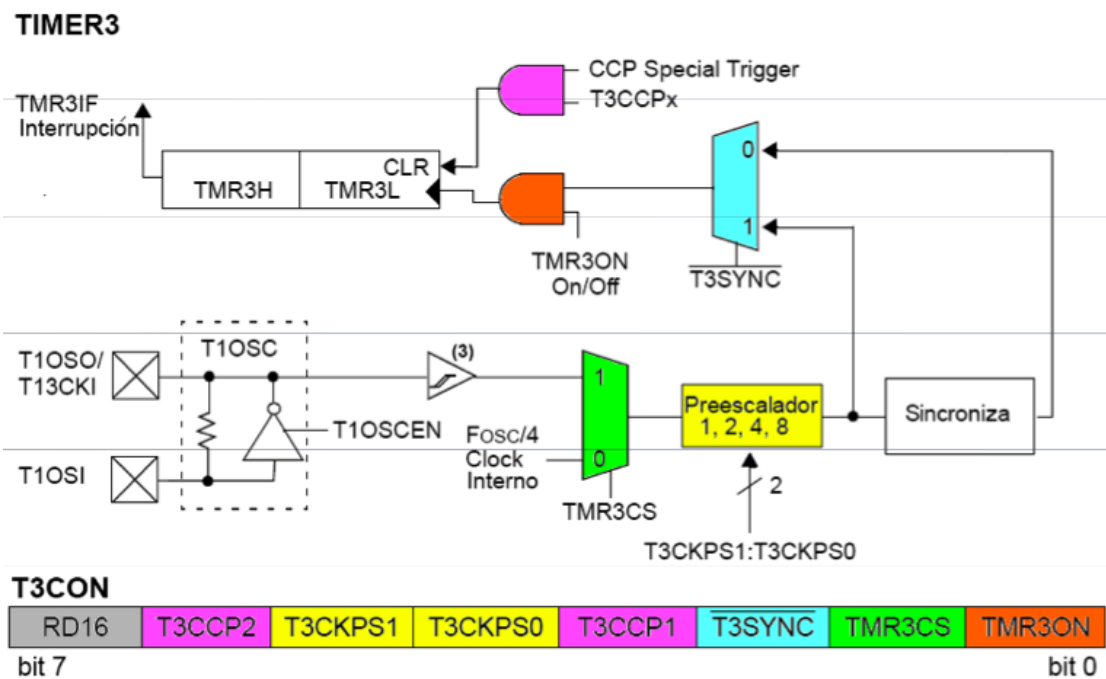
El temporizador Timer3 posee las siguientes características:

16 –bits de tamaño, conformado por dos registros de 8 bits

Uso de oscilador externo.

Interrupción por rebose del temporizador, al pasar de FFFFh a 0000h

Se puede borrar por un disparo del módulo CCP.



TEMPORIZADOR TIMER 3 REG. T3CON

Bit 7 **RD16**: Habilita el modo de lectura escritura de 16 bits

1= Habilita la lectura escritura del Timer3 en una operación de 16 bits.

El TMR3H, se actualiza al leer o escribir en el TMR3L

0 = Habilita la lectura escritura del

Timer3 en dos operaciones de 8 bits.

Bit 6-3 **T3CCP2:T3CCP1**:Uso del Timer3 y CCP

Timer1 para trabajar con el módulo CCPx.

1x = Timer3 es la fuente de reloj para el módulo CCP en modo captura y comparación.

01 = Timer3 es la fuente de reloj para el módulo CCP2 y Timer1 es la fuente de reloj para el módulo CCP1J

00 = Timer1 es la fuente de reloj para el módulo CCP en modo captura y comparación.

Bit 5-4 **T3CKPS1:T3CKPS0**: Pre escalador del Timer3

Timer3

11 = 1:8

10 = 1:4

01 = 1:2

00 = 1:1

Bit 2 **T3SYNC**: Bit para sincronización de la fuente de reloj externa de Timer3.

Cuando TMR3CS = 1:

1 = No sincronice el reloj externo con el interno

0 = sincronice el reloj externo con el interno

Cuando TMR3CS = 0:

Es ignorado.

Bit 1 **TMR3CS**: Selección de la fuente de reloj de Timer3

1 = Fuente de reloj externa proveniente del oscilador de Timer1 o del pin T1CKI

0 = Fuente de reloj interna (FOSC/4)

Bit 0 **TMR3ON**: Encendido de Timer3

1 = Habilita Timer3 = Detiene Timer3

TEMPORIZADOR TIMER3

Para que el reset debido al evento de disparo del módulo CCP funcione, el TIMER3, debe estar configurado con reloj interno o externo con sincronización.

El evento de disparo coloca en 0 el timer 3 pero no genera una interrupción.

REGISTROS RELACIONADOS CON TIMER 3

Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
INTCON	GIE/ GIEH	PEIE/ GIEL	TMR0IE	INT0IE	RBIE	TMR0IF	INT0IF	RBIF
PIR2	—	—	—	EEIF	BCLIF	LVDIF	TMR3IF	CCP2IF
PIE2	—	—	—	EEIE	BCLIE	LVDIE	TMR3IE	CCP2IE
IPR2	—	—	—	EEIP	BCLIP	LVDIP	TMR3IP	CCP2IP
TMR3L								
TMR3H								
T1CON	RD16	—	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	T1SYN \bar{C}	TMR1CS	TMR1ON
T3CON	RD16	T3CCP2	T3CKPS1	T3CKPS0	T3CCP1	T3SYN \bar{C}	TMR3CS	TMR3ON

Modulo CCP

El módulo CCP1 y CCP2, constan de 1 registro de control CCPxCON y 2 registros de 8 bits auxiliares (CCPRxL y CCPRxH) para el manejo del módulo.

Los modos de trabajo son captura, comparación y PWM.

Este módulo hace uso de los temporizadores Timer1, Timer2 y Timer3

CCP Mode	Timer Resource
Capture	Timer1 or Timer3
Compare	Timer1 or Timer3
PWM	Timer2

Modulo CCP (Registro de control)

CCP1CON/CCP2CON

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	DCxB1	DCxB0	CCPxM3	CCPxM2	CCPxM1	CCPxM0

bit 7 bit 0

Bit 7-6 Sin implementar

Bit 5-4 DCxB1:DCxB0: bit 0 y 1 de el ciclo de t_{bj} PWM trabajo PWM, no usado en modo captura y comparación

Bit 3-0 CCPxM3:CCPxM0: Bits de selección del modo de trabajo

0000 = Modulo CCP apagado

0001 = Reservado

0010 = Modo compara, pulso a la salida al darse la igualdad (CCPxIF se coloca en 1)

0011 = Reservado

0100 = Moda captura, cada flanco de bajada.

0101 = Modo captura, cada flanco de subida.

0110 = Modo captura, cada 4 flancos de subida.

0111 = Modo captura, cada 16 flancos de subida.

1000 = Modo compara, coloca el pin CCP en estado alto cuando se produce la igualdad (CCPIF se coloca en 1)

1001 = Modo compara, coloca el pin CCP en estado alto al darse la (CCPIF I 1) igualdad (CCPIF se coloca en 1)

1010 = Modo compara, el pin CCP no cambia, CCPIF se coloca en 1 cuando la igualdad se da.

1011 = Modo compara, se genera un evento trigger al producirse la igualdad (CCPIF se coloca en 1)

11xx = Modo PWM

MODULO CCP (MODO DE CAPTURA)

En modo de captura los registros CCPR1H:CCPR1L, capturan el valor de los 16 bits de los registros de TMR1 o TMR3, cuando un evento en el pin RC2/CCP1 ocurre.

Los eventos son:

Cada flanco de bajada

Cada flanco de subida

Cada 4 flancos de subida

Cada a cosdesubda

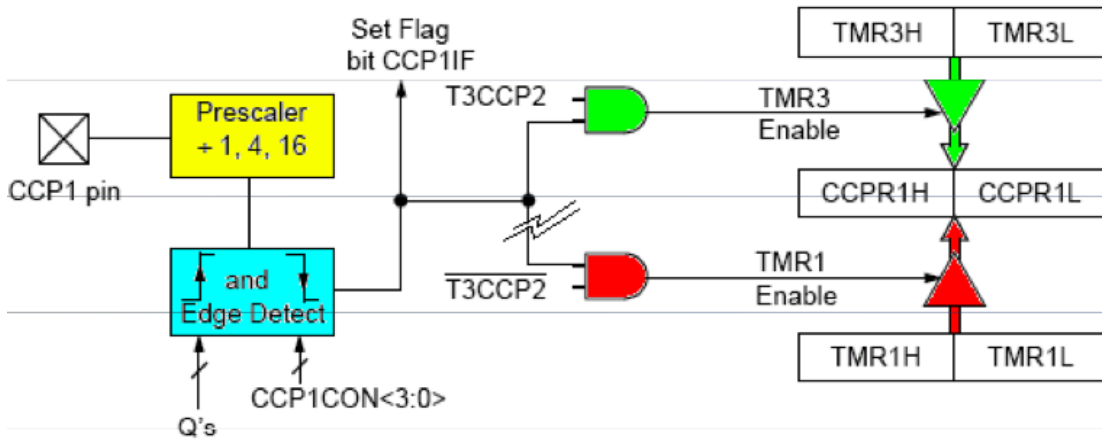
Cada 16 flancos de subida

El pin del módulo CCPP debe ser configurado como entrada

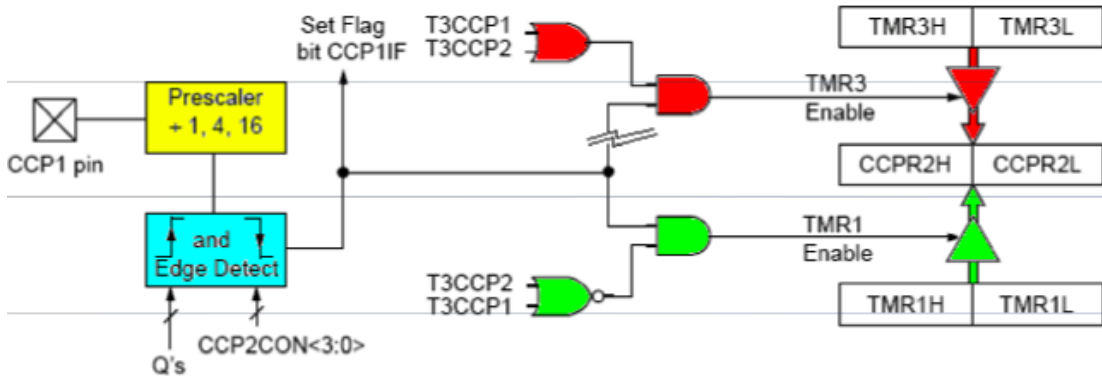
El timer 1 y 3 deben estar sincronizados con el reloj interno, si están contando pulsos externos.

Si se realiza un cambio de configuración del modo de trabajo del módulo CPP, se debe apagar el módulo. Ya que si no se hace se puede generar una falsa interrupción.

MODULO CCP1 EN MODO CAPTURA



MODULO CCP2 EN MODO CAPTURA



MODULO CCP (MODO COMPARA)

En modo compara, los 16 bits de los registros CCPR1 o (CCPR2) son comparados constantemente con el valor de TMR1 o TMR3.

Cuando el valor de CCPRx se hace igual al de un Timer, ocurre lo siguiente en los pines RC2/CCP1 o RC1/CCP2:

Se pone en estado alto

Se pone en estado bajo

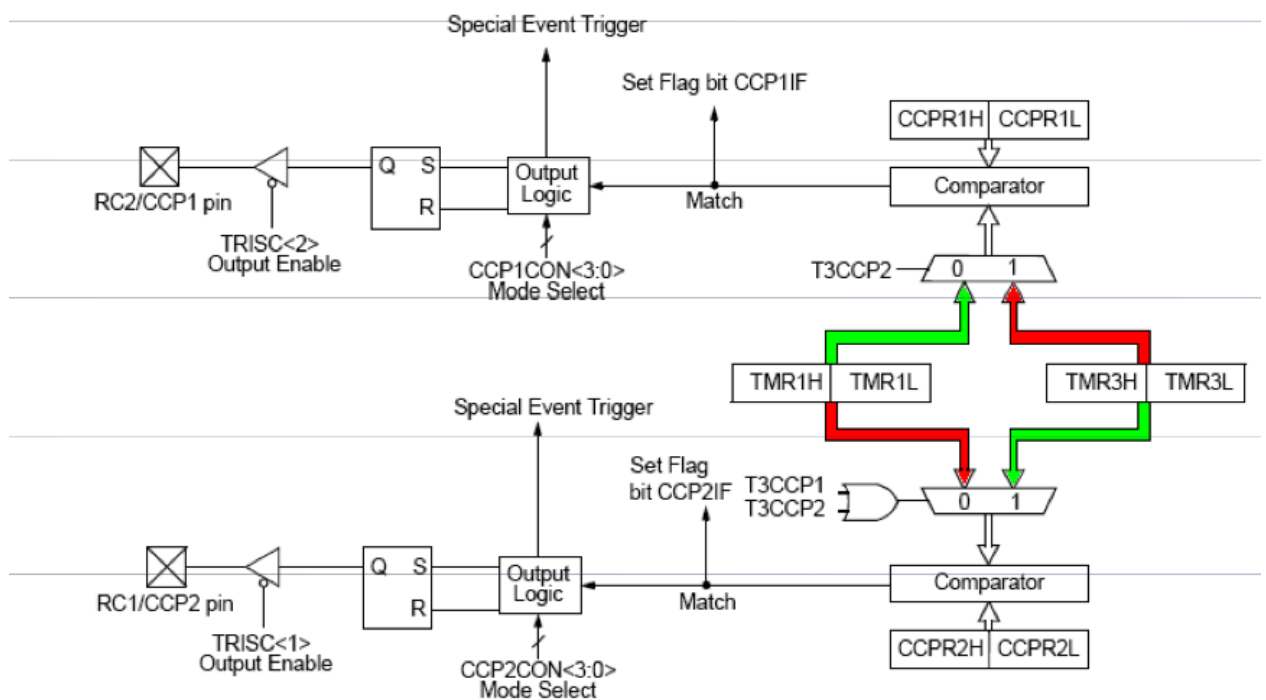
Cambia de estado (Alto a Bajo o Bajo a Alto)

Se mantiene sin cambios

El timer 1 y 3 deben estar sincronizados con el reloj interno, si están contando pulsos externos.

Si se realiza un cambio de configuración del modo de trabajo del módulo CPP, se debe apagar el módulo. Ya que si no se hace se puede generar una falsa interrupción

MODO DE COMPARACION DE CCPx



REGISTROS ASOCIADOS CON CCP EN MODO CAPTURA Y COMPARACIÓN

Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
INTCON	GIE/GIEH	PEIE/GIEL	TMR0IE	INT0IE	RBIE	TMR0IF	INT0IF	RBIF
PIR1	PSPIF ⁽¹⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF
PIE1	PSPIE ⁽¹⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE
IPR1	PSPIP ⁽¹⁾	ADIP	RCIP	TXIP	SSPIP	CCP1IP	TMR2IP	TMR1IP
TRISC								
TMR1L								
TMR1H								
T1CON	RD16	—	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	$\overline{T1SYNC}$	TMR1CS	TMR1ON
CCPR1L								
CCPR1H								
CCP1CON	—	—	DC1B1	DC1B0	CCP1M3	CCP1M2	CCP1M1	CCP1M0
CCPR2L								
CCPR2H								
CCP2CON	—	—	DC2B1	DC2B0	CCP2M3	CCP2M2	CCP2M1	CCP2M0
PIR2	—	—	—	EEIE	BCLIF	LVDIF	TMR3IF	CCP2IF
PIE2	—	—	—	EEIF	BCLIE	LVDIE	TMR3IE	CCP2IE
IPR2	—	—	—	EEIP	BCLIP	LVDIP	TMR3IP	CCP2IP
TMR3L								
TMR3H								
T3CON	RD16	T3CCP2	T3CKPS1	T3CKPS0	T3CCP1	$\overline{T3SYNC}$	TMR3CS	TMR3ON

MODULO CCP (MODO PWM)

El modo PWM, posee una resolución de 10 bits.

Al borrar el registro CCPxCON, la salida del módulo PWM se pone en su estado por defecto (0).

El registro Timer 2 es utilizado como base de tiempo para la operación de este módulo.

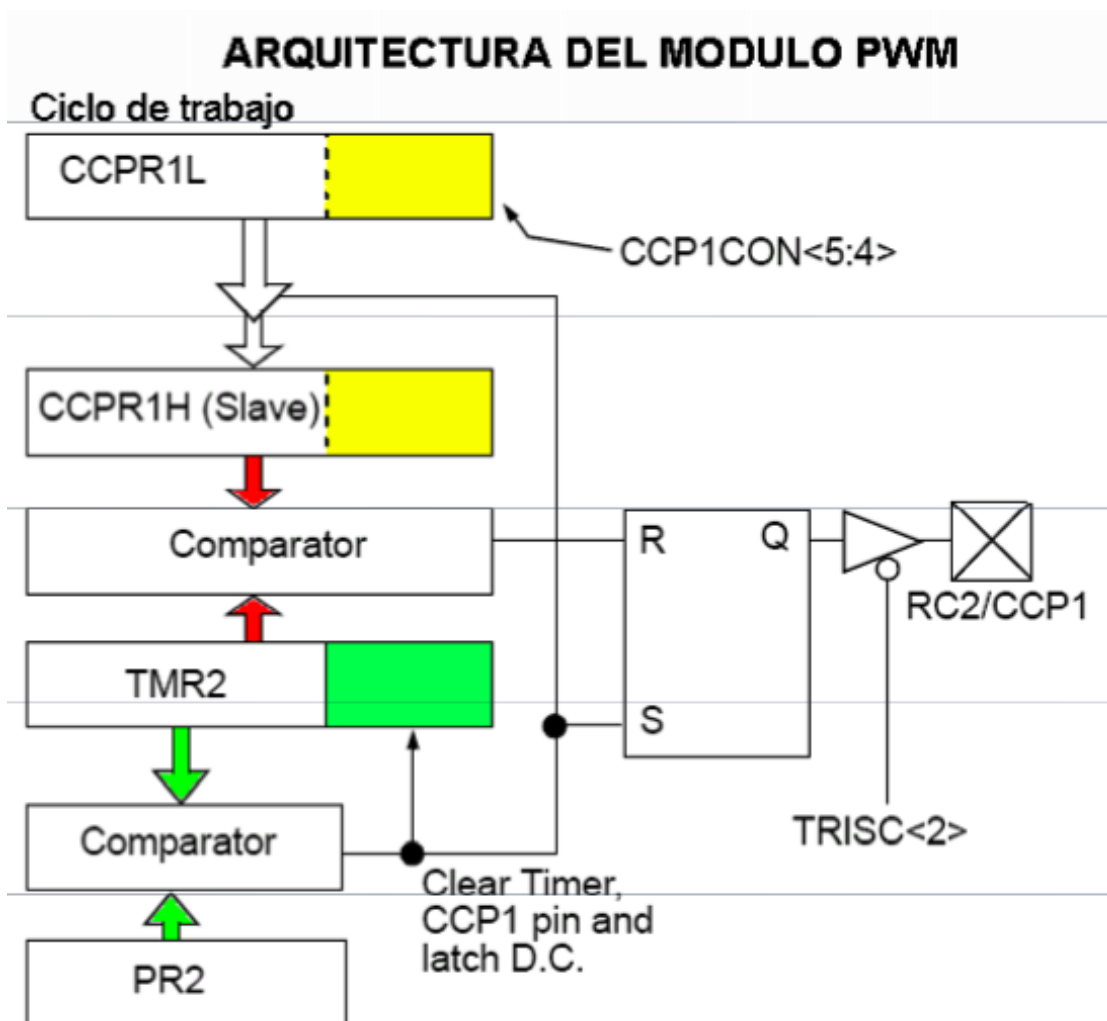
El pos escalador de TMR2 no se utiliza.

El periodo PWM está dado por:

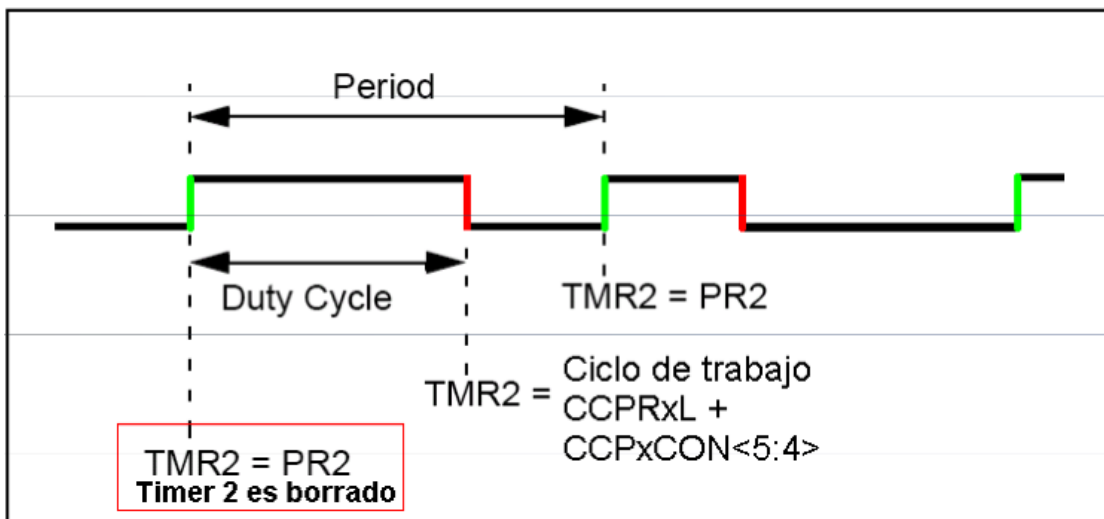
$$\text{Periodo PWM} = [PR2 + 1] * 4 * TOSC * (\text{Pre escalador TMR2})$$

El ciclo de trabajo o tiempo de cresta esta dado por:

$$\text{Tiempo Cresta PWM} = (\text{CCPR1L:CCP1CON}<5:4>) * TOSC * (\text{Pre escalador de TMR2})$$



SALIDA PWM



Como Configurar el módulo PWM

Seleccione el periodo de trabajo mediante el registro PR2.

Seleccione el tiempo de cresta de PWM mediante el registro CCPR1L y los bits 5 y 4 de CCP1CON.

Configure el pin de salida del módulo CPP como salida.

Configure el preescalador de Timer2 en el registro T2CON.

Configure el módulo CPP para modo de trabajo PWM.

REGISTROS ASOCIADOS CON EL MODO PWM

Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
INTCON	GIEN:GIEH	PEIEN:GIEL	TMR0IE	INT0IE	RBIE	TMR0IF	INT0IF	RBIF
PIR1	PSPIF ⁽¹⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF
PIE1	PSPIE ⁽¹⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE
IPR1	PSPIP ⁽¹⁾	ADIP	RCIP	TXIP	SSPIP	CCP1IP	TMR2IP	TMR1IP
TRISC								
TMR2								
PR2								
T2CON	—	TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMR2ON	T2CKPS1	T2CKPS0
CCPR1L								
CCPR1H								
CCP1CON	—	—	DC1B1	DC1B0	CCP1M3	CCP1M2	CCP1M1	CCP1M0
CCPR2L								
CCPR2H								
CCP2CON	—	—	DC2B1	DC2B0	CCP2M3	CCP2M2	CCP2M1	CCP2M0

MODULO DE COMUNICACIÓN SERIAL USART

El módulo de comunicación serial puede ser configurado de la siguiente manera:

Sistema asíncrono full duplex.

Sistema síncrono half-duplex (Maestro).

Sistema síncrono half-duplex (Esclavo). El módulo USART cuenta con dos registros de configuración.

Registro de control de transmisión TXSTA.

Registro de control de recepción RCSTA.

MODULO DE COMUNICACIÓN SERIAL USART (REGISTRO TXSTA)

REGISTRO DE CONTROL DE ESTADO DE TRANSMISIÓN TXSTA

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R-1	R/W-0
CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D
bit 7							bit 0

Bit 7 CSRC: Selección de la fuente de reloj.

Modo Asíncrono:

No se tiene en cuenta Modosincrónico:

Modo sincrónico:

1 = Modo maestro (reloj generado internamente por el BRG)

0 = Modo Esclavo (reloj de fuente externa)

Bit 6 TX9: Habilitador de transmisión de 9-bit.

1 = 9 bits para transmitir.

0 = 8 bits para transmitir.

Bit 5 TXEN: Habilitación de Transmisión

1 = Transmisión habilitada

0 = Transmisión deshabilitada

Bit 4 SYNC: Selección del modo de trabajo USART

1 = Modo sincrónico

0 = Modo asíncrono

Bit 3 Sin implementar

Bit 2 BRGH: Modo de selección de trabajo del Baud Rate Generator

Modo asíncrono:

1 = Alta velocidad

0 = Baja velocidad

Modo Sincrónico:

No utilizado en este modo

Bit 1 TRMT: Estado del registro de corrimiento

1 = TSR vacío

0 = TSR lleno

Bit 0 TX9D: Noveno bit de datos a ser transmitido

Modulo de Comunicación serial USART (Registro RCSTA)

REGISTRO DE CONTROL DEL ESTADO DE RECEPCIÓN RCSTA

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-0	R-0	R-x
SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D
bit 7							bit 0

Bit 7 SPEN: Habilitador de puerto serial

1 = Puerto serial habilitado

0 = Puerto serial deshabilitado

Bit 6 RX9: Habilita la recepción de noveno bit.

1 = Se van a recibir 9 bits.

0 = Se van a recibir 8 bits.

Bit 5 SREN: Habilitación de recepción simple.

Modo asíncrono:

No se tiene en cuenta

Modo síncrono -Maestro:

1 = Habilita una recepción simple

0 = Deshabilita la recepción simple.

Modo síncrono -Esclavo:

No se tiene en cuenta

Bit 4 CREN: Habilita la recepción continua.

Modo asíncrono:

1 = Habilita el receptor

0 = Deshabilita el receptor

Modo sincrónico:

1 = Habilita la recepción continua, hasta que el bit CREN se borre (CREN sobrescribe SREN)

0 = Deshabilita la recepción continua.

Bit 3 ADDEN: Habilita la detección de direcciones

Modo asíncrono con noveno bit en 1 (RX9 = 1):

1 = Habilita la detección de direcciones, habilita la interrupción y lee el buffer de recepción cuando RSR<8> se pone en 1

0 = Deshabilita la detección de direcciones, todos los bytes son recibidos y el noveno bit se puede usar como bit de paridad

Bit 2 FERR: Bit de error de Encuadre

1 = Error de encuadre

0 = No hay error de encuadre

Bit 1 OERR: Bit de error de desborde

1 = Error de desborde

0 = No hay error de desborde

bit 0 RX9D: Noveno bit en recepción

MODULO DE COMUNICACIÓN SERIAL USART (TASA DE TRANSFERENCIA)

Existen dos modos para calcular la tasa de transferencia de puertoserial USART puerto serial USART. Modo alta y baja velocidad.

El bit BRGH <TXSTA 2>, permite escoger el modo, mientras que el registro SPBRG contiene la tasa de transferencia escogida. En las ecuaciones “X” es el valor de SPBRG

Modo asíncrono baja velocidad.

$$\text{Tasa de transferencia} = \text{FOSC}/(64(X+1))$$

Modo asíncrono alta velocidad.

$$\text{Tasa de transferencia} = \text{FOSC}/(16(X+1))$$

Modo sincrónico baja velocidad.

$$\text{Tasa de transferencia} = \text{FOSC}/(4(X+1))$$

Modo sincrónico alta velocidad.

No aplica

MODULO DE COMUNICACIÓN SERIAL USART (MODO ASÍNCRONO)

En modo asíncrono el USART utiliza el estándar de no retorno a cero NRZ.

Se utiliza un bit de inicio, 8 o 9 bits de datos y un bit de parada de parada.

El USART transmite y recibe primero el bit menos significativo significativo

El TX y RX pueden funcionar independientemente, aunque utilizan la misma tasa de transferencia. No se soporta bit de paridad por HW, aunque se puede realizar por SW.

MODULO DE COMUNICACIÓN SERIAL USART (MODO ASÍNCRONO TX)

El registro TSR es actualizado con el valor contenido en TXREG, cuando la transferencia de datos ha finalizado; es decir cuando el bit de parada de un dato previo ha sido transmitido.

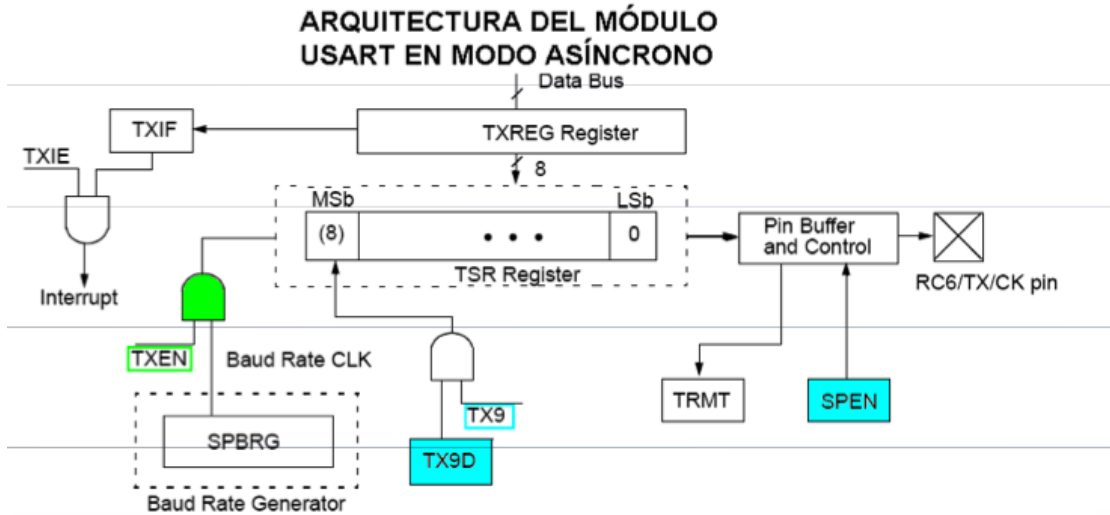
TXREG se actualiza por SW.

Una vez que TXREG transfiere sus datos a TSR, queda vacío y se produce una interrupción.

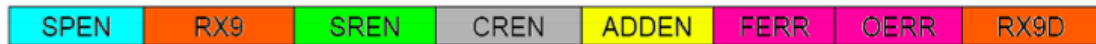
La bandera TXIF se pone en 1, independiente del estado de TXIE y no puede ser borrada por SW. Solo se borra cuando un nuevo valor ha sido cargado en TXREG.

El bit TRMT, muestra el estado del registro de corrimiento TSR, colocándose en 1 cuando TSR esta vacío.

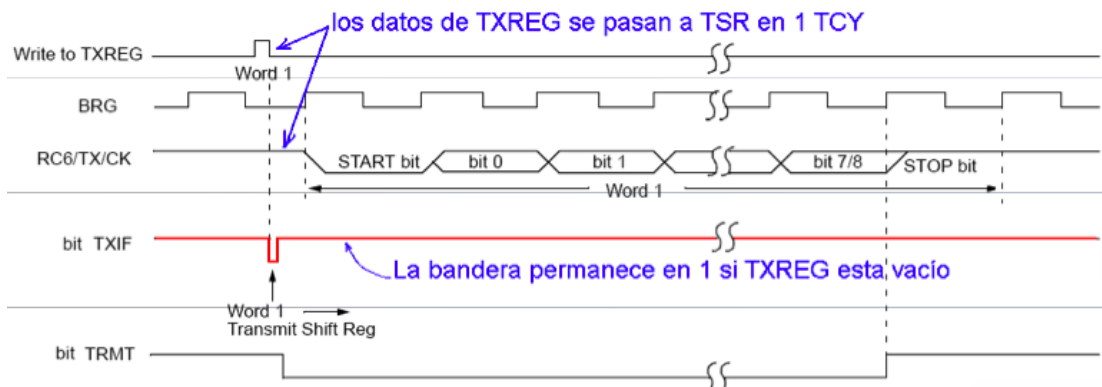
La bandera TXIF solo se pone en 1 cuando el bit TXEN esta en 1

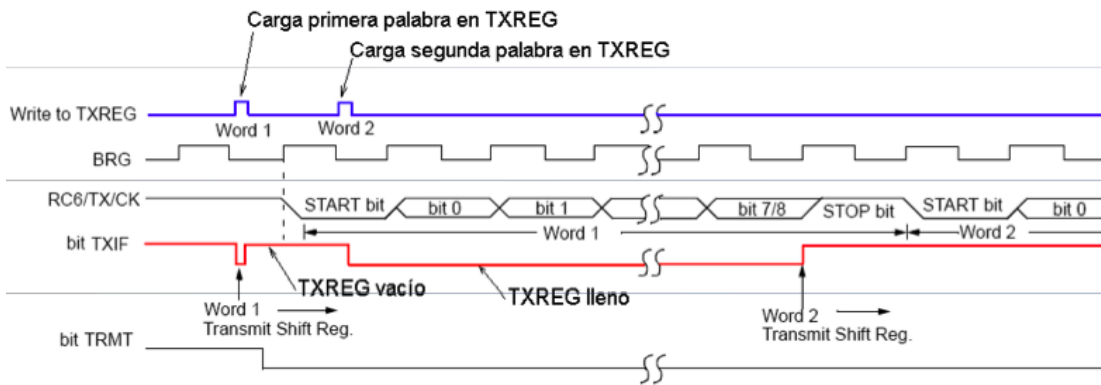


RCSTA



TXSTA





REGISTROS ASOCIADOS CON UNA TRANSMISIÓN SERIAL

Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
INTCON	GIE/GIEH	PEIE/GIEL	TMR0IE	INT0IE	RBIE	TMR0IF	INT0IF	RBIF
PIR1	PSPIF ⁽¹⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF
PIE1	PSPIE ⁽¹⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE
IPR1	PSPIP ⁽¹⁾	ADIP	RCIP	TXIP	SSPIP	CCP1IP	TMR2IP	TMR1IP
RCSTA	SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D
TXREG								
TXSTA	CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D
SPBRG								

Para configurar la transmisión se requiere:

1. Inicializar el SPBRG para la tasa de transferencia deseada. Con el bit BRGH se escoge si se desea alta o baja velocidad.
2. Habilitar el puerto serial asíncrono colocando en 0 el bit SYNC y poniendo en 1 el bit SPEN.
3. Si se desean interrupciones colocar en 1 el bit TXIE.
4. Si se desea transmisión de noveno bit, colocar en 1 el bit TX9.

5. Habilitar la transmisión colocando en 1 el bit TXEN el cual colocará en 1 el bit TXIF.

6. Cargar el dato a transmitir en TXREG.

MODULO DE COMUNICACIÓN SERIAL USART (MODO ASÍNCRONO RX)

Para habilitar una recepción asíncrona se requiere:

1. Inicializar el SPBRG para la tasa de transferencia deseada. Con el bit BRGH se escoge si se desea alta o baja velocidad.

2. Habilitar el puerto serial asíncrono colocando en 0 el bit SYNC y poniendo en 1 el bit SPEN.

3. Si se desean interrupciones colocar en 1 el bit RCIE.

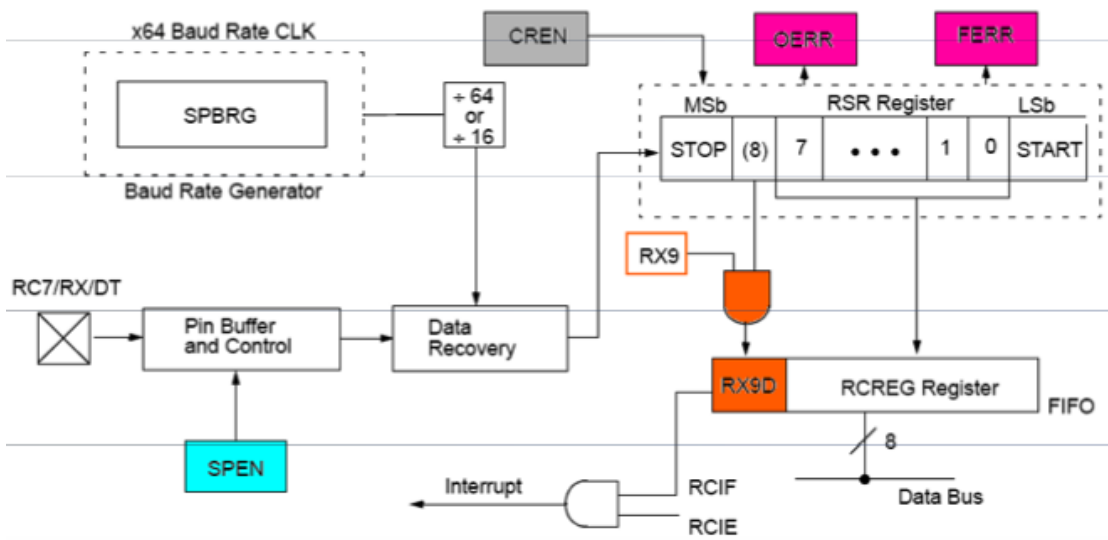
4. Si se desea recepción de noveno bit, colocar en 1 el bit RX9.

5. Habilitar la recepción colocando el bit CREN en 1.

6. La bandera RCIF se pondrá en 1 cuando la recepción se complete y se generará una interrupción si el bit RCIE fue puesto en 1.

7. Leer el dato recibido del registro RCREG.

ARQUITECTURA DE RECEPCIÓN USART



RCSTA



TXSTA



REGISTROS ASOCIADOS CON RECEPCIÓN ASÍNCRONA

Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
INTCON	GIE/GIEH	PEIE/GIEL	TMR0IE	INT0IE	RBIE	TMR0IF	INT0IF	RBIF
PIR1	PSPIF ⁽¹⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF
PIE1	PSPIE ⁽¹⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE
IPR1	PSPIP ⁽¹⁾	ADIP	RCIP	TXIP	SSPIP	CCP1IP	TMR2IP	TMR1IP
RCSTA	SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D
RCREG								
TXSTA	CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D
SPBRG								

A2. MAX6675

19-2235; Rev. 1, 3/02

MAXIM

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

General Description

The MAX6675 performs cold-junction compensation and digitizes the signal from a type-K thermocouple. The data is output in a 12-bit resolution, SPI™-compatible, read-only format.

This converter resolves temperatures to 0.25°C, allows readings as high as +1024°C, and exhibits thermocouple accuracy of 8LSBs for temperatures ranging from 0°C to +700°C.

The MAX6675 is available in a small, 8-pin SO package.

Features

- ◆ Direct Digital Conversion of Type-K Thermocouple Output
- ◆ Cold-Junction Compensation
- ◆ Simple SPI-Compatible Serial Interface
- ◆ 12-Bit, 0.25°C Resolution
- ◆ Open Thermocouple Detection

MAX6675

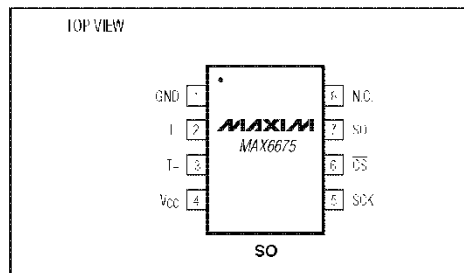
Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX6675ISA	-20°C to +85°C	8 SO

Applications

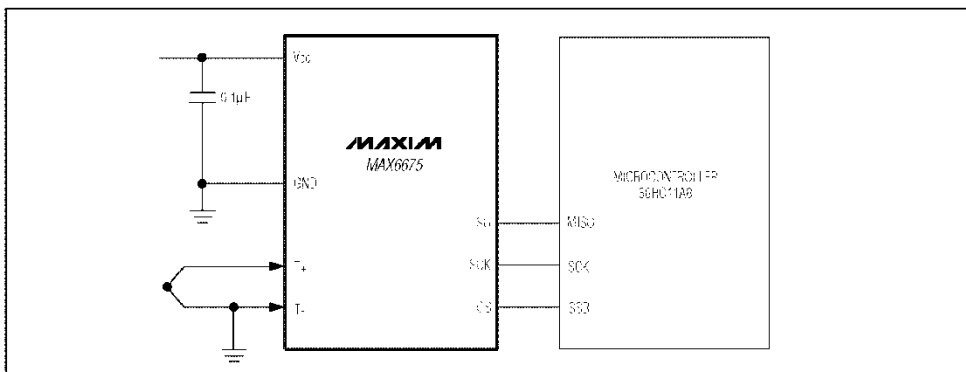
Industrial
Appliances
HVAC
Automotive

Pin Configuration



SPI is a trademark of Motorola, Inc.

Typical Application Circuit



MAXIM

Maxim Integrated Products 1

For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maxim-ic.com.

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

MAX6675

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage (V _{CC} to GND)	-0.3V to +6V	Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
SO, SCK, CS, T-, T+ to GND	-0.3V to V _{CC} + 0.3V	Junction Temperature	+150°C
SO Current	50mA	SO Package	
ESD Protection (Human Body Model)	±2000V	Vapor Phase (60s)	+215°C
Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)		Infrared (15s)	+220°C
8-Pin SO (derate 5.88mW/°C above +70°C)	471mW	Lead Temperature (soldering, 10s)	+300°C
Operating Temperature Range	-20°C to +85°C		

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, T_A = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Temperature Error		T _{THERMOCOUPLE} = +700°C, T _A = +25°C (Note 2)	V _{CC} = +3.3V	-5		+5	LSB
			V _{CC} = +5V	-6		+6	
		T _{THERMOCOUPLE} = 0°C to +700°C, T _A = +25°C (Note 2)	V _{CC} = +3.3V	-8		+8	
			V _{CC} = +5V	-9		+9	
T _{THERMOCOUPLE} = +700°C to +1000°C, T _A = +25°C (Note 2)	V _{CC} = +3.3V	-17		+17			
	V _{CC} = +5V	-19		+19			
Thermocouple Conversion Constant				10.25			µV/LSB
Cold-Junction Compensation Error		T _A = -20°C to +85°C (Note 2)	V _{CC} = +3.3V	-3.0		+3.0	°C
			V _{CC} = +5V	-3.0		+3.0	
Resolution				0.25			°C
Thermocouple Input Impedance				60			kΩ
Supply Voltage	V _{CC}			3.0		5.5	V
Supply Current	I _{CC}				0.7	1.5	mA
Power-On Reset Threshold		V _{CC} rising		1	2	2.5	V
Power-On Reset Hysteresis					50		mV
Conversion Time		(Note 2)		0.17	0.22		s
SERIAL INTERFACE							
Input Low Voltage	V _{IL}					0.3 x V _{CC}	V
Input High Voltage	V _{IH}			0.7 x V _{CC}			V
Input Leakage Current	I _{LEAK}	V _{IN} = GND or V _{CC}				±5	µA
Input Capacitance	C _{IN}				5		pF

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

MAX6675

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

($V_{CC} = +3.0V$ to $+3.3V$, $T_A = -20^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$, unless otherwise noted. Typical values specified at $+25^{\circ}C$.) (Note 1)

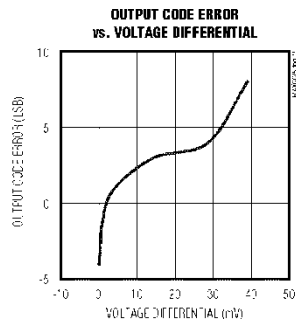
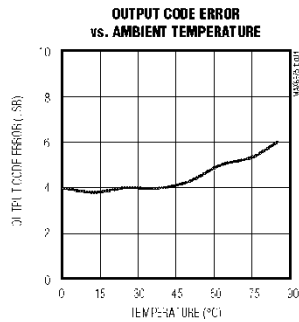
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output High Voltage	V_{OH}	$I_{SO, I_{RCF}} = 1.6mA$	$V_{CC} - 0.4$			V
Output Low Voltage	V_{OL}	$I_{SINK} = 1.6mA$			0.4	V
TIMING						
Serial Clock Frequency	f_{SCK}				4.3	MHz
SCK Pulse High Width	t_{CH}		t_{CC}			ns
SCK Pulse Low Width	t_{CL}		t_{CC}			ns
CSB Fall to SCK Rise	t_{CS}	$C_L = 10pF$	t_{CC}			ns
CSB Fall to Output Enable	t_{OE}	$C_L = 10pF$			100	ns
CSB Rise to Output Disable	t_{OD}	$C_L = 10pF$			100	ns
SCK Fall to Output Data Valid	t_{DO}	$C_L = 10pF$			100	ns

Note 1: All specifications are 100% tested at $T_A = +25^{\circ}C$. Specification limits over temperature ($T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX}) are guaranteed by design and characterization, not production tested.

Note 2: Guaranteed by design. Not production tested.

Typical Operating Characteristics

($V_{CC} = +3.3V$, $T_A = +25^{\circ}C$, unless otherwise noted.)



MAXIM

3

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Pin Description

PIN	NAME	FUNCTION
1	GND	Ground
2	T-	Alumel Lead of Type-K Thermocouple. Should be connected to ground externally.
3	T+	Chromel Lead of Type-K Thermocouple
4	VCC	Positive Supply. Bypass with a 0.1µF capacitor to GND.
5	SCK	Serial Clock Input
6	\overline{CS}	Chip Select. Set \overline{CS} low to enable the serial interface.
7	SO	Serial Data Output
8	N.C.	No Connection

Detailed Description

The MAX6675 is a sophisticated thermocouple-to-digital converter with a built-in 12-bit analog-to-digital converter (ADC). The MAX6675 also contains cold-junction compensation sensing and correction, a digital controller, an SPI-compatible interface, and associated control logic.

The MAX6675 is designed to work in conjunction with an external microcontroller (µC) or other intelligence in thermostatic, process-control, or monitoring applications.

Temperature Conversion

The MAX6675 includes signal-conditioning hardware to convert the thermocouple's signal into a voltage compatible with the input channels of the ADC. The T+ and T- inputs connect to internal circuitry that reduces the introduction of noise errors from the thermocouple wires.

Before converting the thermoelectric voltages into equivalent temperature values, it is necessary to compensate for the difference between the thermocouple cold-junction side (MAX6675 ambient temperature) and a 0°C virtual reference. For a type-K thermocouple, the voltage changes by 41µV/°C, which approximates the thermocouple characteristic with the following linear equation:

$$V_{OUT} = (41\mu V / ^\circ C) \times (T_R - T_{AMB})$$

Where:

V_{OUT} is the thermocouple output voltage (µV).

T_R is the temperature of the remote thermocouple junction (°C).

T_{AMB} is the ambient temperature (°C).

Cold-Junction Compensation

The function of the thermocouple is to sense a difference in temperature between two ends of the thermocouple wires. The thermocouple's hot junction can be read from 0°C to +1023.75°C. The cold end (ambient temperature of the board on which the MAX6675 is mounted) can only range from -20°C to +85°C. While the temperature at the cold end fluctuates, the MAX6675 continues to accurately sense the temperature difference at the opposite end.

The MAX6675 senses and corrects for the changes in the ambient temperature with cold-junction compensation. The device converts the ambient temperature reading into a voltage using a temperature-sensing diode. To make the actual thermocouple temperature measurement, the MAX6675 measures the voltage from the thermocouple's output and from the sensing diode. The device's internal circuitry passes the diode's voltage (sensing ambient temperature) and thermocouple voltage (sensing remote temperature minus ambient temperature) to the conversion function stored in the ADC to calculate the thermocouple's hot-junction temperature.

Optimal performance from the MAX6675 is achieved when the thermocouple cold junction and the MAX6675 are at the same temperature. Avoid placing heat-generating devices or components near the MAX6675 because this may produce cold-junction-related errors.

Digitization

The ADC adds the cold-junction diode measurement with the amplified thermocouple voltage and reads out the 12-bit result onto the SO pin. A sequence of all zeros means the thermocouple reading is 0°C. A sequence of all ones means the thermocouple reading is +1023.75°C.

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

MAX6675

Applications Information

Serial Interface

The *Typical Application Circuit* shows the MAX6675 interfaced with a microcontroller. In this example, the MAX6675 processes the reading from the thermocouple and transmits the data through a serial interface. Force CS low and apply a clock signal at SCK to read the results at SO. Forcing CS low immediately stops any conversion process. Initiate a new conversion process by forcing CS high.

Force CS low to output the first bit on the SO pin. A complete serial interface read requires 16 clock cycles. Read the 16 output bits on the falling edge of the clock. The first bit, D15, is a dummy sign bit and is always zero. Bits D14–D3 contain the converted temperature in the order of MSB to LSB. Bit D2 is normally low and goes high when the thermocouple input is open. D1 is low to provide a device ID for the MAX6675 and bit D0 is three-state.

Figure 1a is the serial interface protocol and Figure 1b shows the serial interface timing. Figure 2 is the SO output.

Open Thermocouple

Bit D2 is normally low and goes high if the thermocouple input is open. In order to allow the operation of the open thermocouple detector, T- must be grounded. Make the ground connection as close to the GND pin as possible.

Noise Considerations

The accuracy of the MAX6675 is susceptible to power-supply coupled noise. The effects of power-supply noise can be minimized by placing a 0.1µF ceramic bypass capacitor close to the supply pin of the device.

Thermal Considerations

Self-heating degrades the temperature measurement accuracy of the MAX6675 in some applications. The magnitude of the temperature errors depends on the thermal conductivity of the MAX6675 package, the

mounting technique, and the effects of airflow. Use a large ground plane to improve the temperature measurement accuracy of the MAX6675.

The accuracy of a thermocouple system can also be improved by following these precautions:

- Use the largest wire possible that does not shunt heat away from the measurement area.
- If small wire is required, use it only in the region of the measurement and use extension wire for the region with no temperature gradient.
- Avoid mechanical stress and vibration, which could strain the wires.
- When using long thermocouple wires, use a twisted-pair extension wire.
- Avoid steep temperature gradients.
- Try to use the thermocouple wire well within its temperature rating.
- Use the proper sheathing material in hostile environments to protect the thermocouple wire.
- Use extension wire only at low temperatures and only in regions of small gradients.
- Keep an event log and a continuous record of thermocouple resistance.

Reducing Effects of Pick-Up Noise

The input amplifier (A1) is a low-noise amplifier designed to enable high-precision input sensing. Keep the thermocouple and connecting wires away from electrical noise sources.

Chip Information

TRANSISTOR COUNT: 6720

PROCESS: BiCMOS

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

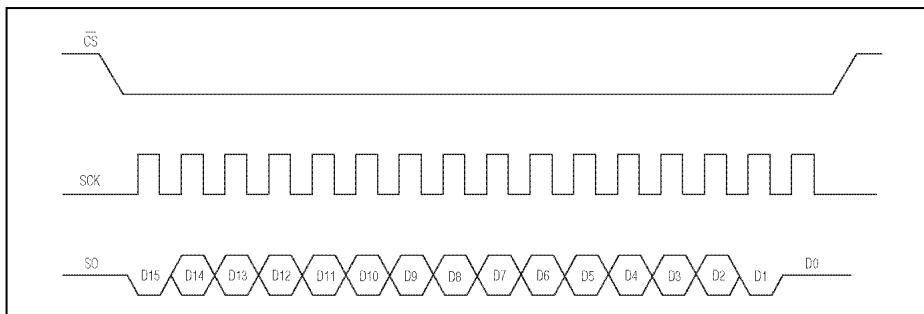


Figure 1a. Serial Interface Protocol

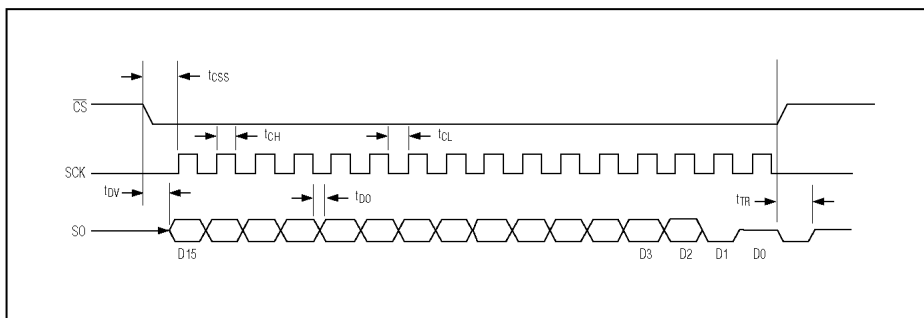


Figure 1b. Serial Interface Timing

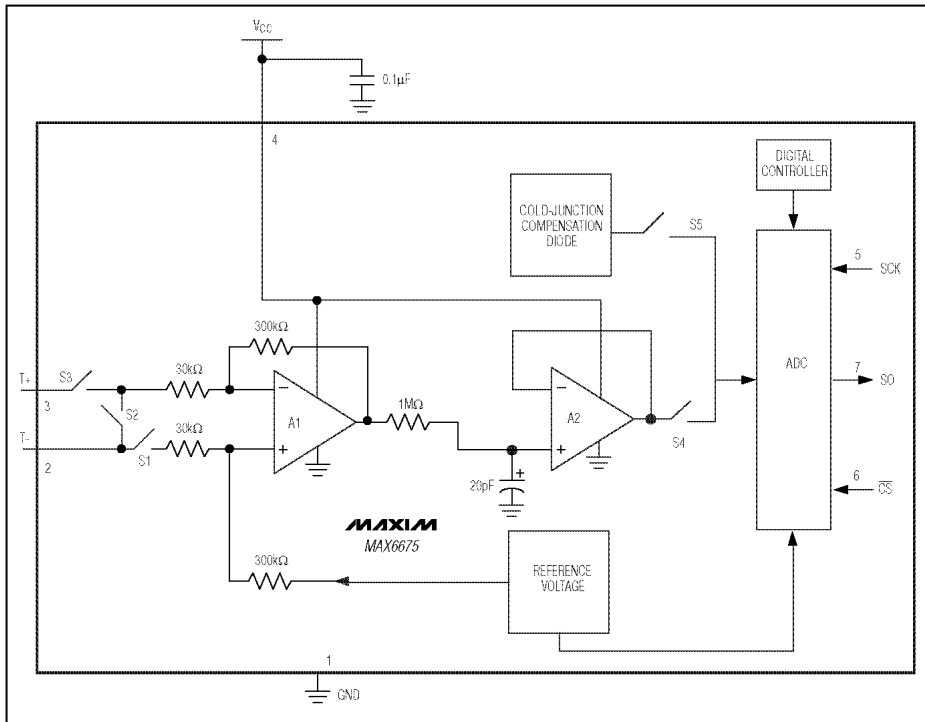
BIT	DUMMY SIGN BIT	12-BIT TEMPERATURE READING												THERMOCOUPLE INPUT	DEVICE ID	STATE
Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	0	MSB											LSB		0	Three-state

Figure 2. SO Output

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Block Diagram

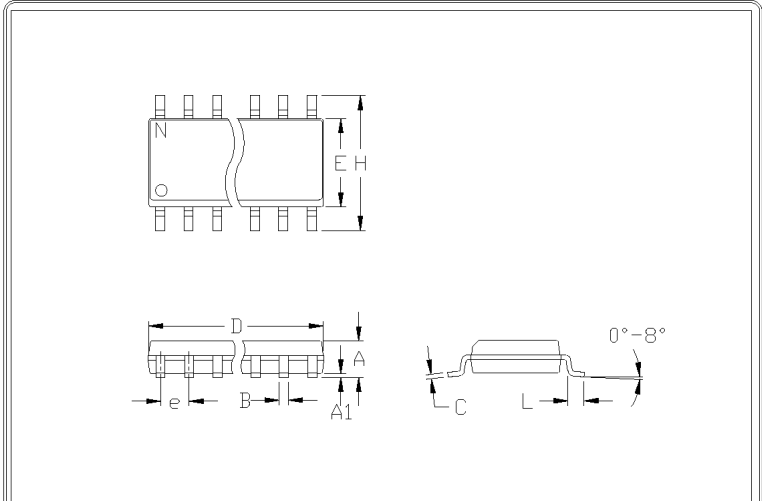
MAX6675



Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

MAX6675

Package Information



	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.053	0.069	1.35	1.75
A1	0.004	0.010	0.10	0.25
B	0.014	0.019	0.35	0.49
C	0.007	0.010	0.19	0.25
e	0.050		1.27	
E	0.150	0.157	3.80	4.00
H	0.228	0.244	5.80	6.20
h	0.010	0.020	0.25	0.50
L	0.016	0.050	0.40	1.27

	INCHES		MILLIMETERS		N	MS012
	MIN	MAX	MIN	MAX		
D	0.189	0.197	4.80	5.00	8	A
D	0.337	0.344	8.55	8.75	14	B
D	0.386	0.394	9.80	10.00	16	C

- NOTES:
1. D&E DO NOT INCLUDE MOLD FLASH
 2. MOLD FLASH OR PROTRUSIONS NOT TO EXCEED .15mm (.006")
 3. LEADS TO BE COPLANAR WITHIN .102mm (.004")
 4. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER
 5. MEETS JEDEC MS012-XX AS SHOWN IN ABOVE TABLE
 6. N = NUMBER OF PINS



PACKAGE FAMILY OUTLINE: SOIC .150"

1/1

21-0041 A

Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

8 Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600

© 2002 Maxim Integrated Products

Printed USA

MAXIM is a registered trademark of Maxim Integrated Products.

A3. LCD LM044L

325-429

HITACHI

59

LM044L

- 20 character x 4 lines
- Controller LSI HD44780 is built-in (See page 79).
- +5V single power supply

MECHANICAL DATA (Nominal dimensions)

Module size	98W x 60H x 12T (max.) mm
Effective display area	76.0W x 25.2H mm
Character size (5 x 7 dots)	2.95W x 4.15H mm
Character pitch	3.55 mm
Dot size	0.55W x 0.55H mm
Weight	about 65 g

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

	min.	max.
Power supply for logic ($V_{DD} \sim V_{SS}$)	0	6.5 V
Power supply for LCD drive ($V_{DD} \sim V_O$)	0	6.5 V
Input voltage (V_i)	V_{SS}	V_{DD} V
Operating temperature (T_a)	0	50°C
Storage temperature (T_{stg})	-20	70°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$T_a = 25^\circ\text{C}$, $V_{DD} = 5.0 \text{ V} \pm 0.25 \text{ V}$	
Input "high" voltage (V_{IH})	2.2 V min.
Input "low" voltage (V_{IL})	0.6 V max.
Output "high" voltage (V_{OH}) ($-I_{OH} = 0.2 \text{ mA}$)	2.4 V min.
Output "low" voltage (V_{OL}) ($I_{OL} = 1.2 \text{ mA}$)	0.4 V max.
Power supply current (I_{DD}) ($V_{DD} = 5.0 \text{ V}$)	1.0 mA typ.
	3.5 mA max.

POWER SUPPLY FOR LCD DRIVE (Recommended)

	$V_{DD} \sim V_O$
Range of $V_{DD} \sim V_O$	1.5~5.25 V
$T_a = 0^\circ\text{C}$	4.6 V typ.
$T_a = 25^\circ\text{C}$	4.4 V typ.
$T_a = 50^\circ\text{C}$	4.2 V typ.

OPTICAL DATA

See page 7

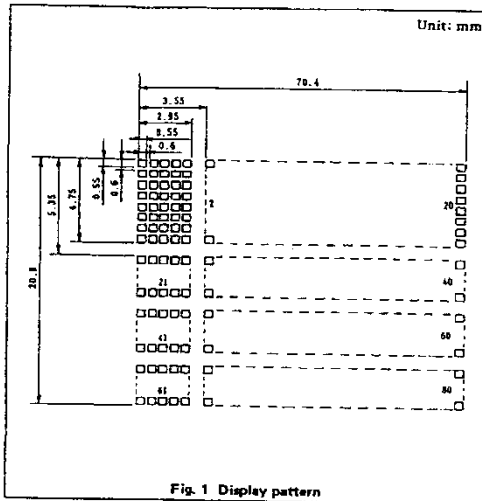


Fig. 1 Display pattern

INTERNAL PIN CONNECTION

Pin No.	Symbol	Level	Function
1	V_{SS}	—	0V
2	V_{DD}	—	+5V
3	V_O	—	—
4	RS	H/L	L: Instruction code input H: Data input
5	R/W	H/L	H: Data read (LCD module → MPU) L: Data write (LCD module → MPU)
6	E	H, H → L	Enable signal
7	DB0	H/L	Data bus line Note (1), (2)
8	DB1	H/L	
9	DB2	H/L	
10	DB3	H/L	
11	DB4	H/L	
12	DB5	H/L	
13	DB6	H/L	
14	DB7	H/L	

Notes:

In the HD44780, the data can be sent in either 4-bit 2-operation or 8-bit 1-operation so that it can interface to both 4 and 8 bit MPU's.

- When interface data is 4 bits long, data is transferred using only 4 buses of $DB_4 \sim DB_7$, and $DB_0 \sim DB_3$ are not used. Data transfer between the HD44780 and the MPU completes when 4-bit data is transferred twice. Data of the higher order 4 bits (contents of $DB_4 \sim DB_7$, when interface data is 8 bits long) is transferred first and then lower order 4 bits (contents of $DB_0 \sim DB_3$, when interface data is 8 bits long).
- When interface data is 8 bits long, data is transferred using 8 data buses of $DB_0 \sim DB_7$.

DISPLAY POSITION AND DD RAM ADDRESS

Character No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1st line	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	8A	8B	8C	8D	8E	8F	90	91	92	93
2nd line	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	10	11	12	13
3rd line	94	95	96	97	98	99	9A	9B	9C	9D	9E	9F	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
4th line	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	10	11	12	13	14	15	16	17

Notes:

- 80 ~ E7 are described in hexadecimal for DD RAM address.
- Function setting of HD44780 should be 'N' = "1", 'F' = "0" (2 lines of 5 x 7 + cursor).
- DD RAM address is no series in line. Address setting is necessary to change the lines.
- Circuit is equal to 40 characters by 2 lines type.
- In case of executing shift, first line and third line are shifted continuously, also second line and fourth line. Therefore it happens that display of third line is transferred to first line.

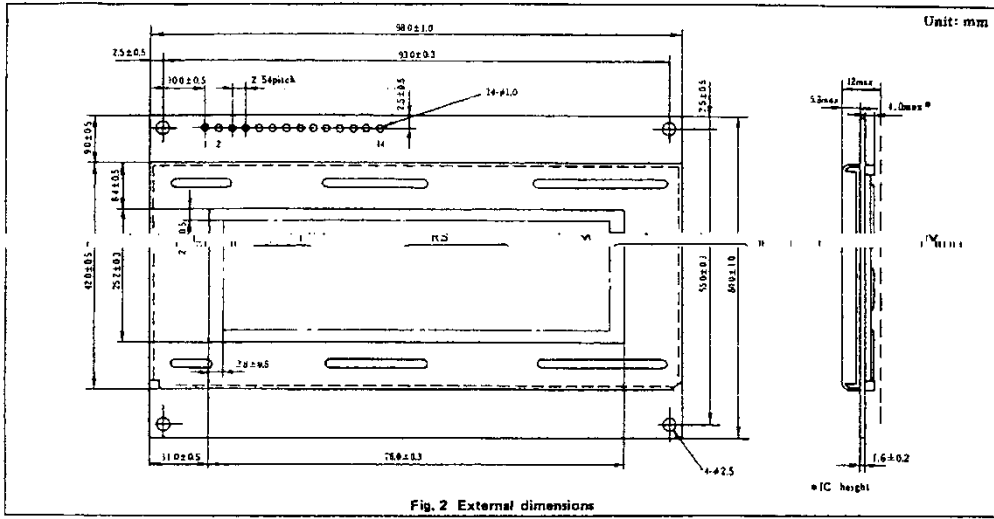


Fig. 2 External dimensions

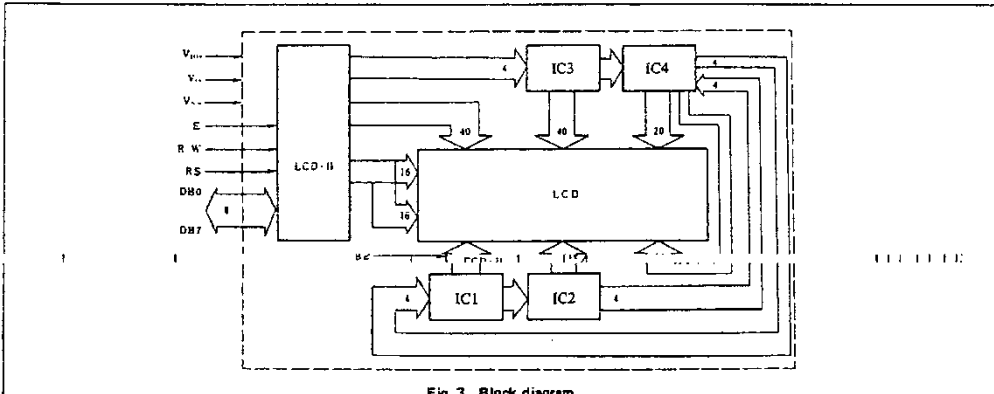


Fig. 3 Block diagram

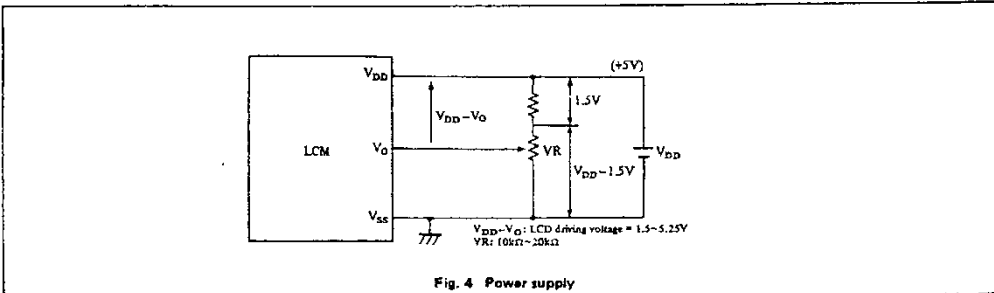


Fig. 4 Power supply

TIMING CHARACTERISTICS

Item	Symbol	Test condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Enable cycle time	t_{cyc}	Fig. 5, Fig. 6	1.0	—	—	μs
Enable pulse width	PW_{EH}	Fig. 5, Fig. 6	450	—	—	ns
Enable rise/fall time	t_{Er}, t_{Ef}	Fig. 5, Fig. 6	—	—	25	ns
RS, R/W set up time	t_{AS}	Fig. 5, Fig. 6	140	—	—	ns
Data delay time	t_{DDR}	Fig. 6	—	—	320	ns
Data set up time	t_{DSW}	Fig. 5	195	—	—	ns
Hold time	t_H	Fig. 5, Fig. 6	20	—	—	ns

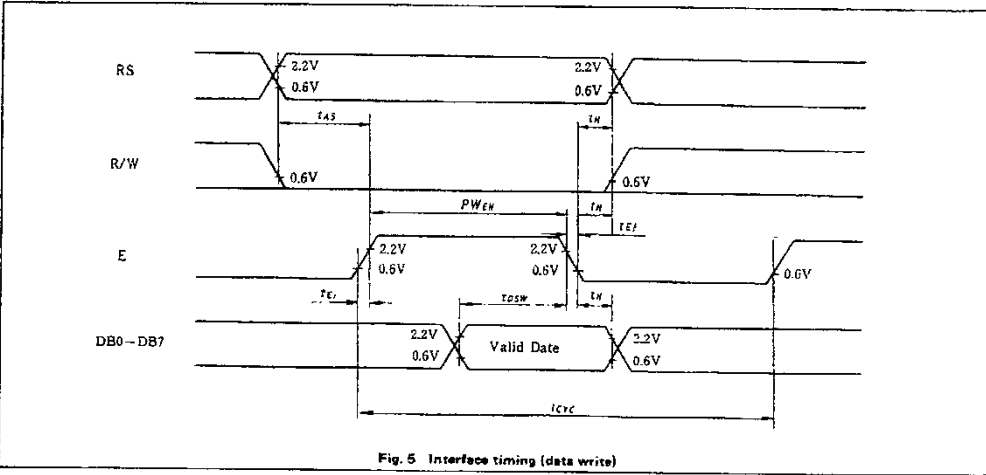


Fig. 5 Interface timing (data write)

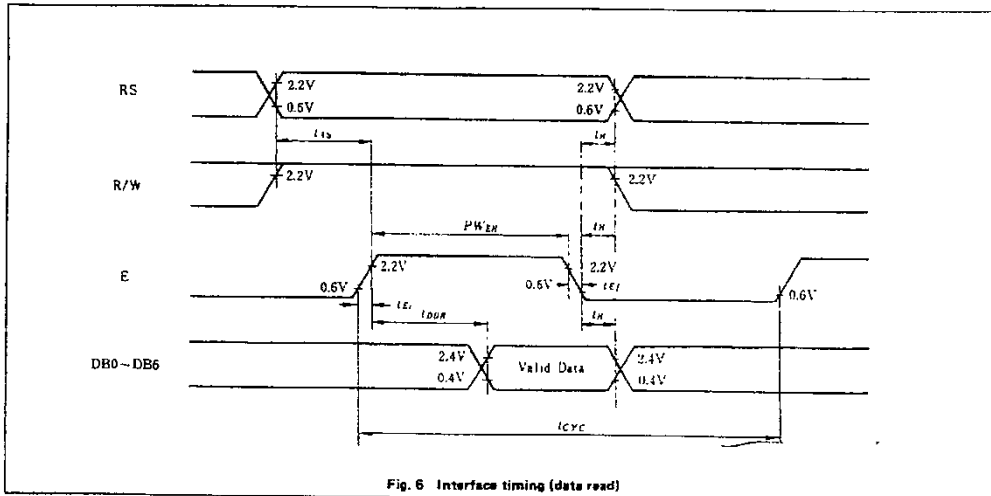


Fig. 6 Interface timing (data read)

A4. 74HC138

INTEGRATED CIRCUITS

DATA SHEET

For a complete data sheet, please also download:

- The IC06 74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications
- The IC06 74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Information
- The IC06 74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Outlines

74HC/HCT138 3-to-8 line decoder/demultiplexer; inverting

Product specification
File under Integrated Circuits, IC06

September 1993

Philips
Semiconductors



PHILIPS

3-to-8 line decoder/demultiplexer; inverting

74HC/HCT138

FEATURES

- Demultiplexing capability
- Multiple input enable for easy expansion
- Ideal for memory chip select decoding
- Active LOW mutually exclusive outputs
- Output capability: standard
- I_{CC} category: MSI

GENERAL DESCRIPTION

The 74HC/HCT138 are high-speed Si-gate CMOS devices and are pin compatible with low power Schottky TTL (LSTTL). They are specified in compliance with JEDEC standard no. 7A.

The 74HC/HCT138 decoders accept three binary weighted address inputs (A₀, A₁, A₂) and when enabled, provide 8 mutually exclusive active LOW outputs (\bar{Y}_0 to \bar{Y}_7).

The "138" features three enable inputs: two active LOW (\bar{E}_1 and \bar{E}_2) and one active HIGH (E₃). Every output will be HIGH unless \bar{E}_1 and \bar{E}_2 are LOW and E₃ is HIGH.

This multiple enable function allows easy parallel expansion of the "138" to a 1-of-32 (5 lines to 32 lines) decoder with just four "138" ICs and one inverter.

The "138" can be used as an eight output demultiplexer by using one of the active LOW enable inputs as the data input and the remaining enable inputs as strobes. Unused enable inputs must be permanently tied to their appropriate active HIGH or LOW state.

The "138" is identical to the "238" but has inverting outputs.

QUICK REFERENCE DATA

GND = 0 V; T_{amb} = 25 °C; t_r = t_f = 6 ns

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	TYPICAL		UNIT
			HC	HCT	
t _{PHL} /t _{PLH}	propagation delay A _n to \bar{Y}_n	C _L = 15 pF; V _{CC} = 5 V	12	17	ns
t _{PHL} /t _{PLH}	E ₃ to \bar{Y}_n \bar{E}_n to \bar{Y}_n		14	19	ns
C _I	input capacitance		3.5	3.5	pF
C _{PD}	power dissipation capacitance per package	notes 1 and 2	67	67	pF

Notes

1. C_{PD} is used to determine the dynamic power dissipation (P_D in μW):

$$P_D = C_{PD} \times V_{CC}^2 \times f_i + \sum (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$$
 where:
 f_i = input frequency in MHz
 f_o = output frequency in MHz
 $\sum (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$ = sum of outputs
 C_L = output load capacitance in pF
 V_{CC} = supply voltage in V
2. For HC the condition is V_I = GND to V_{CC}
 For HCT the condition is V_I = GND to V_{CC} - 1.5 V

ORDERING INFORMATION

See "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Information".

3-to-8 line decoder/demultiplexer; inverting

74HC/HCT138

PIN DESCRIPTION

PIN NO.	SYMBOL	NAME AND FUNCTION
1, 2, 3	A_0 to A_2	address inputs
4, 5	\bar{E}_1, \bar{E}_2	enable inputs (active LOW)
6	E_3	enable input (active HIGH)
8	GND	ground (0 V)
15, 14, 13, 12, 11, 10, 9, 7	\bar{Y}_0 to \bar{Y}_7	outputs (active LOW)
16	V_{CC}	positive supply voltage

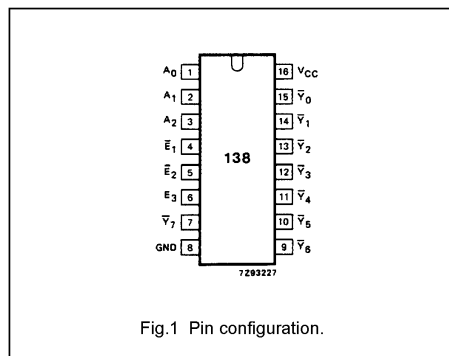


Fig.1 Pin configuration.

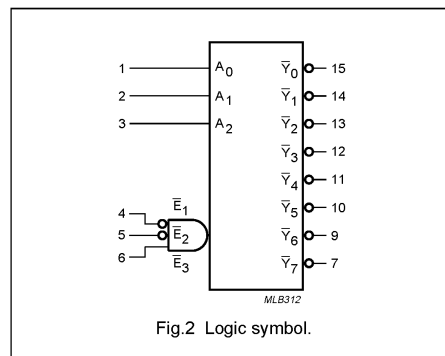


Fig.2 Logic symbol.

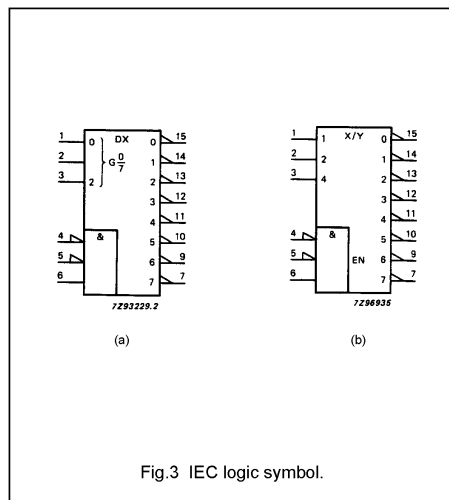


Fig.3 IEC logic symbol.

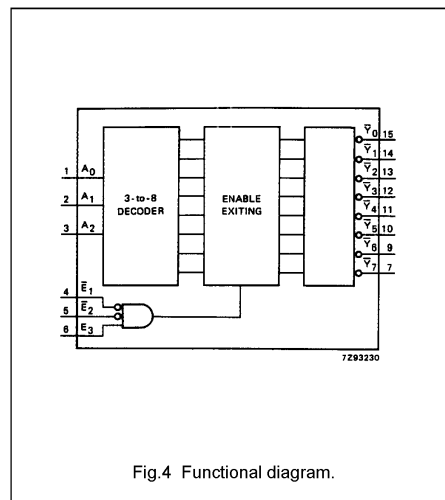


Fig.4 Functional diagram.

3-to-8 line decoder/demultiplexer; inverting

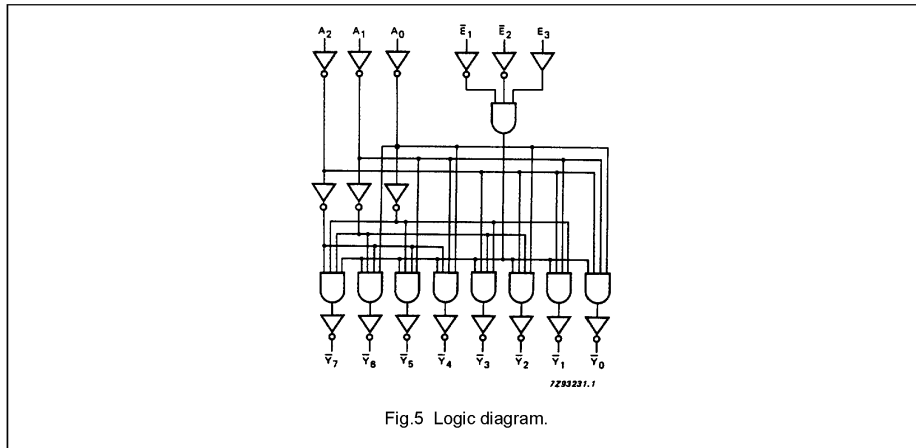
74HC/HCT138

FUNCTION TABLE

INPUTS						OUTPUTS							
\bar{E}_1	\bar{E}_2	E_3	A_0	A_1	A_2	\bar{Y}_0	\bar{Y}_1	\bar{Y}_2	\bar{Y}_3	\bar{Y}_4	\bar{Y}_5	\bar{Y}_6	\bar{Y}_7
H	X	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
X	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
X	X	L	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H
L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	H	H	H
L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	H
L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H
L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L

Notes

- 1. H = HIGH voltage level
- L = LOW voltage level
- X = don't care



3-to-8 line decoder/demultiplexer; inverting

74HC/HCT138

DC CHARACTERISTICS FOR 74HC

For the DC characteristics see "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications".

Output capability: standard

I_{CC} category: MSI**AC CHARACTERISTICS FOR 74HC**GND = 0 V; t_r = t_f = 6 ns; C_L = 50 pF

SYMBOL	PARAMETER	T _{amb} (°C)						UNIT	TEST CONDITIONS		
		74HC							V _{CC} (V)	WAVEFORMS	
		+25			-40 to +85		-40 to +125				
		min.	typ.	max.	min.	max.	min.				max.
t _{PHL} / t _{PLH}	propagation delay A _n to \bar{Y}_n	41 15 12	150 30 26		190 38 33		225 45 38	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.6	
t _{PHL} / t _{PLH}	propagation delay E ₃ to \bar{Y}_n	47 17 14	150 30 26		190 38 33		225 45 38	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.6	
t _{PHL} / t _{PLH}	propagation delay \bar{E}_n to \bar{Y}_n	47 17 14	150 30 26		190 38 33		225 45 38	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.7	
t _{THL} / t _{TLH}	output transition time	19 7 6	75 15 13		95 19 16		110 22 19	ns	2.0 4.5 6.0	Figs 6 and 7	

3-to-8 line decoder/demultiplexer; inverting

74HC/HCT138

DC CHARACTERISTICS FOR 74HCTFor the DC characteristics see *"74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications"*.

Output capability: standard

I_{CC} category: MSI**Note to HCT types**The value of additional quiescent supply current (ΔI_{CC}) for a unit load of 1 is given in the family specifications. To determine ΔI_{CC} per input, multiply this value by the unit load coefficient shown in the table below.

INPUT	UNIT LOAD COEFFICIENT
A _n	1.50
\bar{E}_n	1.25
E ₃	1.00

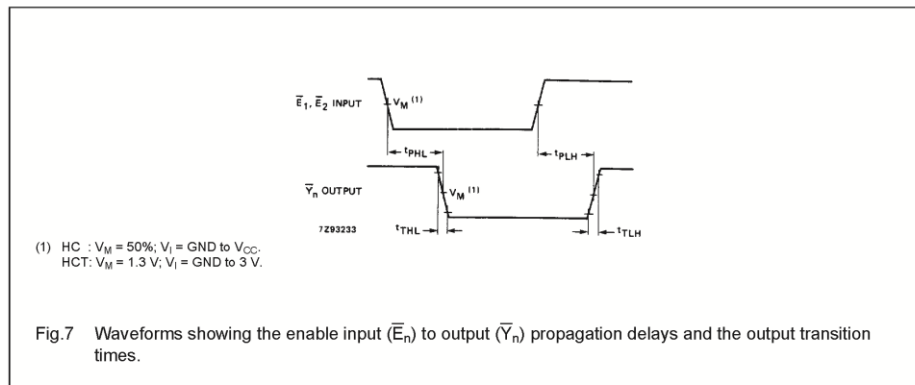
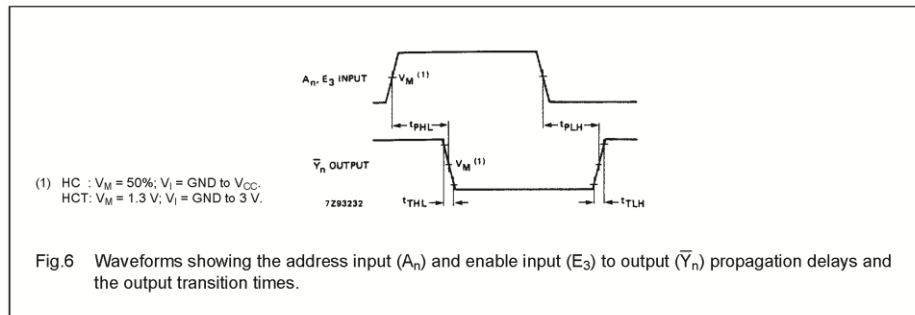
AC CHARACTERISTICS FOR 74HCTGND = 0 V; t_r = t_f = 6 ns; C_L = 50 pF

SYMBOL	PARAMETER	T _{amb} (°C)						UNIT	TEST CONDITIONS		
		74HCT							V _{CC} (V)	WAVEFORMS	
		+25			-40 to +85		-40 to +125				
		min.	typ.	max.	min.	max.	min.				max.
t _{PHL} / t _{PLH}	propagation delay A _n to \bar{Y}_n		20	35		44		53	ns	4.5	Fig.6
t _{PHL} / t _{PLH}	propagation delay E ₃ to \bar{Y}_n		18	40		50		60	ns	4.5	Fig.6
t _{PHL} / t _{PLH}	propagation delay \bar{E}_n to \bar{Y}_n		19	40		50		60	ns	4.5	Fig.7
t _{THL} / t _{TLH}	output transition time		7	15		19		22	ns	4.5	Figs 6 and 7

3-to-8 line decoder/demultiplexer; inverting

74HC/HCT138

AC WAVEFORMS



PACKAGE OUTLINES

See "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Outlines".

A5. DS1307



DS1307 64 x 8 Serial Real-Time Clock

www.maxim-ic.com

FEATURES

- Real-time clock (RTC) counts seconds, minutes, hours, date of the month, month, day of the week, and year with leap-year compensation valid up to 2100
- 56-byte, battery-backed, nonvolatile (NV) RAM for data storage
- Two-wire serial interface
- Programmable squarewave output signal
- Automatic power-fail detect and switch circuitry
- Consumes less than 500nA in battery backup mode with oscillator running
- Optional industrial temperature range: -40°C to +85°C
- Available in 8-pin DIP or SOIC
- Underwriters Laboratory (UL) recognized

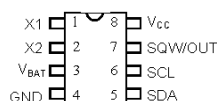
ORDERING INFORMATION

DS1307	8-Pin DIP (300-mil)
DS1307Z	8-Pin SOIC (150-mil)
DS1307N	8-Pin DIP (Industrial)
DS1307ZN	8-Pin SOIC (Industrial)

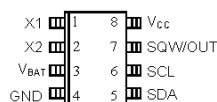
DESCRIPTION

The DS1307 Serial Real-Time Clock is a low-power, full binary-coded decimal (BCD) clock/calendar plus 56 bytes of NV SRAM. Address and data are transferred serially via a 2-wire, bi-directional bus. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The end of the month date is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with AM/PM indicator. The DS1307 has a built-in power sense circuit that detects power failures and automatically switches to the battery supply.

PIN ASSIGNMENT



DS1307 8-Pin DIP (300-mil)

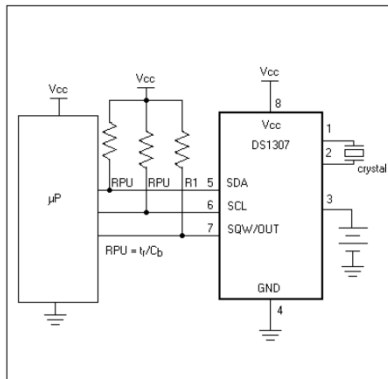


DS1307 8-Pin SOIC (150-mil)

PIN DESCRIPTION

V _{CC}	- Primary Power Supply
X1, X2	- 32.768kHz Crystal Connection
V _{BAT}	- +3V Battery Input
GND	- Ground
SDA	- Serial Data
SCL	- Serial Clock
SQW/OUT	- Square Wave/Output Driver

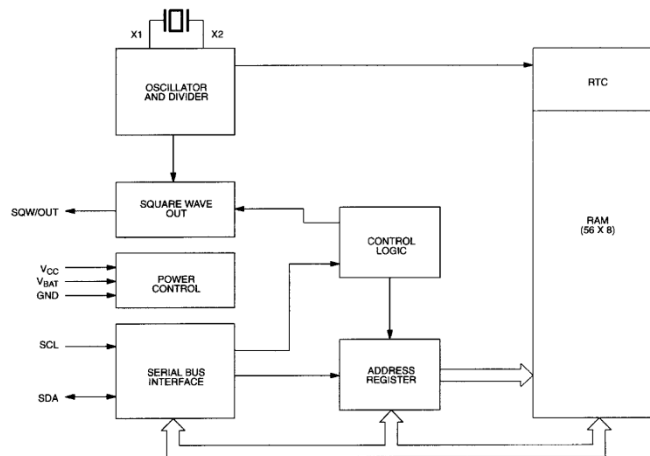
TYPICAL OPERATING CIRCUIT



OPERATION

The DS1307 operates as a slave device on the serial bus. Access is obtained by implementing a START condition and providing a device identification code followed by a register address. Subsequent registers can be accessed sequentially until a STOP condition is executed. When V_{CC} falls below $1.25 \times V_{BAT}$ the device terminates an access in progress and resets the device address counter. Inputs to the device will not be recognized at this time to prevent erroneous data from being written to the device from an out of tolerance system. When V_{CC} falls below V_{BAT} the device switches into a low-current battery backup mode. Upon power-up, the device switches from battery to V_{CC} when V_{CC} is greater than $V_{BAT} + 0.2V$ and recognizes inputs when V_{CC} is greater than $1.25 \times V_{BAT}$. The block diagram in Figure 1 shows the main elements of the serial RTC.

DS1307 BLOCK DIAGRAM Figure 1



SIGNAL DESCRIPTIONS

V_{CC}, GND – DC power is provided to the device on these pins. V_{CC} is the +5V input. When 5V is applied within normal limits, the device is fully accessible and data can be written and read. When a 3V battery is connected to the device and V_{CC} is below 1.25 x V_{BAT}, reads and writes are inhibited. However, the timekeeping function continues unaffected by the lower input voltage. As V_{CC} falls below V_{BAT} the RAM and timekeeper are switched over to the external power supply (nominal 3.0V DC) at V_{BAT}.

V_{BAT} – Battery input for any standard 3V lithium cell or other energy source. Battery voltage must be held between 2.0V and 3.5V for proper operation. The nominal write protect trip point voltage at which access to the RTC and user RAM is denied is set by the internal circuitry as 1.25 x V_{BAT} nominal. A lithium battery with 48mAh or greater will back up the DS1307 for more than 10 years in the absence of power at 25°C. UL recognized to ensure against reverse charging current when used in conjunction with a lithium battery.

See “Conditions of Acceptability” at <http://www.maxim-ic.com/TechSupport/QA/ntrl.htm>.

SCL (Serial Clock Input) – SCL is used to synchronize data movement on the serial interface.

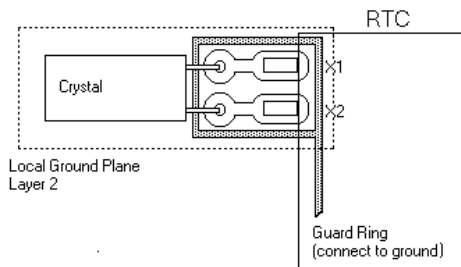
SDA (Serial Data Input/Output) – SDA is the input/output pin for the 2-wire serial interface. The SDA pin is open drain which requires an external pullup resistor.

SQW/OUT (Square Wave/Output Driver) – When enabled, the SQWE bit set to 1, the SQW/OUT pin outputs one of four square wave frequencies (1Hz, 4kHz, 8kHz, 32kHz). The SQW/OUT pin is open drain and requires an external pull-up resistor. SQW/OUT will operate with either V_{CC} or V_{BAT} applied.

X1, X2 – Connections for a standard 32.768kHz quartz crystal. The internal oscillator circuitry is designed for operation with a crystal having a specified load capacitance (CL) of 12.5pF.

For more information on crystal selection and crystal layout considerations, please consult Application Note 58, “Crystal Considerations with Dallas Real-Time Clocks.” The DS1307 can also be driven by an external 32.768kHz oscillator. In this configuration, the X1 pin is connected to the external oscillator signal and the X2 pin is floated.

RECOMMENDED LAYOUT FOR CRYSTAL



CLOCK ACCURACY

The accuracy of the clock is dependent upon the accuracy of the crystal and the accuracy of the match between the capacitive load of the oscillator circuit and the capacitive load for which the crystal was trimmed. Additional error will be added by crystal frequency drift caused by temperature shifts. External circuit noise coupled into the oscillator circuit may result in the clock running fast. See Application Note 58, "Crystal Considerations with Dallas Real-Time Clocks" for detailed information.

Please review Application Note 95, "Interfacing the DS1307 with a 8051-Compatible Microcontroller" for additional information.

RTC AND RAM ADDRESS MAP

The address map for the RTC and RAM registers of the DS1307 is shown in Figure 2. The RTC registers are located in address locations 00h to 07h. The RAM registers are located in address locations 08h to 3Fh. During a multi-byte access, when the address pointer reaches 3Fh, the end of RAM space, it wraps around to location 00h, the beginning of the clock space.

DS1307 ADDRESS MAP Figure 2

00H	SECONDS
	MINUTES
	HOURS
	DAY
	DATE
	MONTH
	YEAR
07H	CONTROL
08H	RAM
3FH	56 x 8

CLOCK AND CALENDAR

The time and calendar information is obtained by reading the appropriate register bytes. The RTC registers are illustrated in Figure 3. The time and calendar are set or initialized by writing the appropriate register bytes. The contents of the time and calendar registers are in the BCD format. Bit 7 of register 0 is the clock halt (CH) bit. When this bit is set to a 1, the oscillator is disabled. When cleared to a 0, the oscillator is enabled.

Please note that the initial power-on state of all registers is not defined. Therefore, it is important to enable the oscillator (CH bit = 0) during initial configuration.

The DS1307 can be run in either 12-hour or 24-hour mode. Bit 6 of the hours register is defined as the 12- or 24-hour mode select bit. When high, the 12-hour mode is selected. In the 12-hour mode, bit 5 is the AM/PM bit with logic high being PM. In the 24-hour mode, bit 5 is the second 10 hour bit (20-23 hours).

On a 2-wire START, the current time is transferred to a second set of registers. The time information is read from these secondary registers, while the clock may continue to run. This eliminates the need to re-read the registers in case of an update of the main registers during a read.

DS1307 TIMEKEEPER REGISTERS Figure 3

		BIT 7												BIT 0	
00H	CH	10 SECONDS				SECONDS								00-59	
	0	10 MINUTES				MINUTES								00-59	
	0	12	24	10 HR A/P	10 HR	HOURS				01-12 00-23					
	0	0	0	0	0	DAY				1-7					
	0	0	10 DATE		DATE				01-28/29 01-30 01-31						
	0	0	0	10 MONTH	MONTH				01-12						
	10 YEAR				YEAR				00-99						
07H	OUT	0	0	SQWE	0	0	RS1	RS0							

CONTROL REGISTER

The DS1307 control register is used to control the operation of the SQW/OUT pin.

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
OUT	0	0	SQWE	0	0	RS1	RS0

OUT (Output control): This bit controls the output level of the SQW/OUT pin when the square wave output is disabled. If SQWE = 0, the logic level on the SQW/OUT pin is 1 if OUT = 1 and is 0 if OUT = 0.

SQWE (Square Wave Enable): This bit, when set to a logic 1, will enable the oscillator output. The frequency of the square wave output depends upon the value of the RS0 and RS1 bits. With the square wave output set to 1Hz, the clock registers update on the falling edge of the square wave.

RS (Rate Select): These bits control the frequency of the square wave output when the square wave output has been enabled. Table 1 lists the square wave frequencies that can be selected with the RS bits.

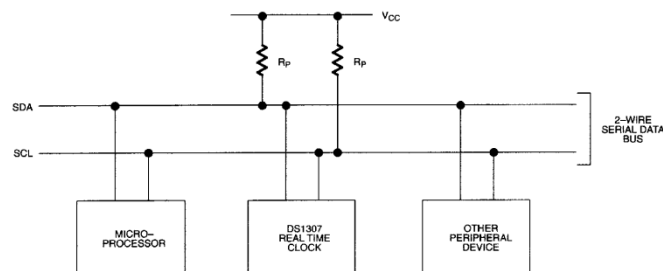
SQUAREWAVE OUTPUT FREQUENCY Table 1

RS1	RS0	SQW OUTPUT FREQUENCY
0	0	1Hz
0	1	4.096kHz
1	0	8.192kHz
1	1	32.768kHz

2-WIRE SERIAL DATA BUS

The DS1307 supports a bi-directional, 2-wire bus and data transmission protocol. A device that sends data onto the bus is defined as a transmitter and a device receiving data as a receiver. The device that controls the message is called a master. The devices that are controlled by the master are referred to as slaves. The bus must be controlled by a master device that generates the serial clock (SCL), controls the bus access, and generates the START and STOP conditions. The DS1307 operates as a slave on the 2-wire bus. A typical bus configuration using this 2-wire protocol is shown in Figure 4.

TYPICAL 2-WIRE BUS CONFIGURATION Figure 4



Figures 5, 6, and 7 detail how data is transferred on the 2-wire bus.

- Data transfer may be initiated only when the bus is not busy.
- During data transfer, the data line must remain stable whenever the clock line is HIGH. Changes in the data line while the clock line is high will be interpreted as control signals.

Accordingly, the following bus conditions have been defined:

Bus not busy: Both data and clock lines remain HIGH.

Start data transfer: A change in the state of the data line, from HIGH to LOW, while the clock is HIGH, defines a START condition.

Stop data transfer: A change in the state of the data line, from LOW to HIGH, while the clock line is HIGH, defines the STOP condition.

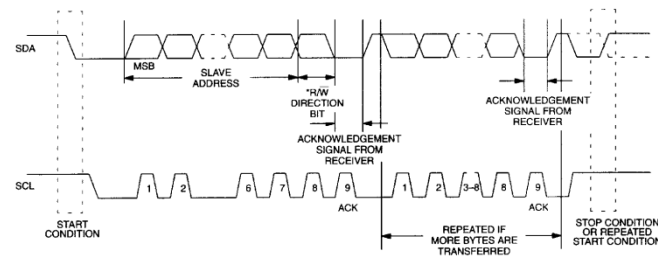
Data valid: The state of the data line represents valid data when, after a START condition, the data line is stable for the duration of the HIGH period of the clock signal. The data on the line must be changed during the LOW period of the clock signal. There is one clock pulse per bit of data.

Each data transfer is initiated with a START condition and terminated with a STOP condition. The number of data bytes transferred between START and STOP conditions is not limited, and is determined by the master device. The information is transferred byte-wise and each receiver acknowledges with a ninth bit. Within the 2-wire bus specifications a regular mode (100kHz clock rate) and a fast mode (400kHz clock rate) are defined. The DS1307 operates in the regular mode (100kHz) only.

Acknowledge: Each receiving device, when addressed, is obliged to generate an acknowledge after the reception of each byte. The master device must generate an extra clock pulse which is associated with this acknowledge bit.

A device that acknowledges must pull down the SDA line during the acknowledge clock pulse in such a way that the SDA line is stable LOW during the HIGH period of the acknowledge related clock pulse. Of course, setup and hold times must be taken into account. A master must signal an end of data to the slave by not generating an acknowledge bit on the last byte that has been clocked out of the slave. In this case, the slave must leave the data line HIGH to enable the master to generate the STOP condition.

DATA TRANSFER ON 2-WIRE SERIAL BUS Figure 5



Depending upon the state of the $\overline{R/\overline{W}}$ bit, two types of data transfer are possible:

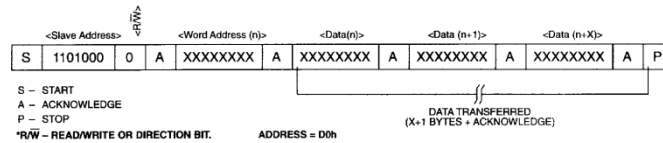
1. **Data transfer from a master transmitter to a slave receiver.** The first byte transmitted by the master is the slave address. Next follows a number of data bytes. The slave returns an acknowledge bit after each received byte. Data is transferred with the most significant bit (MSB) first.
2. **Data transfer from a slave transmitter to a master receiver.** The first byte (the slave address) is transmitted by the master. The slave then returns an acknowledge bit. This is followed by the slave transmitting a number of data bytes. The master returns an acknowledge bit after all received bytes other than the last byte. At the end of the last received byte, a “not acknowledge” is returned.

The master device generates all of the serial clock pulses and the START and STOP conditions. A transfer is ended with a STOP condition or with a repeated START condition. Since a repeated START condition is also the beginning of the next serial transfer, the bus will not be released. Data is transferred with the most significant bit (MSB) first.

The DS1307 may operate in the following two modes:

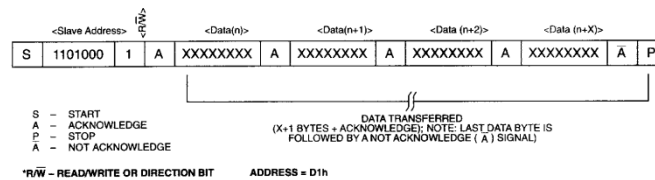
1. **Slave receiver mode (DS1307 write mode):** Serial data and clock are received through SDA and SCL. After each byte is received an acknowledge bit is transmitted. START and STOP conditions are recognized as the beginning and end of a serial transfer. Address recognition is performed by hardware after reception of the slave address and *direction bit (See Figure 6). The address byte is the first byte received after the start condition is generated by the master. The address byte contains the 7 bit DS1307 address, which is 1101000, followed by the *direction bit ($\overline{R/\overline{W}}$) which, for a write, is a 0. After receiving and decoding the address byte the device outputs an acknowledge on the SDA line. After the DS1307 acknowledges the slave address + write bit, the master transmits a register address to the DS1307. This will set the register pointer on the DS1307. The master will then begin transmitting each byte of data with the DS1307 acknowledging each byte received. The master will generate a stop condition to terminate the data write.

DATA WRITE – SLAVE RECEIVER MODE Figure 6



2. **Slave transmitter mode (DS1307 read mode):** The first byte is received and handled as in the slave receiver mode. However, in this mode, the *direction bit will indicate that the transfer direction is reversed. Serial data is transmitted on SDA by the DS1307 while the serial clock is input on SCL. START and STOP conditions are recognized as the beginning and end of a serial transfer (See Figure 7). The address byte is the first byte received after the start condition is generated by the master. The address byte contains the 7-bit DS1307 address, which is 1101000, followed by the *direction bit ($\overline{R/\overline{W}}$) which, for a read, is a 1. After receiving and decoding the address byte the device inputs an acknowledge on the SDA line. The DS1307 then begins to transmit data starting with the register address pointed to by the register pointer. If the register pointer is not written to before the initiation of a read mode the first address that is read is the last one stored in the register pointer. The DS1307 must receive a “not acknowledge” to end a read.

DATA READ – SLAVE TRANSMITTER MODE Figure 7



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Voltage on Any Pin Relative to Ground	-0.5V to +7.0V
Storage Temperature	-55°C to +125°C
Soldering Temperature	260°C for 10 seconds DIP See JPC/JEDEC Standard J-STD-020A for Surface Mount Devices

* This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

Range	Temperature	V _{CC}
Commercial	0°C to +70°C	4.5V to 5.5V V _{CC1}
Industrial	-40°C to +85°C	4.5V to 5.5V V _{CC1}

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

(Over the operating range*)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Supply Voltage	V _{CC}	4.5	5.0	5.5	V	
Logic 1	V _{IH}	2.2		V _{CC} + 0.3	V	
Logic 0	V _{IL}	-0.5		+0.8	V	
V _{BAT} Battery Voltage	V _{BAT}	2.0		3.5	V	

*Unless otherwise specified.

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(Over the operating range*)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Input Leakage (SCL)	I _{LI}			1	μA	
I/O Leakage (SDA & SQW/OUT)	I _{LO}			1	μA	
Logic 0 Output (I _{OL} = 5mA)	V _{OL}			0.4	V	
Active Supply Current	I _{CCA}			1.5	mA	7
Standby Current	I _{CCS}			200	μA	1
Battery Current (OSC ON); SQW/OUT OFF	I _{BAT1}		300	500	nA	2
Battery Current (OSC ON); SQW/OUT ON (32kHz)	I _{BAT2}		480	800	nA	
Power-Fail Voltage	V _{PF}	1.216 x V _{BAT}	1.25 x V _{BAT}	1.284 x V _{BAT}	V	8

*Unless otherwise specified.

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(Over the operating range*)

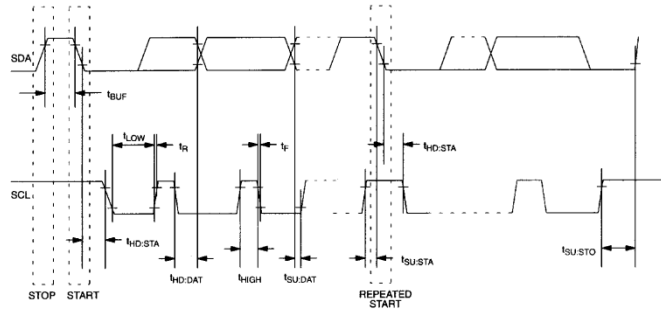
PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
SCL Clock Frequency	f_{SCL}	0		100	kHz	
Bus Free Time Between a STOP and START Condition	t_{BUF}	4.7			μs	
Hold Time (Repeated) START Condition	$t_{HD:STA}$	4.0			μs	3
LOW Period of SCL Clock	t_{LOW}	4.7			μs	
HIGH Period of SCL Clock	t_{HIGH}	4.0			μs	
Set-up Time for a Repeated START Condition	$t_{SU:STA}$	4.7			μs	
Data Hold Time	$t_{HD:DAT}$	0			μs	4,5
Data Set-up Time	$t_{SU:DAT}$	250			ns	
Rise Time of Both SDA and SCL Signals	t_R			1000	ns	
Fall Time of Both SDA and SCL Signals	t_F			300	ns	
Set-up Time for STOP Condition	$t_{SU:STO}$	4.7			μs	
Capacitive Load for each Bus Line	C_B			400	pF	6
I/O Capacitance ($T_A = 25^\circ C$)	$C_{I/O}$		10		pF	
Crystal Specified Load Capacitance ($T_A = 25^\circ C$)			12.5		pF	

*Unless otherwise specified.

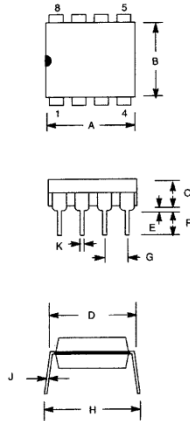
NOTES:

1. I_{CCS} specified with $V_{CC} = 5.0V$ and SDA, SCL = 5.0V.
2. $V_{CC} = 0V$, $V_{BAT} = 3V$.
3. After this period, the first clock pulse is generated.
4. A device must internally provide a hold time of at least 300ns for the SDA signal (referred to the V_{IHMIN} of the SCL signal) in order to bridge the undefined region of the falling edge of SCL.
5. The maximum $t_{HD:DAT}$ has only to be met if the device does not stretch the LOW period (t_{LOW}) of the SCL signal.
6. C_B – Total capacitance of one bus line in pF.
7. I_{CCA} – SCL clocking at max frequency = 100kHz.
8. V_{PF} measured at $V_{BAT} = 3.0V$.

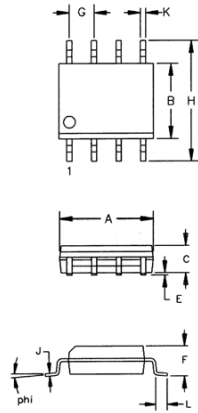
TIMING DIAGRAM Figure 8



**DS1307 64 X 8 SERIAL REAL-TIME CLOCK
8-PIN DIP MECHANICAL DIMENSIONS**



PKG	8-PIN	
	MIN	MAX
A IN.	0.360	0.400
MM	9.14	10.16
B IN.	0.240	0.260
MM	6.10	6.60
C IN.	0.120	0.140
MM	3.05	3.56
D IN.	0.300	0.325
MM	7.62	8.26
E IN.	0.015	0.040
MM	0.38	1.02
F IN.	0.120	0.140
MM	3.04	3.56
G IN.	0.090	0.110
MM	2.29	2.79
H IN.	0.320	0.370
MM	8.13	9.40
J IN.	0.008	0.012
MM	0.20	0.30
K IN.	0.015	0.021
MM	0.38	0.53

**DS1307Z 64 X 8 SERIAL REAL-TIME CLOCK
8-PIN SOIC (150-MIL) MECHANICAL DIMENSIONS**


PKG	8-PIN (150 MIL)	
	MIN	MAX
A IN.	0.188	0.196
MM	4.78	4.98
B IN.	0.150	0.158
MM	3.81	4.01
C IN.	0.048	0.062
MM	1.22	1.57
E IN.	0.004	0.010
MM	0.10	0.25
F IN.	0.053	0.069
MM	1.35	1.75
G IN.	0.050 BSC	
MM	1.27 BSC	
H IN.	0.230	0.244
MM	5.84	6.20
J IN.	0.007	0.011
MM	0.18	0.28
K IN.	0.012	0.020
MM	0.30	0.51
L IN.	0.016	0.050
MM	0.41	1.27
phi	0°	8°

56-G2008-001

A6. 7805



www.fairchildsemi.com

KA78XX/KA78XXA

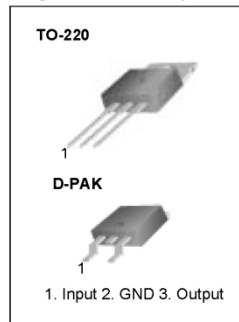
3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

Features

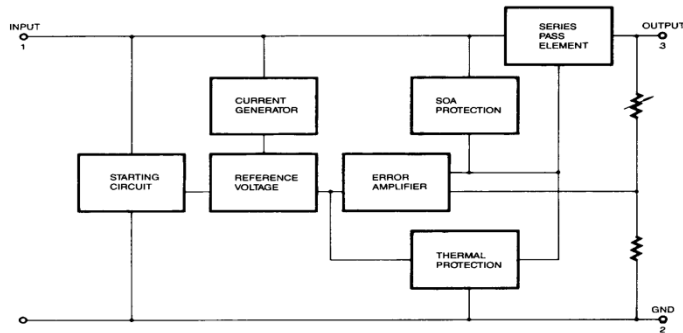
- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24V
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

Description

The KA78XX/KA78XXA series of three-terminal positive regulator are available in the TO-220/D-PAK package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.



Internal Block Diagram



Rev. 1.0.0

©2001 Fairchild Semiconductor Corporation

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Voltage (for $V_O = 5V$ to $18V$) (for $V_O = 24V$)	V_I	35	V
	V_I	40	V
Thermal Resistance Junction-Cases (TO-220)	$R_{\theta JC}$	5	$^{\circ}C/W$
Thermal Resistance Junction-Air (TO-220)	$R_{\theta JA}$	65	$^{\circ}C/W$
Operating Temperature Range (KA78XX/A/R)	T_{OPR}	0 ~ +125	$^{\circ}C$
Storage Temperature Range	T_{STG}	-65 ~ +150	$^{\circ}C$

Electrical Characteristics (KA7805/KA7805R)

(Refer to test circuit, $0^{\circ}C < T_J < 125^{\circ}C$, $I_O = 500mA$, $V_I = 10V$, $C_I = 0.33\mu F$, $C_O = 0.1\mu F$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	KA7805			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}C$	4.8	5.0	5.2	V	
		$5.0mA \leq I_O \leq 1.0A$, $P_O \leq 15W$ $V_I = 7V$ to $20V$	4.75	5.0	5.25		
Line Regulation (Note1)	Regline	$T_J = +25^{\circ}C$	$V_O = 7V$ to $25V$	-	4.0	100	mV
			$V_I = 8V$ to $12V$	-	1.6	50	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}C$	$I_O = 5.0mA$ to $1.5A$	-	9	100	mV
			$I_O = 250mA$ to $750mA$	-	4	50	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}C$	-	5.0	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5mA$ to $1.0A$ $V_I = 7V$ to $25V$	-	0.03	0.5	mA	
			-	0.3	1.3		
Output Voltage Drift	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5mA$	-	-0.8	-	mV/ $^{\circ}C$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10Hz$ to $100KHz$, $T_A = +25^{\circ}C$	-	42	-	$\mu V/V_O$	
Ripple Rejection	RR	$f = 120Hz$ $V_O = 8V$ to $18V$	62	73	-	dB	
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1A$, $T_J = +25^{\circ}C$	-	2	-	V	
Output Resistance	r_O	$f = 1KHz$	-	15	-	$m\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35V$, $T_A = +25^{\circ}C$	-	230	-	mA	
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}C$	-	2.2	-	A	

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Electrical Characteristics (KA7806/KA7806R)(Refer to test circuit, $0^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 11\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	KA7806			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	5.75	6.0	6.25	V	
		$5.0\text{mA} \leq I_O \leq 1.0\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$ $V_I = 8.0\text{V to } 21\text{V}$	5.7	6.0	6.3		
Line Regulation (Note1)	Regline	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 8\text{V to } 25\text{V}$	-	5	120	mV
			$V_I = 9\text{V to } 13\text{V}$	-	1.5	60	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{A}$	-	9	120	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	-	3	60	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	5.0	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$	-	-	0.5	mA	
		$V_I = 8\text{V to } 25\text{V}$	-	-	1.3		
Output Voltage Drift	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	-	-0.8	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{kHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	45	-	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection	RR	$f = 120\text{Hz}$ $V_I = 9\text{V to } 19\text{V}$	59	75	-	dB	
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2	-	V	
Output Resistance	r_O	$f = 1\text{kHz}$	-	19	-	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	250	-	mA	
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.2	-	A	

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Electrical Characteristics (KA7808/KA7808R)(Refer to test circuit, $0^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 14\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	KA7808			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	7.7	8.0	8.3	V	
		$5.0\text{mA} \leq I_O \leq 1.0\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$ $V_I = 10.5\text{V to } 23\text{V}$	7.6	8.0	8.4		
Line Regulation (Note1)	Regline	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 10.5\text{V to } 25\text{V}$	-	5.0	160	mV
			$V_I = 11.5\text{V to } 17\text{V}$	-	2.0	80	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5.0\text{mA to } 1.5\text{A}$	-	10	160	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	-	5.0	80	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	5.0	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1.0\text{A}$	-	0.05	0.5	mA	
		$V_I = 10.5\text{A to } 25\text{V}$	-	0.5	1.0		
Output Voltage Drift	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	-	-0.8	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{kHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	52	-	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection	RR	$f = 120\text{Hz}$, $V_I = 11.5\text{V to } 21.5\text{V}$	56	73	-	dB	
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2	-	V	
Output Resistance	r_O	$f = 1\text{KHz}$	-	17	-	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	230	-	mA	
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.2	-	A	

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Electrical Characteristics (KA7809/KA7809R)(Refer to test circuit, $0^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 15\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	KA7809			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	8.65	9	9.35	V	
		$5.0\text{mA} \leq I_O \leq 1.0\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$ $V_I = 11.5\text{V to } 24\text{V}$	8.6	9	9.4		
Line Regulation (Note1)	Regline	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 11.5\text{V to } 25\text{V}$	-	6	180	mV
			$V_I = 12\text{V to } 17\text{V}$	-	2	90	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{A}$	-	12	180	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	-	4	90	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	5.0	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1.0\text{A}$ $V_I = 11.5\text{V to } 26\text{V}$	-	-	0.5	mA	
			-	-	1.3		
Output Voltage Drift	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	-	-1	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{KHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	58	-	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection	RR	$f = 120\text{Hz}$ $V_I = 13\text{V to } 23\text{V}$	56	71	-	dB	
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2	-	V	
Output Resistance	r_O	$f = 1\text{KHz}$	-	17	-	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	250	-	mA	
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.2	-	A	

Note:

- Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Electrical Characteristics (KA7810)(Refer to test circuit, $0^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 16\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	KA7810			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	9.6	10	10.4	V	
		$5.0\text{mA} \leq I_O \leq 1.0\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$ $V_I = 12.5\text{V to } 25\text{V}$	9.5	10	10.5		
Line Regulation (Note1)	Regline	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 12.5\text{V to } 25\text{V}$	-	10	200	mV
			$V_I = 13\text{V to } 25\text{V}$	-	3	100	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{A}$	-	12	200	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	-	4	400	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	5.1	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1.0\text{A}$	-	-	0.5	mA	
		$V_I = 12.5\text{V to } 29\text{V}$	-	-	1.0		
Output Voltage Drift	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	-	-1	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{KHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	58	-	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection	RR	$f = 120\text{Hz}$ $V_I = 13\text{V to } 23\text{V}$	56	71	-	dB	
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2	-	V	
Output Resistance	r_O	$f = 1\text{KHz}$	-	17	-	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	250	-	mA	
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.2	-	A	

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Electrical Characteristics (KA7812/KA7812R)(Refer to test circuit, $0^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 19\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	KA7812/KA7812R			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
Output Voltage	V _O	T _J = +25 °C	11.5	12	12.5	V	
		5.0mA ≤ I _O ≤ 1.0A, P _O ≤ 15W V _I = 14.5V to 27V	11.4	12	12.6		
Line Regulation (Note1)	Regline	T _J = +25 °C	V _I = 14.5V to 30V	-	10	240	mV
			V _I = 16V to 22V	-	3.0	120	
Load Regulation (Note1)	Regload	T _J = +25 °C	I _O = 5mA to 1.5A	-	11	240	mV
			I _O = 250mA to 750mA	-	5.0	120	
Quiescent Current	I _Q	T _J = +25 °C	-	5.1	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI _Q	I _O = 5mA to 1.0A	-	0.1	0.5	mA	
		V _I = 14.5V to 30V	-	0.5	1.0		
Output Voltage Drift	ΔV _O /ΔT	I _O = 5mA	-	-1	-	mV/°C	
Output Noise Voltage	V _N	f = 10Hz to 100KHz, T _A = +25 °C	-	76	-	μV/V _O	
Ripple Rejection	RR	f = 120Hz V _I = 15V to 25V	55	71	-	dB	
Dropout Voltage	V _{Drop}	I _O = 1A, T _J = +25 °C	-	2	-	V	
Output Resistance	r _O	f = 1KHz	-	18	-	mΩ	
Short Circuit Current	I _{SC}	V _I = 35V, T _A = +25 °C	-	230	-	mA	
Peak Current	I _{PK}	T _J = +25 °C	-	2.2	-	A	

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Electrical Characteristics (KA7815)(Refer to test circuit, $0^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 23\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	KA7815			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	14.4	15	15.6	V	
		$5.0\text{mA} \leq I_O \leq 1.0\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$ $V_I = 17.5\text{V to } 30\text{V}$	14.25	15	15.75		
Line Regulation (Note1)	Regline	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 17.5\text{V to } 30\text{V}$	-	11	300	mV
			$V_I = 20\text{V to } 26\text{V}$	-	3	150	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{A}$	-	12	300	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	-	4	150	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	5.2	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1.0\text{A}$	-	-	0.5	mA	
		$V_I = 17.5\text{V to } 30\text{V}$	-	-	1.0		
Output Voltage Drift	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	-	-1	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{KHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	90	-	$\mu\text{V}/V_o$	
Ripple Rejection	RR	$f = 120\text{Hz}$ $V_I = 18.5\text{V to } 28.5\text{V}$	54	70	-	dB	
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2	-	V	
Output Resistance	r_O	$f = 1\text{KHz}$	-	19	-	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	250	-	mA	
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.2	-	A	

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Electrical Characteristics (KA7818)(Refer to test circuit, $0^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 27\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	KA7818			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	17.3	18	18.7	V	
		$5.0\text{mA} \leq I_O \leq 1.0\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$ $V_I = 21\text{V to } 33\text{V}$	17.1	18	18.9		
Line Regulation (Note1)	Regline	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 21\text{V to } 33\text{V}$	-	15	360	mV
			$V_I = 24\text{V to } 30\text{V}$	-	5	180	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{A}$	-	15	360	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	-	5.0	180	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	5.2	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1.0\text{A}$	-	-	0.5	mA	
		$V_I = 21\text{V to } 33\text{V}$	-	-	1		
Output Voltage Drift	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	-	-1	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{KHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	110	-	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection	RR	$f = 120\text{Hz}$ $V_I = 22\text{V to } 32\text{V}$	53	69	-	dB	
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2	-	V	
Output Resistance	r_O	$f = 1\text{KHz}$	-	22	-	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	250	-	mA	
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.2	-	A	

Note:

- Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Electrical Characteristics (KA7824)(Refer to test circuit, $0^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 33\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	KA7824			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	23	24	25	V	
		$5.0\text{mA} \leq I_O \leq 1.0\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$ $V_I = 27\text{V to } 38\text{V}$	22.8	24	25.25		
Line Regulation (Note1)	Regline	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 27\text{V to } 38\text{V}$	-	17	480	mV
			$V_I = 30\text{V to } 36\text{V}$	-	6	240	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{A}$	-	15	480	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	-	5.0	240	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	5.2	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1.0\text{A}$ $V_I = 27\text{V to } 38\text{V}$	-	0.1	0.5	mA	
			-	0.5	1		
Output Voltage Drift	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	-	-1.5	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{kHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	60	-	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection	RR	$f = 120\text{Hz}$ $V_I = 28\text{V to } 38\text{V}$	50	67	-	dB	
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2	-	V	
Output Resistance	r_O	$f = 1\text{kHz}$	-	28	-	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	230	-	mA	
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.2	-	A	

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Electrical Characteristics (KA7805A)

(Refer to the test circuits. $0^{\circ}\text{C} < T_J < +125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 1\text{A}$, $V_I = 10\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	
Output Voltage	V _O	T _J = +25 °C	4.9	5	5.1	V	
		I _O = 5mA to 1A, P _O ≤ 15W V _I = 7.5V to 20V	4.8	5	5.2		
Line Regulation (Note1)	Regline	V _I = 7.5V to 25V I _O = 500mA	-	5	50	mV	
		V _I = 8V to 12V	-	3	50		
		T _J = +25 °C	V _I = 7.3V to 20V	-	5		50
			V _I = 8V to 12V	-	1.5		25
Load Regulation (Note1)	Regload	T _J = +25 °C I _O = 5mA to 1.5A	-	9	100	mV	
		I _O = 5mA to 1A	-	9	100		
		I _O = 250mA to 750mA	-	4	50		
Quiescent Current	I _Q	T _J = +25 °C	-	5.0	6.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI _Q	I _O = 5mA to 1A	-	-	0.5	mA	
		V _I = 8 V to 25V, I _O = 500mA	-	-	0.8		
		V _I = 7.5V to 20V, T _J = +25 °C	-	-	0.8		
Output Voltage Drift	ΔV/ΔT	I _O = 5mA	-	-0.8	-	mV/°C	
Output Noise Voltage	V _N	f = 10Hz to 100KHz T _A = +25 °C	-	10	-	μV/V _O	
Ripple Rejection	RR	f = 120Hz, I _O = 500mA V _I = 8V to 18V	-	68	-	dB	
Dropout Voltage	V _{Drop}	I _O = 1A, T _J = +25 °C	-	2	-	V	
Output Resistance	r _O	f = 1KHz	-	17	-	mΩ	
Short Circuit Current	I _{SC}	V _I = 35V, T _A = +25 °C	-	250	-	mA	
Peak Current	I _{PK}	T _J = +25 °C	-	2.2	-	A	

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Change in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Electrical Characteristics (KA7806A)

(Refer to the test circuits. $0^{\circ}\text{C} < T_J < +125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 1\text{A}$, $V_I = 11\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	
Output Voltage	V _O	T _J = +25 °C	5.58	6	6.12	V	
		I _O = 5mA to 1A, P _O ≤ 15W V _I = 8.6V to 21V	5.76	6	6.24		
Line Regulation (Note1)	Regline	V _I = 8.6V to 25V I _O = 500mA	-	5	60	mV	
		V _I = 9V to 13V	-	3	60		
		T _J = +25 °C	V _I = 8.3V to 21V	-	5		60
			V _I = 9V to 13V	-	1.5		30
Load Regulation (Note1)	Regload	T _J = +25 °C I _O = 5mA to 1.5A	-	9	100	mV	
		I _O = 5mA to 1A	-	4	100		
		I _O = 250mA to 750mA	-	5.0	50		
Quiescent Current	I _Q	T _J = +25 °C	-	4.3	6.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI _Q	I _O = 5mA to 1A	-	-	0.5	mA	
		V _I = 9V to 25V, I _O = 500mA	-	-	0.8		
		V _I = 8.5V to 21V, T _J = +25 °C	-	-	0.8		
Output Voltage Drift	ΔV/ΔT	I _O = 5mA	-	-0.8	-	mV/°C	
Output Noise Voltage	V _N	f = 10Hz to 100KHz T _A = +25 °C	-	10	-	μV/V _O	
Ripple Rejection	RR	f = 120Hz, I _O = 500mA V _I = 9V to 19V	-	65	-	dB	
Dropout Voltage	V _{Drop}	I _O = 1A, T _J = +25 °C	-	2	-	V	
Output Resistance	r _O	f = 1KHz	-	17	-	mΩ	
Short Circuit Current	I _{SC}	V _I = 35V, T _A = +25 °C	-	250	-	mA	
Peak Current	I _{PK}	T _J = +25 °C	-	2.2	-	A	

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Change in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Electrical Characteristics (KA7808A)

(Refer to the test circuits. $0^{\circ}\text{C} < T_J < +125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 1\text{A}$, $V_I = 14\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	7.84	8	8.16	V	
		$I_O = 5\text{mA}$ to 1A , $P_O \leq 15\text{W}$ $V_I = 10.6\text{V}$ to 23V	7.7	8	8.3		
Line Regulation (Note1)	Regline	$V_I = 10.6\text{V}$ to 25V $I_O = 500\text{mA}$	-	6	80	mV	
		$V_I = 11\text{V}$ to 17V	-	3	80		
		$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 10.4\text{V}$ to 23V	-	6		80
			$V_I = 11\text{V}$ to 17V	-	2		40
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$ $I_O = 5\text{mA}$ to 1.5A	-	12	100	mV	
		$I_O = 5\text{mA}$ to 1A	-	12	100		
		$I_O = 250\text{mA}$ to 750mA	-	5	50		
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	5.0	6.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA}$ to 1A	-	-	0.5	mA	
		$V_I = 11\text{V}$ to 25V , $I_O = 500\text{mA}$	-	-	0.8		
		$V_I = 10.6\text{V}$ to 23V , $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	-	0.8		
Output Voltage Drift	$\Delta V/\Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	-	-0.8	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz}$ to 100KHz $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	10	-	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection	RR	$f = 120\text{Hz}$, $I_O = 500\text{mA}$ $V_I = 11.5\text{V}$ to 21.5V	-	62	-	dB	
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2	-	V	
Output Resistance	r_O	$f = 1\text{KHz}$	-	18	-	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	250	-	mA	
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.2	-	A	

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Change in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Electrical Characteristics (KA7809A)

(Refer to the test circuits. $0^{\circ}\text{C} < T_J < +125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 1\text{A}$, $V_I = 15\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	8.82	9.0	9.18	V	
		$I_O = 5\text{mA}$ to 1A , $P_O \leq 15\text{W}$ $V_I = 11.2\text{V}$ to 24V	8.65	9.0	9.35		
Line Regulation (Note1)	Regline	$V_I = 11.7\text{V}$ to 25V $I_O = 500\text{mA}$	-	6	90	mV	
		$V_I = 12.5\text{V}$ to 19V	-	4	45		
		$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 11.5\text{V}$ to 24V	-	6		90
			$V_I = 12.5\text{V}$ to 19V	-	2		45
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$ $I_O = 5\text{mA}$ to 1.0A	-	12	100	mV	
		$I_O = 5\text{mA}$ to 1.0A	-	12	100		
		$I_O = 250\text{mA}$ to 750mA	-	5	50		
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	5.0	6.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$V_I = 11.7\text{V}$ to 25V , $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	-	0.8	mA	
		$V_I = 12\text{V}$ to 25V , $I_O = 500\text{mA}$	-	-	0.8		
		$I_O = 5\text{mA}$ to 1.0A	-	-	0.5		
Output Voltage Drift	$\Delta V/\Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	-	-1.0	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz}$ to 100KHz $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	10	-	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection	RR	$f = 120\text{Hz}$, $I_O = 500\text{mA}$ $V_I = 12\text{V}$ to 22V	-	62	-	dB	
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.0	-	V	
Output Resistance	r_O	$f = 1\text{KHz}$	-	17	-	m Ω	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	250	-	mA	
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.2	-	A	

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Change in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Electrical Characteristics (KA7810A)

(Refer to the test circuits. $0^{\circ}\text{C} < T_J < +125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 1\text{A}$, $V_I = 16\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	
Output Voltage	V _O	T _J = +25 °C	9.8	10	10.2	V	
		I _O = 5mA to 1A, P _O ≤ 15W V _I = 12.8V to 25V	9.6	10	10.4		
Line Regulation (Note1)	Regline	V _I = 12.8V to 26V I _O = 500mA	-	8	100	mV	
		V _I = 13V to 20V	-	4	50		
		T _J = +25 °C	V _I = 12.5V to 25V	-	8		100
			V _I = 13V to 20V	-	3		50
Load Regulation (Note1)	Regload	T _J = +25 °C I _O = 5mA to 1.5A	-	12	100	mV	
		I _O = 5mA to 1.0A	-	12	100		
		I _O = 250mA to 750mA	-	5	50		
Quiescent Current	I _Q	T _J = +25 °C	-	5.0	6.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI _Q	V _I = 13V to 26V, T _J = +25 °C	-	-	0.5	mA	
		V _I = 12.8V to 25V, I _O = 500mA	-	-	0.8		
		I _O = 5mA to 1.0A	-	-	0.5		
Output Voltage Drift	ΔV/ΔT	I _O = 5mA	-	-1.0	-	mV/°C	
Output Noise Voltage	V _N	f = 10Hz to 100KHz T _A = +25 °C	-	10	-	μV/V _O	
Ripple Rejection	RR	f = 120Hz, I _O = 500mA V _I = 14V to 24V	-	62	-	dB	
Dropout Voltage	V _{Drop}	I _O = 1A, T _J = +25 °C	-	2.0	-	V	
Output Resistance	r _O	f = 1KHz	-	17	-	mΩ	
Short Circuit Current	I _{SC}	V _I = 35V, T _A = +25 °C	-	250	-	mA	
Peak Current	I _{PK}	T _J = +25 °C	-	2.2	-	A	

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Change in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Electrical Characteristics (KA7812A)

(Refer to the test circuits. $0^{\circ}\text{C} < T_J < +125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 1\text{A}$, $V_I = 19\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	11.75	12	12.25	V	
		$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$ $V_I = 14.8\text{V to } 27\text{V}$	11.5	12	12.5		
Line Regulation (Note1)	Regline	$V_I = 14.8\text{V to } 30\text{V}$ $I_O = 500\text{mA}$	-	10	120	mV	
		$V_I = 16\text{V to } 22\text{V}$	-	4	120		
		$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 14.5\text{V to } 27\text{V}$	-	10		120
			$V_I = 16\text{V to } 22\text{V}$	-	3		60
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$ $I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{A}$	-	12	100	mV	
		$I_O = 5\text{mA to } 1.0\text{A}$	-	12	100		
		$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	-	5	50		
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	5.1	6.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$V_I = 15\text{V to } 30\text{V}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	-	0.8	mA	
		$V_I = 14\text{V to } 27\text{V}$, $I_O = 500\text{mA}$	-	-	0.8		
		$I_O = 5\text{mA to } 1.0\text{A}$	-	-	0.5		
Output Voltage Drift	$\Delta V/\Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	-	-1.0	-	mV/°C	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{KHz}$ $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	10	-	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection	RR	$f = 120\text{Hz}$, $I_O = 500\text{mA}$ $V_I = 14\text{V to } 24\text{V}$	-	60	-	dB	
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.0	-	V	
Output Resistance	r_O	$f = 1\text{KHz}$	-	18	-	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	250	-	mA	
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.2	-	A	

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Change in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Electrical Characteristics (KA7815A)

(Refer to the test circuits. $0^{\circ}\text{C} < T_J < +125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 1\text{A}$, $V_I = 23\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	
Output Voltage	V _O	T _J = +25 °C	14.7	15	15.3	V	
		I _O = 5mA to 1A, P _O ≤ 15W V _I = 17.7V to 30V	14.4	15	15.6		
Line Regulation (Note1)	Regline	V _I = 17.9V to 30V I _O = 500mA	-	10	150	mV	
		V _I = 20V to 26V	-	5	150		
		T _J = +25 °C	V _I = 17.5V to 30V	-	11		150
			V _I = 20V to 26V	-	3		75
Load Regulation (Note1)	Regload	T _J = +25 °C I _O = 5mA to 1.5A	-	12	100	mV	
		I _O = 5mA to 1.0A	-	12	100		
		I _O = 250mA to 750mA	-	5	50		
Quiescent Current	I _Q	T _J = +25 °C	-	5.2	6.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI _Q	V _I = 17.5V to 30V, T _J = +25 °C	-	-	0.8	mA	
		V _I = 17.5V to 30V, I _O = 500mA	-	-	0.8		
		I _O = 5mA to 1.0A	-	-	0.5		
Output Voltage Drift	ΔV/ΔT	I _O = 5mA	-	-1.0	-	mV/°C	
Output Noise Voltage	V _N	f = 10Hz to 100KHz T _A = +25 °C	-	10	-	μV/V _O	
Ripple Rejection	RR	f = 120Hz, I _O = 500mA V _I = 18.5V to 28.5V	-	58	-	dB	
Dropout Voltage	V _{Drop}	I _O = 1A, T _J = +25 °C	-	2.0	-	V	
Output Resistance	r _O	f = 1KHz	-	19	-	mΩ	
Short Circuit Current	I _{SC}	V _I = 35V, T _A = +25 °C	-	250	-	mA	
Peak Current	I _{PK}	T _J = +25 °C	-	2.2	-	A	

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Change in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Electrical Characteristics (KA7818A)

(Refer to the test circuits. $0^{\circ}\text{C} < T_J < +125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 1\text{A}$, $V_I = 27\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	
Output Voltage	V _O	T _J = +25 °C	17.64	18	18.36	V	
		I _O = 5mA to 1A, P _O ≤ 15W V _I = 21V to 33V	17.3	18	18.7		
Line Regulation (Note1)	Regline	V _I = 21V to 33V I _O = 500mA	-	15	180	mV	
		V _I = 21V to 33V	-	5	180		
		T _J = +25 °C	V _I = 20.6V to 33V	-	15		180
			V _I = 24V to 30V	-	5		90
Load Regulation (Note1)	Regload	T _J = +25 °C I _O = 5mA to 1.5A	-	15	100	mV	
		I _O = 5mA to 1.0A	-	15	100		
		I _O = 250mA to 750mA	-	7	50		
Quiescent Current	I _Q	T _J = +25 °C	-	5.2	6.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI _Q	V _I = 21V to 33V, T _J = +25 °C	-	-	0.8	mA	
		V _I = 21V to 33V, I _O = 500mA	-	-	0.8		
		I _O = 5mA to 1.0A	-	-	0.5		
Output Voltage Drift	ΔV/ΔT	I _O = 5mA	-	-1.0	-	mV/°C	
Output Noise Voltage	V _N	f = 10Hz to 100KHz T _A = +25 °C	-	10	-	μV/V _O	
Ripple Rejection	RR	f = 120Hz, I _O = 500mA V _I = 22V to 32V	-	57	-	dB	
Dropout Voltage	V _{Drop}	I _O = 1A, T _J = +25 °C	-	2.0	-	V	
Output Resistance	r _O	f = 1KHz	-	19	-	mΩ	
Short Circuit Current	I _{SC}	V _I = 35V, T _A = +25 °C	-	250	-	mA	
Peak Current	I _{PK}	T _J = +25 °C	-	2.2	-	A	

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Change in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Electrical Characteristics (KA7824A)

(Refer to the test circuits. $0^{\circ}\text{C} < T_J < +125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 1\text{A}$, $V_I = 33\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	
Output Voltage	V _O	T _J = +25 °C	23.5	24	24.5	V	
		I _O = 5mA to 1A, P _O ≤ 15W V _I = 27.3V to 38V	23	24	25		
Line Regulation (Note1)	Regline	V _I = 27V to 38V I _O = 500mA	-	18	240	mV	
		V _I = 21V to 33V	-	6	240		
		T _J = +25 °C	V _I = 26.7V to 38V	-	18		240
			V _I = 30V to 36V	-	6		120
Load Regulation (Note1)	Regload	T _J = +25 °C I _O = 5mA to 1.5A	-	15	100	mV	
		I _O = 5mA to 1.0A	-	15	100		
		I _O = 250mA to 750mA	-	7	50		
Quiescent Current	I _Q	T _J = +25 °C	-	5.2	6.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI _Q	V _I = 27.3V to 38V, T _J = +25 °C	-	-	0.8	mA	
		V _I = 27.3V to 38V, I _O = 500mA	-	-	0.8		
		I _O = 5mA to 1.0A	-	-	0.5		
Output Voltage Drift	ΔV/ΔT	I _O = 5mA	-	-1.5	-	mV/°C	
Output Noise Voltage	V _N	f = 10Hz to 100KHz T _A = 25 °C	-	10	-	μV/V _O	
Ripple Rejection	RR	f = 120Hz, I _O = 500mA V _I = 28V to 38V	-	54	-	dB	
Dropout Voltage	V _{Drop}	I _O = 1A, T _J = +25 °C	-	2.0	-	V	
Output Resistance	r _O	f = 1KHz	-	20	-	mΩ	
Short Circuit Current	I _{SC}	V _I = 35V, T _A = +25 °C	-	250	-	mA	
Peak Current	I _{PK}	T _J = +25 °C	-	2.2	-	A	

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Change in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Typical Performance Characteristics

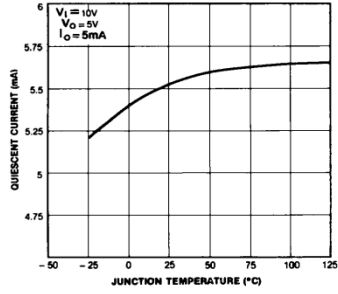


Figure 1. Quiescent Current

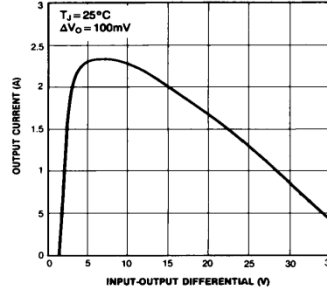


Figure 2. Peak Output Current

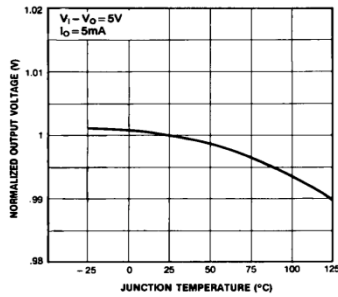


Figure 3. Output Voltage

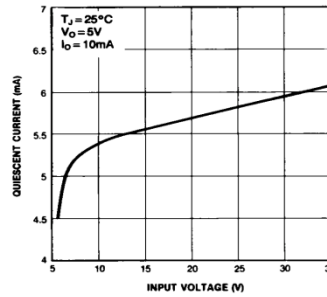


Figure 4. Quiescent Current

Typical Applications

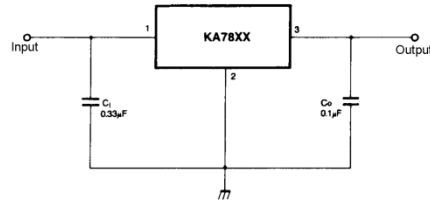


Figure 5. DC Parameters

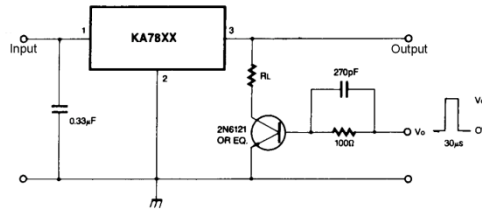


Figure 6. Load Regulation

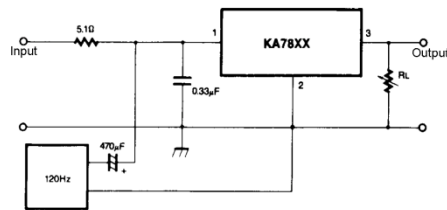


Figure 7. Ripple Rejection

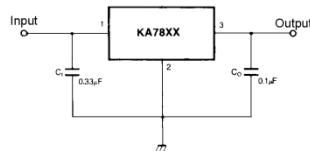


Figure 8. Fixed Output Regulator

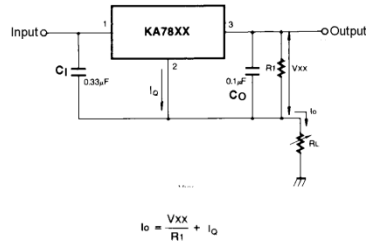


Figure 9. Constant Current Regulator

Notes:

- (1) To specify an output voltage, substitute voltage value for "XX." A common ground is required between the input and the Output voltage. The input voltage must remain typically 2.0V above the output voltage even during the low point on the input ripple voltage.
- (2) C₁ is required if regulator is located an appreciable distance from power Supply filter.
- (3) C₀ improves stability and transient response.

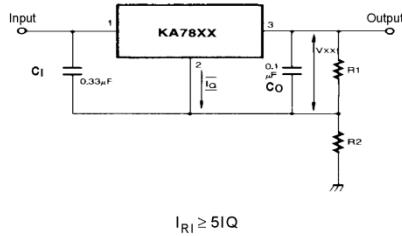


Figure 10. Circuit for Increasing Output Voltage

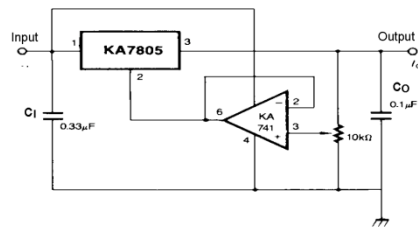


Figure 11. Adjustable Output Regulator (7 to 30V)

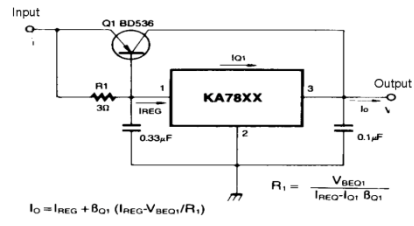


Figure 12. High Current Voltage Regulator

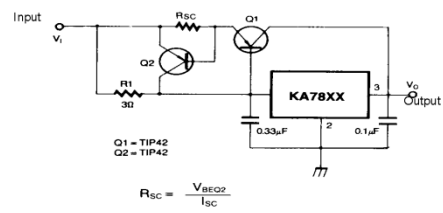


Figure 13. High Output Current with Short Circuit Protection

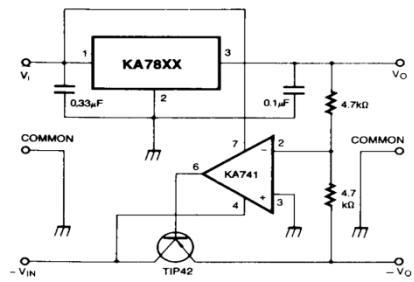


Figure 14. Tracking Voltage Regulator

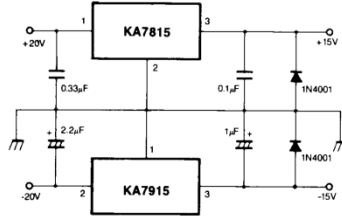


Figure 15. Split Power Supply (±15V-1A)

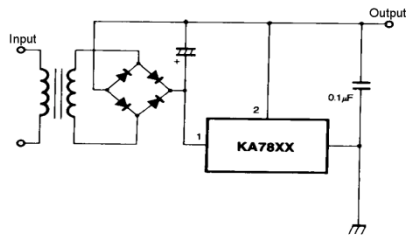


Figure 16. Negative Output Voltage Circuit

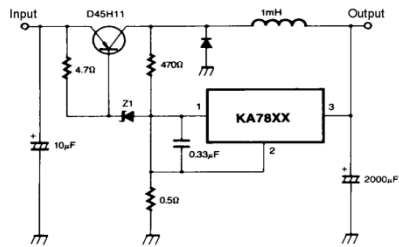
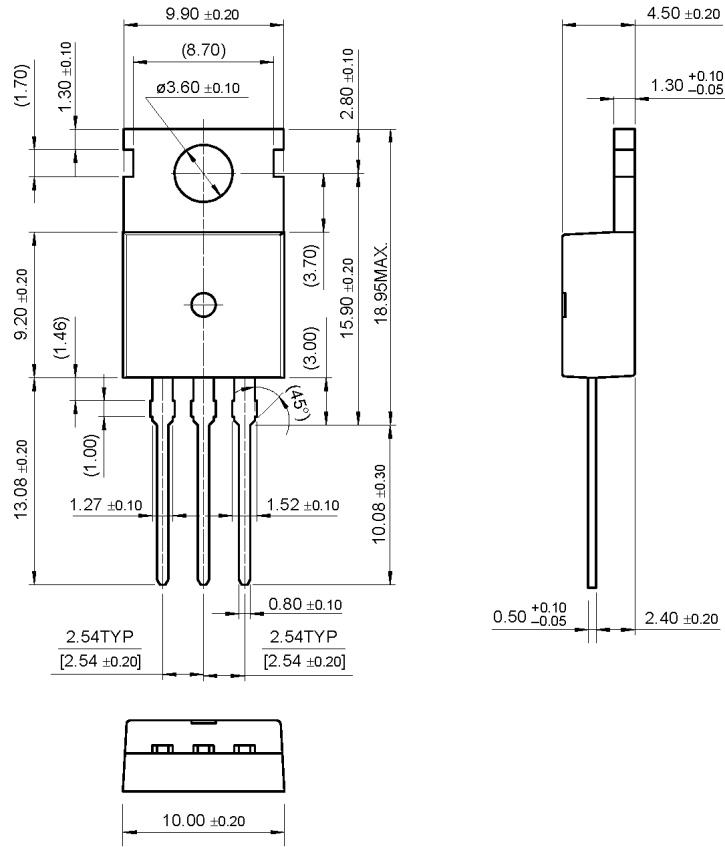


Figure 17. Switching Regulator

Mechanical Dimensions

Package

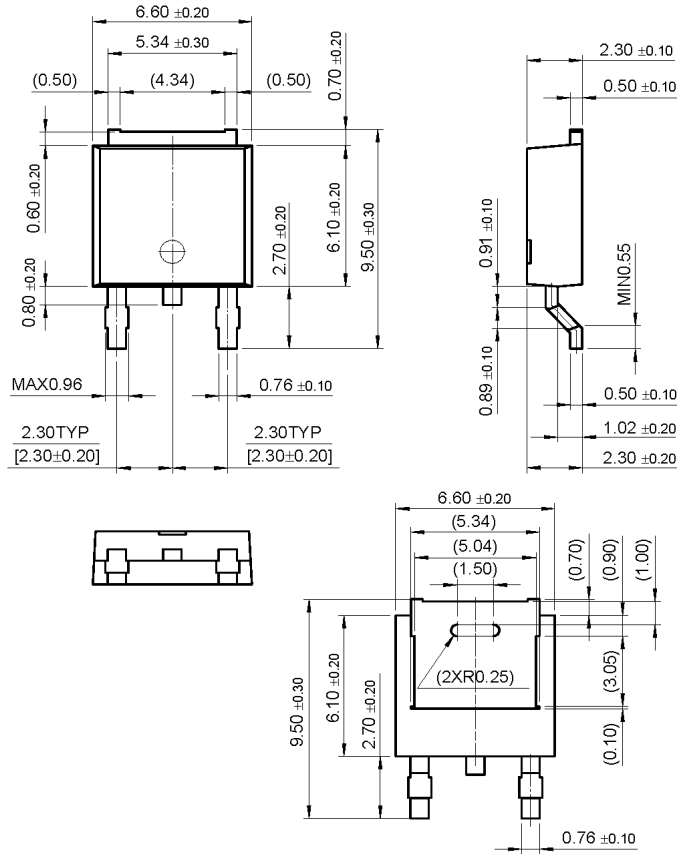
TO-220



Mechanical Dimensions (Continued)

Package

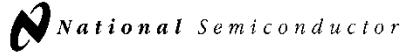
D-PAK



Ordering Information

Product Number	Output Voltage Tolerance	Package	Operating Temperature
KA7805 / KA7806	±4%	TO-220	0 ~ + 125°C
KA7808 / KA7809			
KA7810			
KA7812 / KA7815			
KA7818 / KA7824			
KA7805A / KA7806A	±2%		
KA7808A / KA7809A			
KA7810A / KA7812A			
KA7815A / KA7818A			
KA7824A			
KA7805R / KA7806R	±4%	D-PAK	
KA7808R / KA7809R			
KA7812R			

A7. LM 123 LM323



April 1998

LM123/LM323A/LM323 3-Amp, 5-Volt Positive Regulator

General Description

The LM123 is a three-terminal positive regulator with a pre-set 5V output and a load driving capability of 3 amps. New circuit design and processing techniques are used to provide the high output current without sacrificing the regulation characteristics of lower current devices.

The LM323A offers improved precision over the standard LM323. Parameters with tightened specifications include output voltage tolerance, line regulation, and load regulation.

The 3 amp regulator is virtually blowout proof. Current limiting, power limiting, and thermal shutdown provide the same high level of reliability obtained with these techniques in the LM109 1 amp regulator.

No external components are required for operation of the LM123. If the device is more than 4 inches from the filter capacitor, however, a 1 μ F solid tantalum capacitor should be used on the input. A 0.1 μ F or larger capacitor may be used on the output to reduce load transient spikes created by fast switching digital logic, or to swamp out stray load capacitance.

An overall worst case specification for the combined effects of input voltage, load currents, ambient temperature, and power dissipation ensure that the LM123 will perform satisfactorily as a system element.

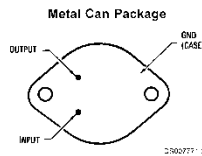
For applications requiring other voltages, see LM150 series adjustable regulator data sheet.

Operation is guaranteed over the junction temperature range -55°C to +150°C for LM123, -40°C to +125°C for LM323A, and 0°C to +125°C for LM323. A hermetic TO-3 package is used for high reliability and low thermal resistance.

Features

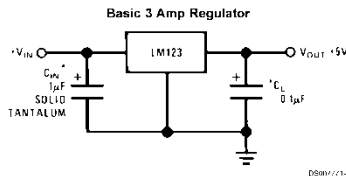
- Guaranteed 1% initial accuracy (A version)
- 3 amp output current
- Internal current and thermal limiting
- 0.01% typical output impedance
- 7.5V minimum input voltage
- 30W power dissipation
- P* Product Enhancement tested

Connection Diagram



Order Number **LM123K STEEL, LM323AK STEEL or LM323K STEEL**
See NS Package Number **K02A**
Order Number **LM123K/883**
See NS Package Number **K02C**

Typical Applications



*Required if LM123 is more than 4" from filter capacitor.
*Regulator is stable with no load capacitor into resistive loads.

LM123/LM323A/LM323 3-Amp, 5-Volt Positive Regulator

Absolute Maximum Ratings (Note 1)
 If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.
 (Note 5):
 Input Voltage 20V
 Power Dissipation Internally Limited

Operating Junction Temperature Range
 LM123 -55°C to +160°C
 LM323A -40°C to +125°C
 LM323 0°C to +125°C
 Storage Temperature Range -65°C to +150°C
 Lead Temperature (Soldering, 10 sec.) 300°C
 ESD Tolerance (Note 5) 2000V

LM123 Electrical Characteristics (Note 2)

Parameter	Conditions	LM123			Units
		Min	Typ	Max	
Output Voltage	$T_j = 25^\circ\text{C}$ $V_{IN} = 7.5\text{V}$, $I_{OUT} = 0\text{A}$	4.7	5	5.3	V
	$7.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 15\text{V}$ $0\text{A} \leq I_{OUT} \leq 3\text{A}$, $P \leq 30\text{W}$	4.6		5.4	V
Line Regulation (Note 4)	$T_j = 25^\circ\text{C}$ $7.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 15\text{V}$		5	25	mV
Load Regulation (Note 4)	$T_j = 25^\circ\text{C}$, $V_{IN} = 7.5\text{V}$, $0\text{A} \leq I_{OUT} \leq 3\text{A}$		25	100	mV
Quiescent Current	$7.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 15\text{V}$, $0\text{A} \leq I_{OUT} \leq 3\text{A}$		12	20	mA
Output Noise Voltage	$T_j = 25^\circ\text{C}$ $10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$		40		μVrms
Short Circuit Current Limit	$T_j = 25^\circ\text{C}$ $V_{IN} = 15\text{V}$		3	4.5	A
	$V_{IN} = 7.5\text{V}$		4	5	A
Long Term Stability				35	mV
Thermal Resistance Junction to Case (Note 3)			2		$^\circ\text{C/W}$

LM323A/LM323 Electrical Characteristics (Note 2)

Parameter	Conditions	LM323A			LM323			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage	$T_j = 25^\circ\text{C}$ $V_{IN} = 7.5\text{V}$, $I_{OUT} = 0\text{A}$	4.85	5	5.05	4.8	5	5.2	V
	$7.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 15\text{V}$ $0\text{A} \leq I_{OUT} \leq 3\text{A}$, $P \leq 30\text{W}$	4.85		5.15	4.75		5.25	V
Line Regulation (Note 4)	$T_j = 25^\circ\text{C}$ $7.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 15\text{V}$		5	10	5	25	mV	
Load Regulation (Note 4)	$T_j = 25^\circ\text{C}$, $V_{IN} = 7.5\text{V}$, $0\text{A} \leq I_{OUT} \leq 3\text{A}$		25	50	25	100	mV	
Quiescent Current	$7.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 15\text{V}$, $0\text{A} \leq I_{OUT} \leq 3\text{A}$		12	20	12	20	mA	
Output Noise Voltage	$T_j = 25^\circ\text{C}$ $10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$		40		40		μVrms	
Short Circuit Current Limit	$T_j = 25^\circ\text{C}$ $V_{IN} = 15\text{V}$		3	4.5	3	4.5	A	
	$V_{IN} = 7.5\text{V}$		4	6	4	5	A	
Long Term Stability				35		35	mV	
Thermal Resistance Junction to Case (Note 3)			2		2		$^\circ\text{C/W}$	

LM323A/LM323 Electrical Characteristics (Note 2) (Continued)

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits.

Note 2: Unless otherwise noted, specifications apply for $-55^{\circ}\text{C} \leq T_j \leq +150^{\circ}\text{C}$ for the LM123, $-40^{\circ}\text{C} \leq T_j \leq +125^{\circ}\text{C}$ for the LM323A, and $0^{\circ}\text{C} \leq T_j \leq +125^{\circ}\text{C}$ for the LM323. Although power dissipation is internally limited, specifications apply only for $P < 30\text{W}$.

Note 3: Without a heat sink, the thermal resistance of the TO-3 package is about 35°C/W . With a heat sink, the effective thermal resistance can only approach the specific values of 7°C/W , depending on the efficiency of the heat sink.

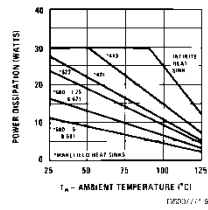
Note 4: Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Pulse testing is required with a pulse width $\leq 1\text{ms}$ and a duty cycle $\leq 5\%$.

Note 5: Refer to RETS123K drawing for LM123K military specifications.

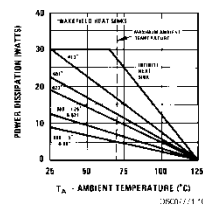
Note 6: Human body model: $15\text{ k}\Omega$ in series with 100 pF .

Typical Performance Characteristics

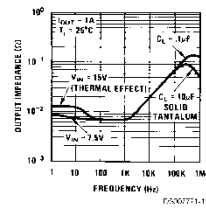
Maximum Average Power Dissipation for LM123



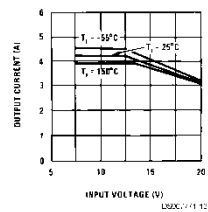
Maximum Average Power Dissipation for LM323A, LM323



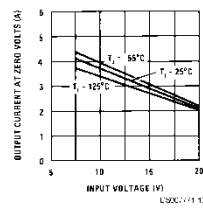
Output Impedance



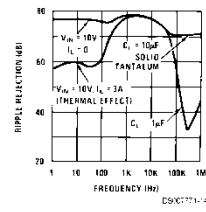
Peak Available Output Current



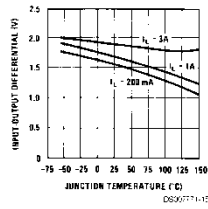
Short Circuit Current



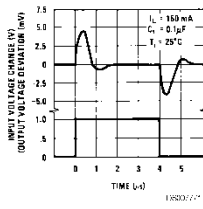
Ripple Rejection



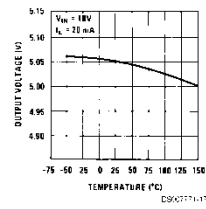
Dropout Voltage



Line Transient Response

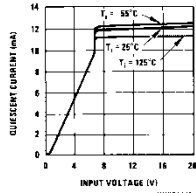


Output Voltage

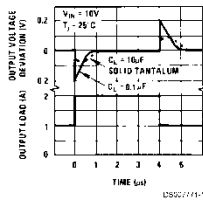


Typical Performance Characteristics (Continued)

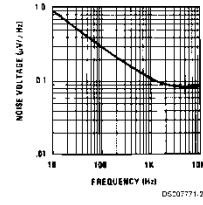
Quiescent Current



Load Transient Response

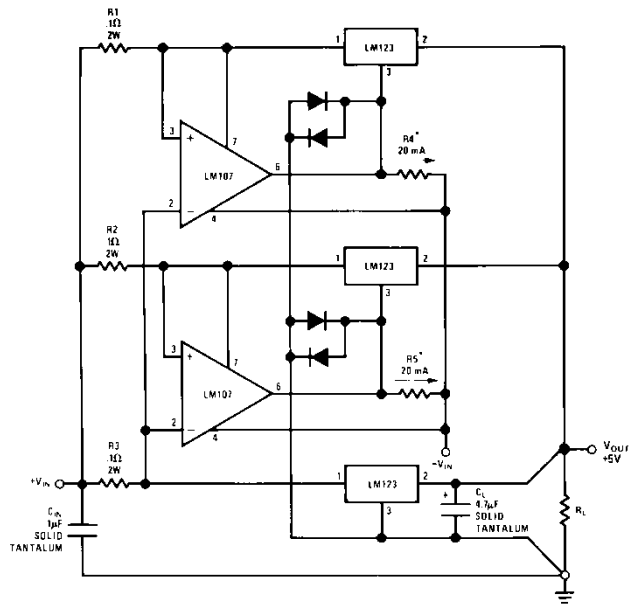


Output Noise Voltage



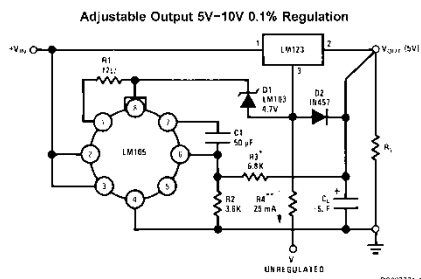
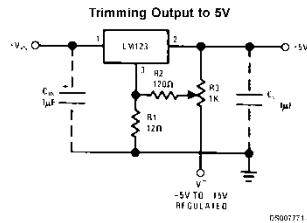
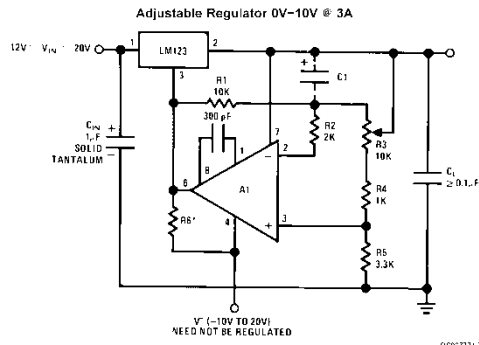
Typical Applications

10 Amp Regulator with Complete Overload Protection



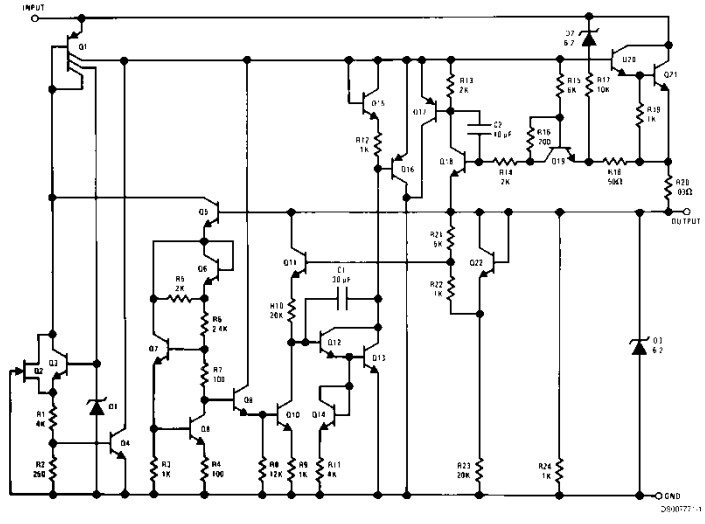
*Select for 20 mA Current from Unregulated Negative Supply

Typical Applications (Continued)

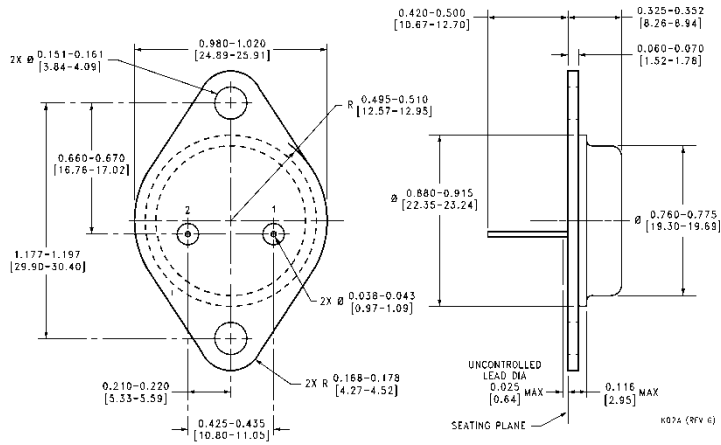


*Select to Set Output Voltage
*Select to Draw 25 mA from V⁻

Schematic Diagram

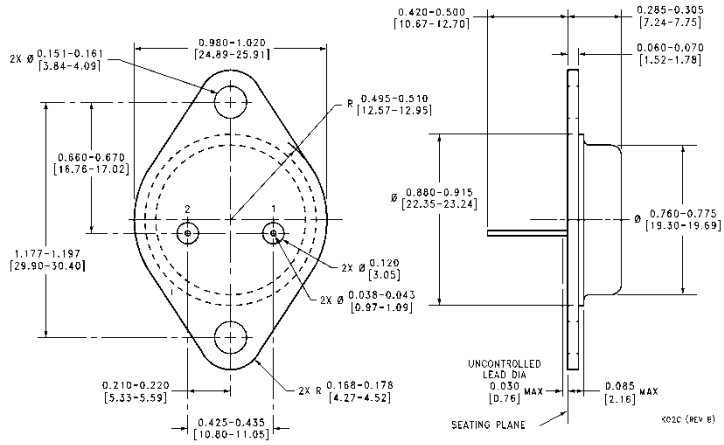


Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



Metal Can Package (K)
 Order Number LM123K STEEL, LM323AK STEEL or LM323K STEEL
 NS Package Number K02A

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



Metal Can Package (K)
Mil-Aero Product
Order Number LM123K/883
NS Package Number K02C

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

<p>National Semiconductor Corporation Americas Tel: 1 800 272 9800 Fax: 1 900 757 7018 Email: support@nsc.com www.national.com</p>	<p>National Semiconductor Europe Fax: +49 (0) 1 80-530 85 50 Email: europe.support@nsc.com Deutsch: Tel: +49 (0) 1 80 530 85 85 English: Tel: +49 (0) 1 80-532 78 32 Français: Tel: +49 (0) 1 80-532 83 58 Italiano: Tel: +49 (0) 1 80-534 16 80</p>	<p>National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group Tel: 65 2544463 Fax: 65 2204466 Email: sea.support@nsc.com</p>	<p>National Semiconductor Japan Ltd. Tel: 81-3-5639-7560 Fax: 81 3 5639 7567</p>
--	---	---	---

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, in conjunction with any patent, trademark, or any other intellectual property of National or any third party. National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

A8. MC33167T



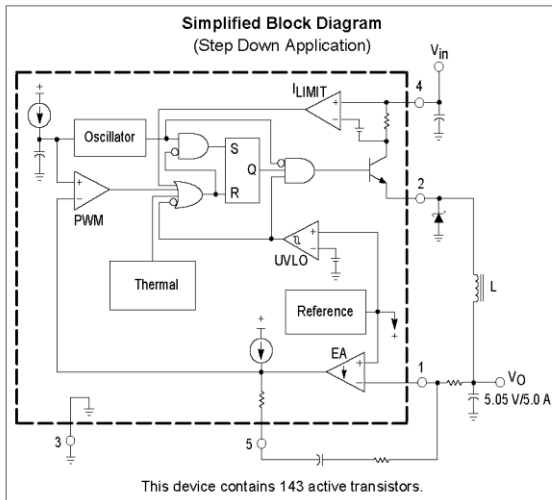
Power Switching Regulators

The MC34167, MC33167 series are high performance fixed frequency power switching regulators that contain the primary functions required for dc-to-dc converters. This series was specifically designed to be incorporated in step-down and voltage-inverting configurations with a minimum number of external components and can also be used cost effectively in step-up applications.

These devices consist of an internal temperature compensated reference, fixed frequency oscillator with on-chip timing components, latching pulse width modulator for single pulse metering, high gain error amplifier, and a high current output switch.

Protective features consist of cycle-by-cycle current limiting, undervoltage lockout, and thermal shutdown. Also included is a low power standby mode that reduces power supply current to 36 μ A.

- Output Switch Current in Excess of 5.0 A
- Fixed Frequency Oscillator (72 kHz) with On-Chip Timing
- Provides 5.05 V Output without External Resistor Divider
- Precision 2% Reference
- 0% to 95% Output Duty Cycle
- Cycle-by-Cycle Current Limiting
- Undervoltage Lockout with Hysteresis
- Internal Thermal Shutdown
- Operation from 7.5 V to 40 V
- Standby Mode Reduces Power Supply Current to 36 μ A
- Economical 5-Lead TO-220 Package with Two Optional Leadforms
- Also Available in Surface Mount D²PAK Package

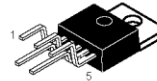
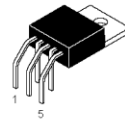


MC34167 MC33167

POWER SWITCHING REGULATORS

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

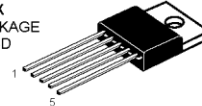
TH SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 314A



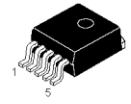
TV SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 314B

Heatsink surface connected to Pin 3.

T SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 314D



Pin 1. Voltage Feedback Input
2. Switch Output
3. Ground
4. Input Voltage/V_{CC}
5. Compensation/Standby



D2T SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 936A
(D²PAK)

Heatsink surface (shown as terminal 6 in case outline drawing) is connected to Pin 3.

ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
MC33167D2T	T _A = -40° to +85°C	Surface Mount
MC33167T		Straight Lead
MC33167TH		Horiz. Mount
MC33167TV	T _A = 0° to +70°C	Vertical Mount
MC34167D2T		Surface Mount
MC34167T		Straight Lead
MC34167TH		Horiz. Mount
MC34167TV		Vertical Mount

MC34167 MC33167

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Supply Input Voltage	V_{CC}	40	V
Switch Output Voltage Range	$V_{O(\text{switch})}$	-2.0 to $+V_{IN}$	V
Voltage Feedback and Compensation Input Voltage Range	V_{FB}, V_{Comp}	-1.0 to +7.0	V
Power Dissipation Case 314A, 314B and 314D ($T_A = +25^\circ\text{C}$)	P_D	Internally Limited	W
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	θ_{JA}	65	$^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance, Junction-to-Case	θ_{JC}	5.0	$^\circ\text{C/W}$
Case 936A (D ² PAK) ($T_A = +25^\circ\text{C}$)	P_D	Internally Limited	W
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	θ_{JA}	70	$^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance, Junction-to-Case	θ_{JC}	5.0	$^\circ\text{C/W}$
Operating Junction Temperature	T_J	+150	$^\circ\text{C}$
Operating Ambient Temperature (Note 3) MC34167 MC33167	T_A	0 to +70 -40 to +85	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65 to +150	$^\circ\text{C}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 12\text{ V}$, for typical values $T_A = +25^\circ\text{C}$, for min/max values T_A is the operating ambient temperature range that applies [Notes 2, 3], unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
----------------	--------	-----	-----	-----	------

OSCILLATOR

Frequency ($V_{CC} = 7.5\text{ V to }40\text{ V}$)	$T_A = +25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{low} \text{ to } T_{high}$	f_{OSC}	65 62	72 -	79 81	kHz
--	---	-----------	----------	---------	----------	-----

ERROR AMPLIFIER

Voltage Feedback Input Threshold	$T_A = +25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{low} \text{ to } T_{high}$	$V_{FB(th)}$	4.95 4.85	5.05 -	5.15 5.20	V
Line Regulation ($V_{CC} = 7.5\text{ V to }40\text{ V}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$)		Reg_{line}	-	0.03	0.078	%/V
Input Bias Current ($V_{FB} = V_{FB(th)} + 0.15\text{ V}$)		I_{IB}	-	0.15	1.0	μA
Power Supply Rejection Ratio ($V_{CC} = 10\text{ V to }20\text{ V}$, $f = 120\text{ Hz}$)		PSRR	60	80	-	dB
Output Voltage Swing	High State ($I_{Source} = 75\ \mu\text{A}$, $V_{FB} = 4.5\text{ V}$) Low State ($I_{Sink} = 0.4\text{ mA}$, $V_{FB} = 5.5\text{ V}$)	V_{OH} V_{OL}	4.2 -	4.9 1.6	- 1.9	V

PWM COMPARATOR

Duty Cycle ($V_{CC} = 20\text{ V}$)	Maximum ($V_{FB} = 0\text{ V}$) Minimum ($V_{Comp} = 1.9\text{ V}$)	$DC_{(max)}$ $DC_{(min)}$	92 0	95 0	100 0	%
---------------------------------------	--	------------------------------	---------	---------	----------	---

SWITCH OUTPUT

Output Voltage Source Saturation ($V_{CC} = 7.5\text{ V}$, $I_{Source} = 5.0\text{ A}$)		V_{sat}	-	($V_{CC} - 1.5$)	($V_{CC} - 1.8$)	V
Off-State Leakage ($V_{CC} = 40\text{ V}$, Pin 2 = Gnd)		$I_{sw(off)}$	-	0	100	μA
Current Limit Threshold ($V_{CC} = 7.5\text{ V}$)		$I_{pk(switch)}$	5.5	6.5	8.0	A
Switching Times ($V_{CC} = 40\text{ V}$, $I_{pk} = 5.0\text{ A}$, $L = 225\ \mu\text{H}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$)		t_r t_f	- -	100 50	200 100	ns

UNDERVOLTAGE LOCKOUT

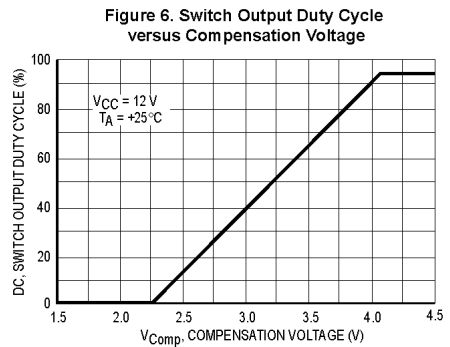
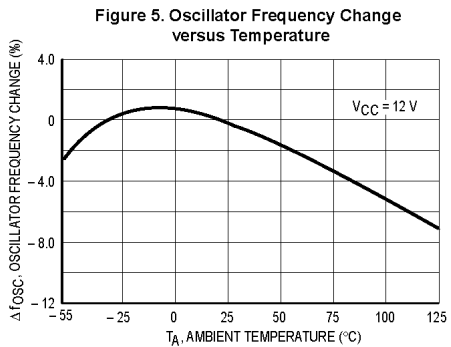
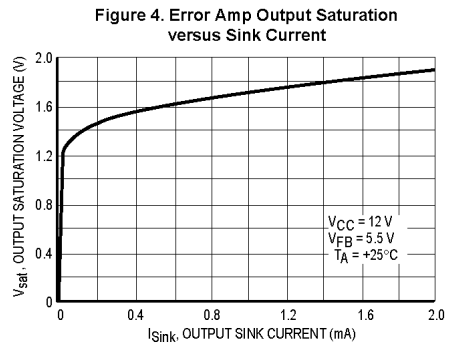
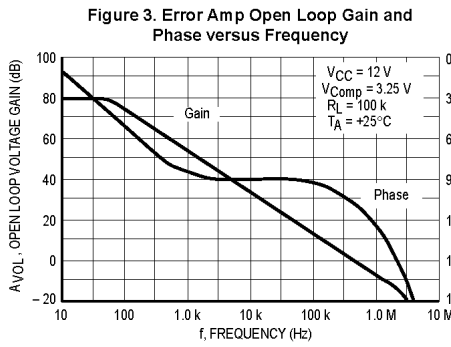
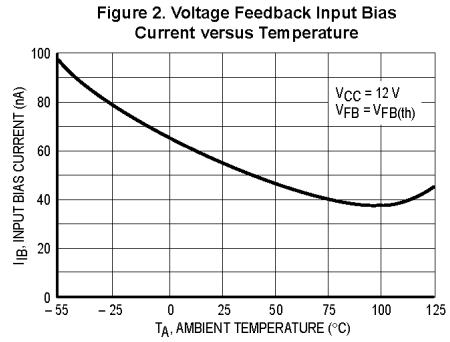
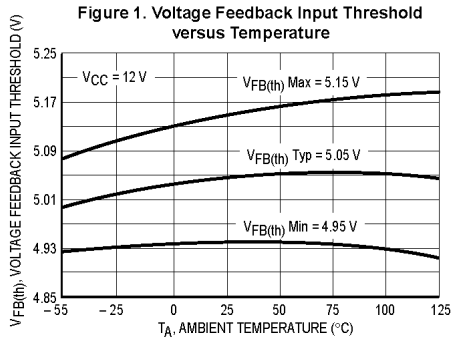
Startup Threshold (V_{CC} Increasing, $T_A = +25^\circ\text{C}$)		$V_{th(UVLO)}$	5.5	5.9	6.3	V
Hysteresis (V_{CC} Decreasing, $T_A = +25^\circ\text{C}$)		$V_H(UVLO)$	0.6	0.9	1.2	V

TOTAL DEVICE

Power Supply Current ($T_A = +25^\circ\text{C}$)		I_{CC}	-	36	100	μA
Standby ($V_{CC} = 12\text{ V}$, $V_{Comp} < 0.15\text{ V}$)			-	40	60	mA
Operating ($V_{CC} = 40\text{ V}$, Pin 1 = Gnd for maximum duty cycle)			-	40	60	mA

- NOTES:** 1. Maximum package power dissipation limits must be observed to prevent thermal shutdown activation.
 2. Low duty cycle pulse techniques are used during test to maintain junction temperature as close to ambient as possible.
 3. $T_{low} = 0^\circ\text{C}$ for MC34167 $T_{high} = +70^\circ\text{C}$ for MC34167
 = -40°C for MC33167 = $+85^\circ\text{C}$ for MC33167

MC34167 MC33167



MC34167 MC33167

Figure 7. Switch Output Source Saturation versus Source Current

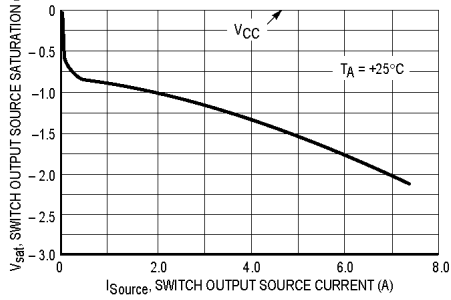


Figure 8. Negative Switch Output Voltage versus Temperature

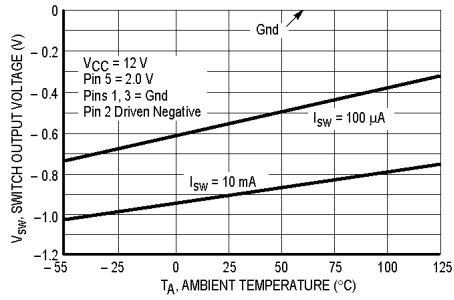


Figure 9. Switch Output Current Limit Threshold versus Temperature

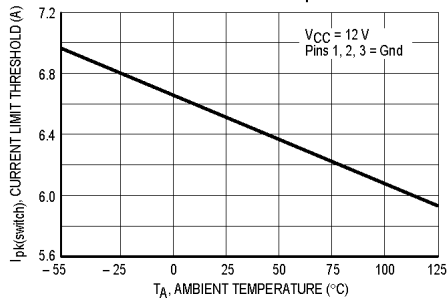


Figure 10. Standby Supply Current versus Supply Voltage

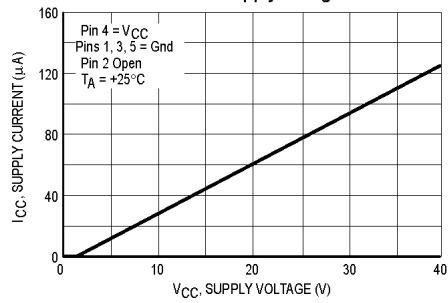


Figure 11. Undervoltage Lockout Thresholds versus Temperature

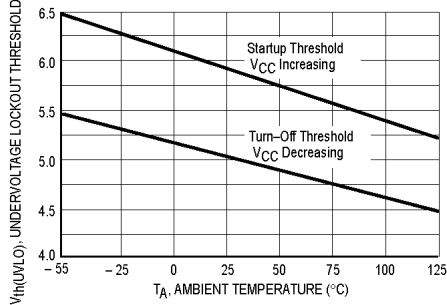
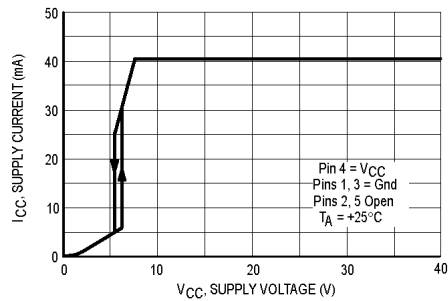


Figure 12. Operating Supply Current versus Supply Voltage



MC34167 MC33167

Figure 13. MC34167 Representative Block Diagram

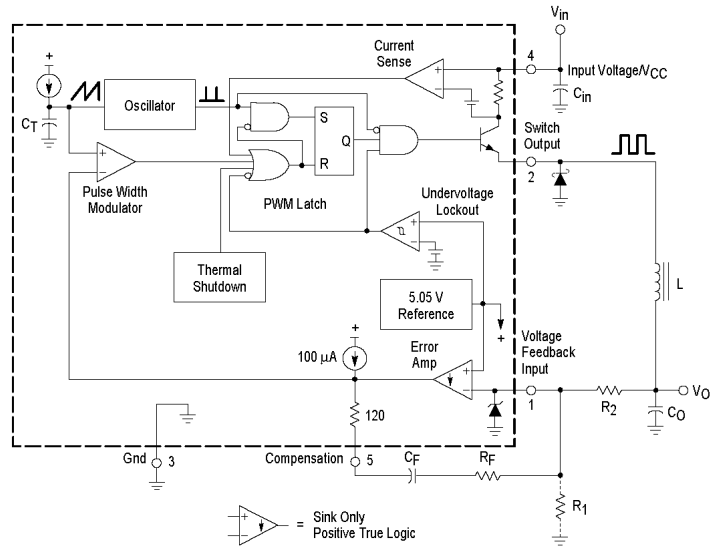
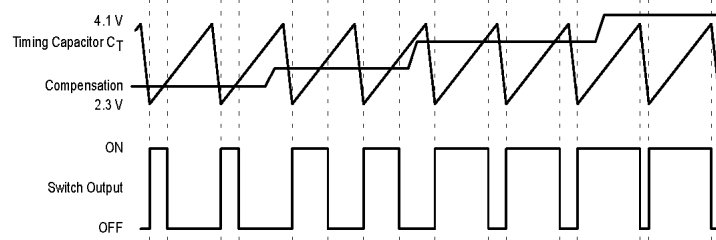


Figure 14. Timing Diagram



MC34167 MC33167

INTRODUCTION

The MC34167, MC33167 series are monolithic power switching regulators that are optimized for dc-to-dc converter applications. These devices operate as fixed frequency, voltage mode regulators containing all the active functions required to directly implement step-down and voltage-inverting converters with a minimum number of external components. They can also be used cost effectively in step-up converter applications. Potential markets include automotive, computer, industrial, and cost sensitive consumer products. A description of each section of the device is given below with the representative block diagram shown in Figure 13.

Oscillator

The oscillator frequency is internally programmed to 72 kHz by capacitor C_T and a trimmed current source. The charge to discharge ratio is controlled to yield a 95% maximum duty cycle at the Switch Output. During the discharge of C_T , the oscillator generates an internal blanking pulse that holds the inverting input of the AND gate high, disabling the output switch transistor. The nominal oscillator peak and valley thresholds are 4.1 V and 2.3 V respectively.

Pulse Width Modulator

The Pulse Width Modulator consists of a comparator with the oscillator ramp voltage applied to the noninverting input, while the error amplifier output is applied into the inverting input. Output switch conduction is initiated when C_T is discharged to the oscillator valley voltage. As C_T charges to a voltage that exceeds the error amplifier output, the latch resets, terminating output transistor conduction for the duration of the oscillator ramp-up period. This PWM/Latch combination prevents multiple output pulses during a given oscillator clock cycle. Figures 6 and 14 illustrate the switch output duty cycle versus the compensation voltage.

Current Sense

The MC34167 series utilizes cycle-by-cycle current limiting as a means of protecting the output switch transistor from overstress. Each on cycle is treated as a separate situation. Current limiting is implemented by monitoring the output switch transistor current buildup during conduction, and upon sensing an overcurrent condition, immediately turning off the switch for the duration of the oscillator ramp-up period.

The collector current is converted to a voltage by an internal trimmed resistor and compared against a reference by the Current Sense comparator. When the current limit threshold is reached, the comparator resets the PWM latch. The current limit threshold is typically set at 6.5 A. Figure 9 illustrates switch output current limit threshold versus temperature.

Error Amplifier and Reference

A high gain Error Amplifier is provided with access to the inverting input and output. This amplifier features a typical dc voltage gain of 80 dB, and a unity gain bandwidth of 600 kHz with 70 degrees of phase margin (Figure 3). The noninverting input is biased to the internal 5.05 V reference and is not pinned out. The reference has an accuracy of $\pm 2.0\%$ at room temperature. To provide 5.0 V at the load, the reference is programmed 50 mV above 5.0 V to compensate for a 1.0% voltage drop in the cable and connector from the

converter output. If the converter design requires an output voltage greater than 5.05 V, resistor R_1 must be added to form a divider network at the feedback input as shown in Figures 13 and 18. The equation for determining the output voltage with the divider network is:

$$V_{out} = 5.05 \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right)$$

External loop compensation is required for converter stability. A simple low-pass filter is formed by connecting a resistor (R_2) from the regulated output to the inverting input, and a series resistor-capacitor (R_F , C_F) between Pins 1 and 5. The compensation network component values shown in each of the applications circuits were selected to provide stability over the tested operating conditions. The step-down converter (Figure 18) is the easiest to compensate for stability. The step-up (Figure 20) and voltage-inverting (Figure 22) configurations operate as continuous conduction flyback converters, and are more difficult to compensate. The simplest way to optimize the compensation network is to observe the response of the output voltage to a step load change, while adjusting R_F and C_F for critical damping. The final circuit should be verified for stability under four boundary conditions. These conditions are minimum and maximum input voltages, with minimum and maximum loads.

By clamping the voltage on the error amplifier output (Pin 5) to less than 150 mV, the internal circuitry will be placed into a low power standby mode, reducing the power supply current to 36 μ A with a 12 V supply voltage. Figure 10 illustrates the standby supply current versus supply voltage.

The Error Amplifier output has a 100 μ A current source pull-up that can be used to implement soft-start. Figure 17 shows the current source charging capacitor C_{SS} through a series diode. The diode disconnects C_{SS} from the feedback loop when the 1.0 M resistor charges it above the operating range of Pin 5.

Switch Output

The output transistor is designed to switch a maximum of 40 V, with a minimum peak collector current of 5.5 A. When configured for step-down or voltage-inverting applications, as in Figures 18 and 22, the inductor will forward bias the output rectifier when the switch turns off. Rectifiers with a high forward voltage drop or long turn on delay time should not be used. If the emitter is allowed to go sufficiently negative, collector current will flow, causing additional device heating and reduced conversion efficiency. Figure 8 shows that by clamping the emitter to 0.5 V, the collector current will be in the range of 100 μ A over temperature. A 1N5825 or equivalent Schottky barrier rectifier is recommended to fulfill these requirements.

Undervoltage Lockout

An Undervoltage Lockout comparator has been incorporated to guarantee that the integrated circuit is fully functional before the output stage is enabled. The internal reference voltage is monitored by the comparator which enables the output stage when V_{CC} exceeds 5.9 V. To prevent erratic output switching as the threshold is crossed, 0.9 V of hysteresis is provided.

MC34167 MC33167

Thermal Protection

Internal Thermal Shutdown circuitry is provided to protect the integrated circuit in the event that the maximum junction temperature is exceeded. When activated, typically at 170°C, the latch is forced into a 'reset' state, disabling the output switch. This feature is provided to prevent catastrophic failures

from accidental device overheating. It is **not intended to be used as a substitute for proper heatsinking**. The MC34167 is contained in a 5-lead TO-220 type package. The tab of the package is common with the center pin (Pin 3) and is normally connected to ground.

DESIGN CONSIDERATIONS

Do not attempt to construct a converter on wire-wrap or plug-in prototype boards. Special care should be taken to separate ground paths from signal currents and ground paths from load currents. All high current loops should be kept as short as possible using heavy copper runs to minimize ringing and radiated EMI. For best operation, a tight

component layout is recommended. Capacitors C_{in} , C_O , and all feedback components should be placed as close to the IC as physically possible. It is also imperative that the Schottky diode connected to the Switch Output be located as close to the IC as possible.

Figure 15. Low Power Standby Circuit

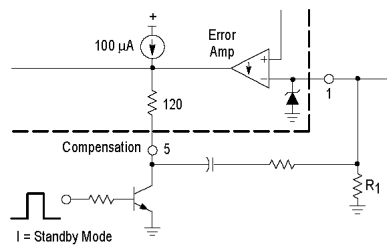


Figure 16. Over Voltage Shutdown Circuit

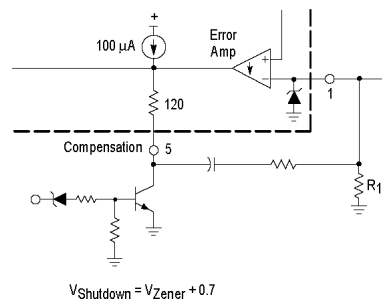
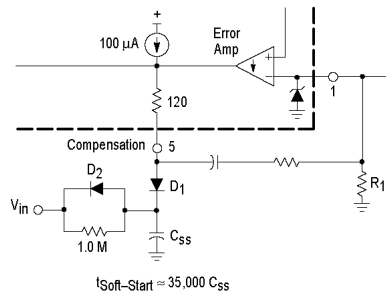
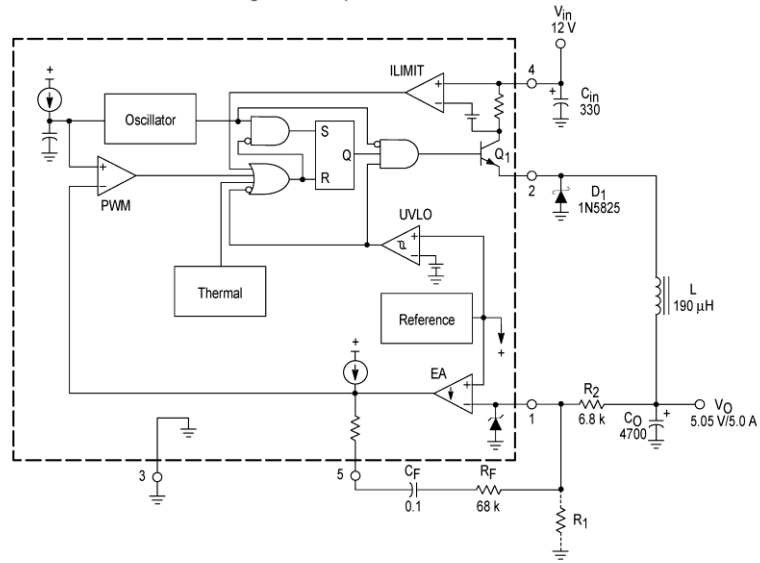


Figure 17. Soft-Start Circuit



MC34167 MC33167

Figure 18. Step-Down Converter

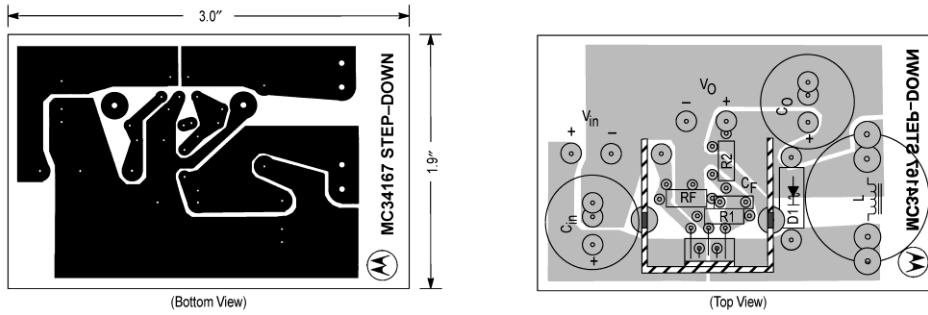


Test	Conditions	Results
Line Regulation	$V_{in} = 10 \text{ V to } 36 \text{ V}$, $I_O = 5.0 \text{ A}$	$4.0 \text{ mV} = \pm 0.039\%$
Load Regulation	$V_{in} = 12 \text{ V}$, $I_O = 0.25 \text{ A to } 5.0 \text{ A}$	$1.0 \text{ mV} = \pm 0.01\%$
Output Ripple	$V_{in} = 12 \text{ V}$, $I_O = 5.0 \text{ A}$	20 mV_{pp}
Short Circuit Current	$V_{in} = 12 \text{ V}$, $R_L = 0.1 \Omega$	6.5 A
Efficiency	$V_{in} = 12 \text{ V}$, $I_O = 5.0 \text{ A}$	78.9%
	$V_{in} = 24 \text{ V}$, $I_O = 5.0 \text{ A}$	82.6%

L = Coilcraft M1496-A or General Magnetics Technology GMT-0223, 42 turns of #16 AWG on Magnetics Inc. 58350-A2 core. Heatsink = Aavid Engineering Inc. 5903B, or 5930B.

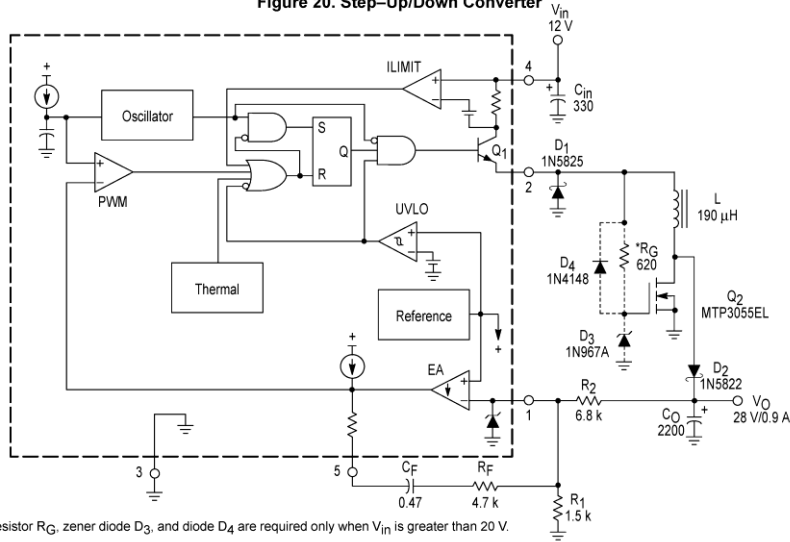
The Step-Down Converter application is shown in Figure 18. The output switch transistor Q_1 interrupts the input voltage, generating a squarewave at the LC_O filter input. The filter averages the squarewaves, producing a dc output voltage that can be set to any level between V_{in} and V_{ref} by controlling the percent conduction time of Q_1 to that of the total oscillator cycle time. If the converter design requires an output voltage greater than 5.05 V, resistor R_1 must be added to form a divider network at the feedback input.

Figure 19. Step-Down Converter Printed Circuit Board and Component Layout



MC34167 MC33167

Figure 20. Step-Up/Down Converter



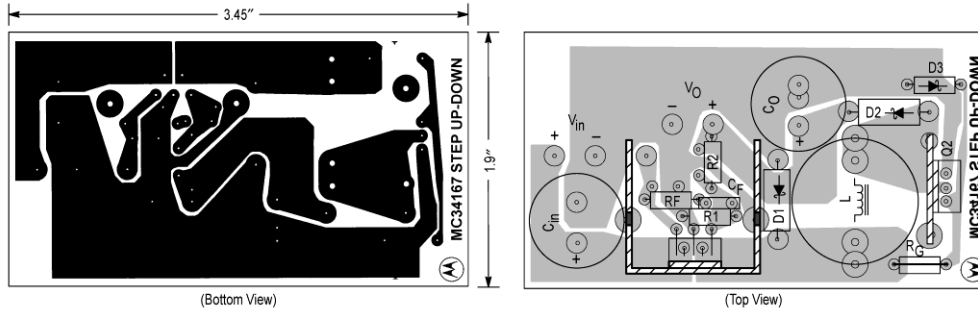
*Gate resistor R_G , zener diode D_3 , and diode D_4 are required only when V_{in} is greater than 20 V.

Test	Conditions	Results
Line Regulation	$V_{in} = 10\text{ V to }24\text{ V}, I_O = 0.9\text{ A}$	$10\text{ mV} = \pm 0.017\%$
Load Regulation	$V_{in} = 12\text{ V}, I_O = 0.1\text{ A to }0.9\text{ A}$	$30\text{ mV} = \pm 0.053\%$
Output Ripple	$V_{in} = 12\text{ V}, I_O = 0.9\text{ A}$	140 mV_{pp}
Short Circuit Current	$V_{in} = 12\text{ V}, R_L = 0.1\ \Omega$	6.0 A
Efficiency	$V_{in} = 12\text{ V}, I_O = 0.9\text{ A}$	80.1%
	$V_{in} = 24\text{ V}, I_O = 0.9\text{ A}$	87.8%

L = Coilcraft M1496-A or General Magnetics Technology GMT-0223. 42 turns of #16 AWG on Magnetics Inc. 58350-A2 core.
 Heatsink = AAVID Engineering Inc.
 MC34167: 5903B, or 5930B
 MTP3055EL: 5925B

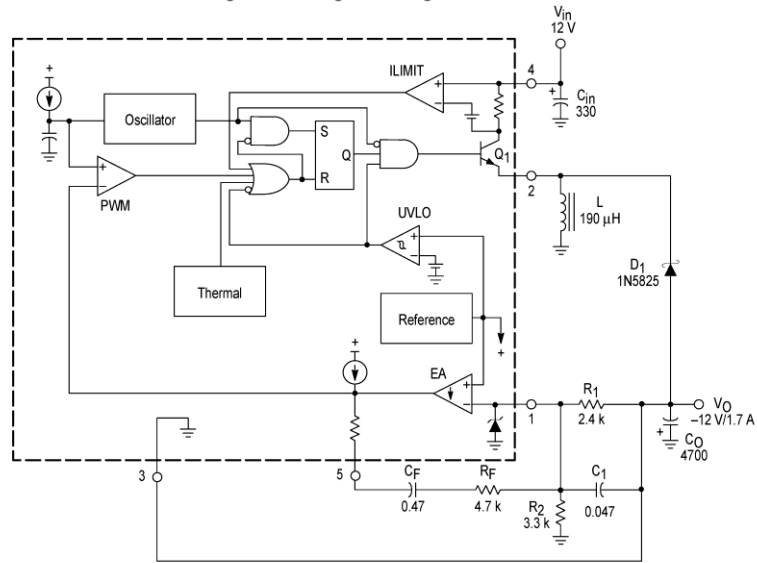
Figure 20 shows that the MC34167 can be configured as a step-up/down converter with the addition of an external power MOSFET. Energy is stored in the inductor during the ON time of transistors Q_1 and Q_2 . During the OFF time, the energy is transferred, with respect to ground, to the output filter capacitor and load. This circuit configuration has two significant advantages over the basic step-up converter circuit. The first advantage is that output short circuit protection is provided by the MC34167, since Q_1 is directly in series with V_{in} and the load. Second, the output voltage can be programmed to be less than V_{in} . Notice that during the OFF time, the inductor forward biases diodes D_1 and D_2 , transferring its energy with respect to ground rather than with respect to V_{in} . When operating with V_{in} greater than 20 V, a gate protection network is required for the MOSFET. The network consists of components R_G , D_3 , and D_4 .

Figure 21. Step-Up/Down Converter Printed Circuit Board and Component Layout



MC34167 MC33167

Figure 22. Voltage-Inverting Converter

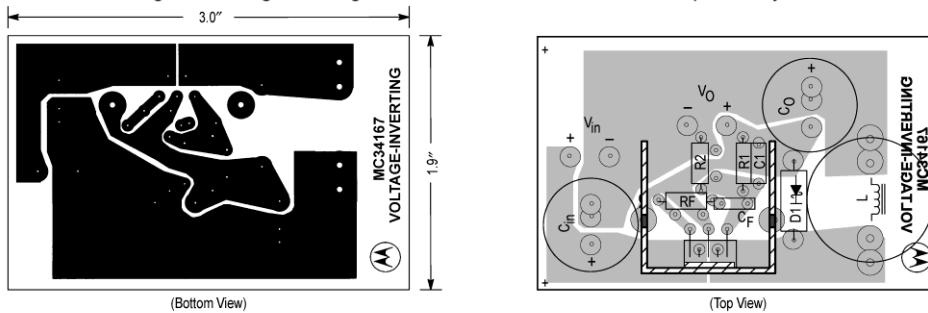


Test	Conditions	Results
Line Regulation	$V_{in} = 10 \text{ V to } 24 \text{ V}, I_O = 1.7 \text{ A}$	$15 \text{ mV} = \pm 0.61\%$
Load Regulation	$V_{in} = 12 \text{ V}, I_O = 0.1 \text{ A to } 1.7 \text{ A}$	$4.0 \text{ mV} = \pm 0.020\%$
Output Ripple	$V_{in} = 12 \text{ V}, I_O = 1.7 \text{ A}$	78 mV_{pp}
Short Circuit Current	$V_{in} = 12 \text{ V}, R_L = 0.1 \Omega$	5.7 A
Efficiency	$V_{in} = 12 \text{ V}, I_O = 1.7 \text{ A}$ $V_{in} = 24 \text{ V}, I_O = 1.7 \text{ A}$	79.5% 86.2%

L = Coilcraft M1496-A or General Magnetics Technology GMT-0223, 42 turns of #16 AWG on Magnetics Inc. 58350-A2 core. Heatsink = Aavid Engineering Inc. 5903B, or 5930B.

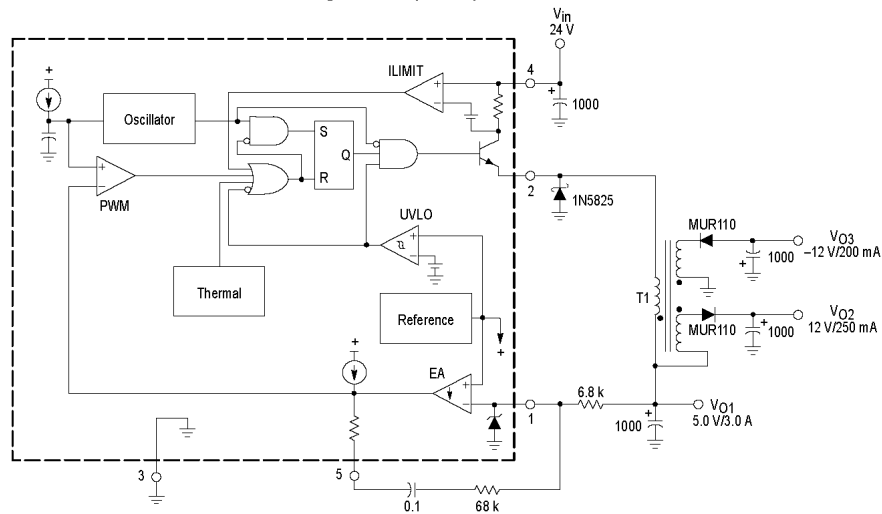
Two potential problems arise when designing the standard voltage-inverting converter with the MC34167. First, the Switch Output emitter is limited to -1.5 V with respect to the ground pin and second, the Error Amplifier's noninverting input is internally committed to the reference and is not pinned out. Both of these problems are resolved by connecting the IC ground pin to the converter's negative output as shown in Figure 22. This keeps the emitter of Q_1 positive with respect to the ground pin and has the effect of reversing the Error Amplifier inputs. Note that the voltage drop across R_1 is equal to 5.05 V when the output is in regulation.

Figure 23. Voltage-Inverting Converter Printed Circuit Board and Component Layout



MC34167 MC33167

Figure 24. Triple Output Converter



Tests	Conditions	Results
Line Regulation 5.0 V 12 V -12 V	$V_{in} = 15 \text{ V to } 30 \text{ V}$, $I_{O1} = 3.0 \text{ A}$, $I_{O2} = 250 \text{ mA}$, $I_{O3} = 200 \text{ mA}$	3.0 mV \pm 0.029% 572 mV \pm 2.4% 711 mV \pm 2.9%
Load Regulation 5.0 V 12 V -12 V	$V_{in} = 24 \text{ V}$, $I_{O1} = 30 \text{ mA to } 3.0 \text{ A}$, $I_{O2} = 250 \text{ mA}$, $I_{O3} = 200 \text{ mA}$ $V_{in} = 24 \text{ V}$, $I_{O1} = 3.0 \text{ A}$, $I_{O2} = 100 \text{ mA to } 250 \text{ mA}$, $I_{O3} = 200 \text{ mA}$ $V_{in} = 24 \text{ V}$, $I_{O1} = 3.0 \text{ A}$, $I_{O2} = 250 \text{ mA}$, $I_{O3} = 75 \text{ mA to } 200 \text{ mA}$	1.0 mV \pm 0.009% 409 mV \pm 1.5% 528 mV \pm 2.0%
Output Ripple 5.0 V 12 V -12 V	$V_{in} = 24 \text{ V}$, $I_{O1} = 3.0 \text{ A}$, $I_{O2} = 250 \text{ mA}$, $I_{O3} = 200 \text{ mA}$	75 mV _{pp} 20 mV _{pp} 20 mV _{pp}
Short Circuit Current 5.0 V 12 V -12 V	$V_{in} = 24 \text{ V}$, $R_L = 0.1 \Omega$	6.5 A 2.7 A 2.2 A
Efficiency TOTAL	$V_{in} = 24 \text{ V}$, $I_{O1} = 3.0 \text{ A}$, $I_{O2} = 250 \text{ mA}$, $I_{O3} = 200 \text{ mA}$	84.2%

T1 = Primary: Coilcraft M1496-A or General Magnetics Technology GMT-0223, 42 turns of #16 AWG on Magnetics Inc. 58350-A2 core.
Secondary: V_{O2} - 69 turns of #26 AWG
 V_{O3} - 104 turns of #28 AWG
Heatsink = AAVID Engineering Inc. 5903B, or 5930B.

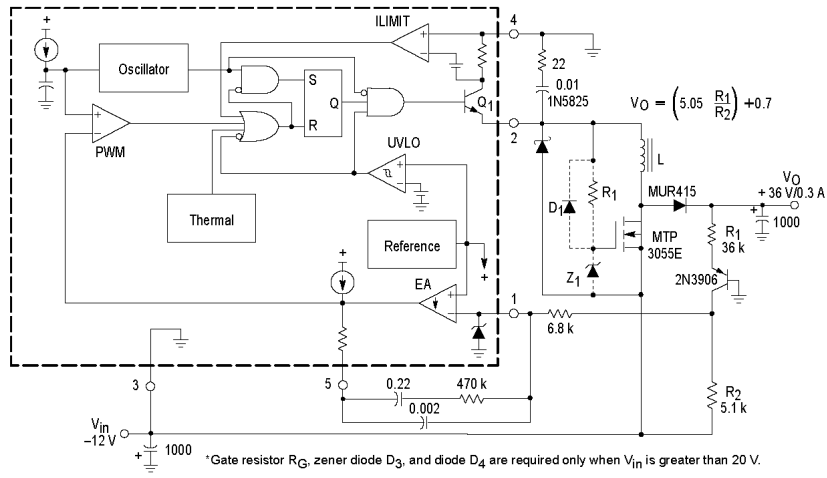
Multiple auxiliary outputs can easily be derived by winding secondaries on the main output inductor to form a transformer. The secondaries must be connected so that the energy is delivered to the auxiliary outputs when the Switch Output turns off. During the OFF time, the voltage across the primary winding is regulated by the feedback loop, yielding a constant Volts/Turn ratio. The number of turns for any given secondary voltage can be calculated by the following equation:

$$\# \text{ TURNS}_{(\text{SEC})} = \frac{V_{O(\text{SEC})} + V_F(\text{SEC})}{\left(\frac{V_{O(\text{PRI})} + V_F(\text{PRI})}{\# \text{ TURNS}_{(\text{PRI})}} \right)}$$

Note that the 12 V winding is stacked on top of the 5.0 V output. This reduces the number of secondary turns and improves load regulation. For best auxiliary regulation, the auxiliary outputs should be less than 33% of the total output power.

MC34167 MC33167

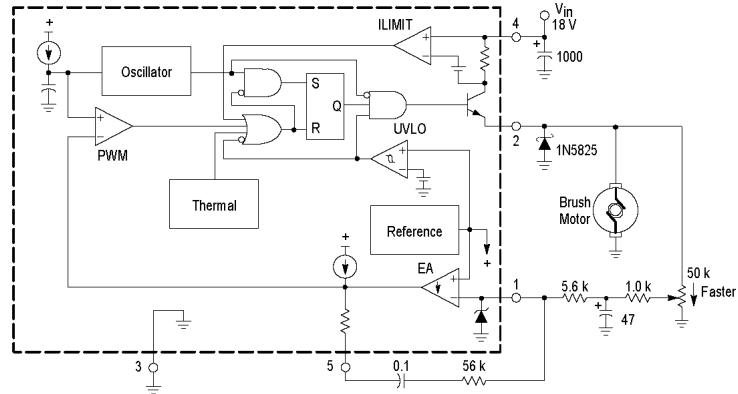
Figure 25. Negative Input/Positive Output Regulator



Test	Conditions	Results
Line Regulation	$V_{in} = -10\text{ V to } -20\text{ V}$, $I_O = 0.3\text{ A}$	$266\text{ mV} \pm 0.38\%$
Load Regulation	$V_{in} = -12\text{ V}$, $I_O = 0.03\text{ A to } 0.3\text{ A}$	$7.90\text{ mV} \pm 1.1\%$
Output Ripple	$V_{in} = -12\text{ V}$, $I_O = 0.3\text{ A}$	100 mV_{pp}
Efficiency	$V_{in} = -12\text{ V}$, $I_O = 0.3\text{ A}$	78.4%

L = General Magnetics Technology GMT-0223, 42 turns of #16 AWG on Magnetics Inc. 58350-A2 core. Heatsink = Aavid Engineering Inc. 5903B or 5930B

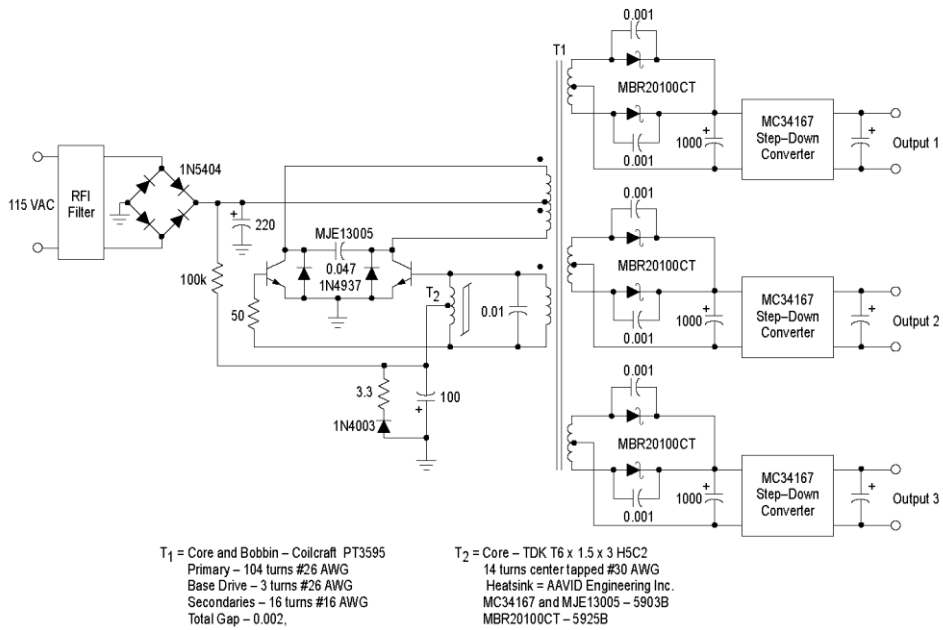
Figure 26. Variable Motor Speed Control with EMF Feedback Sensing



Test	Conditions	Results
Low Speed Line Regulation	$V_{in} = 12\text{ V to } 24\text{ V}$	$1760\text{ RPM} \pm 1\%$
High Speed Line Regulation	$V_{in} = 12\text{ V to } 24\text{ V}$	$3260\text{ RPM} \pm 6\%$

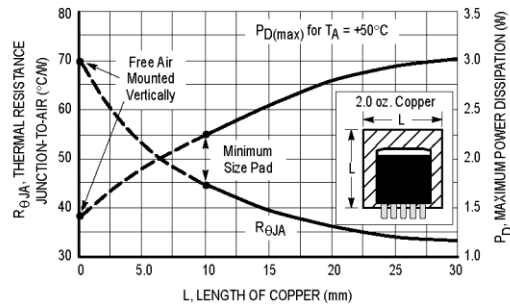
MC34167 MC33167

Figure 27. Off-Line Preconverter



The MC34167 can be used cost effectively in off-line applications even though it is limited to a maximum input voltage of 40 V. Figure 27 shows a simple and efficient method for converting the AC line voltage down to 24 V. This preconverter has a total power rating of 125 W with a conversion efficiency of 90%. Transformer T₁ provides output isolation from the AC line and isolation between each of the secondaries. The circuit self-oscillates at 50 kHz and is controlled by the saturation characteristics of T₂. Multiple MC34167 post regulators can be used to provide accurate independently regulated outputs for a distributed power system.

Figure 28. D²PAK Thermal Resistance and Maximum Power Dissipation versus P.C.B. Copper Length



MC34167 MC33167

Table 1. Design Equations

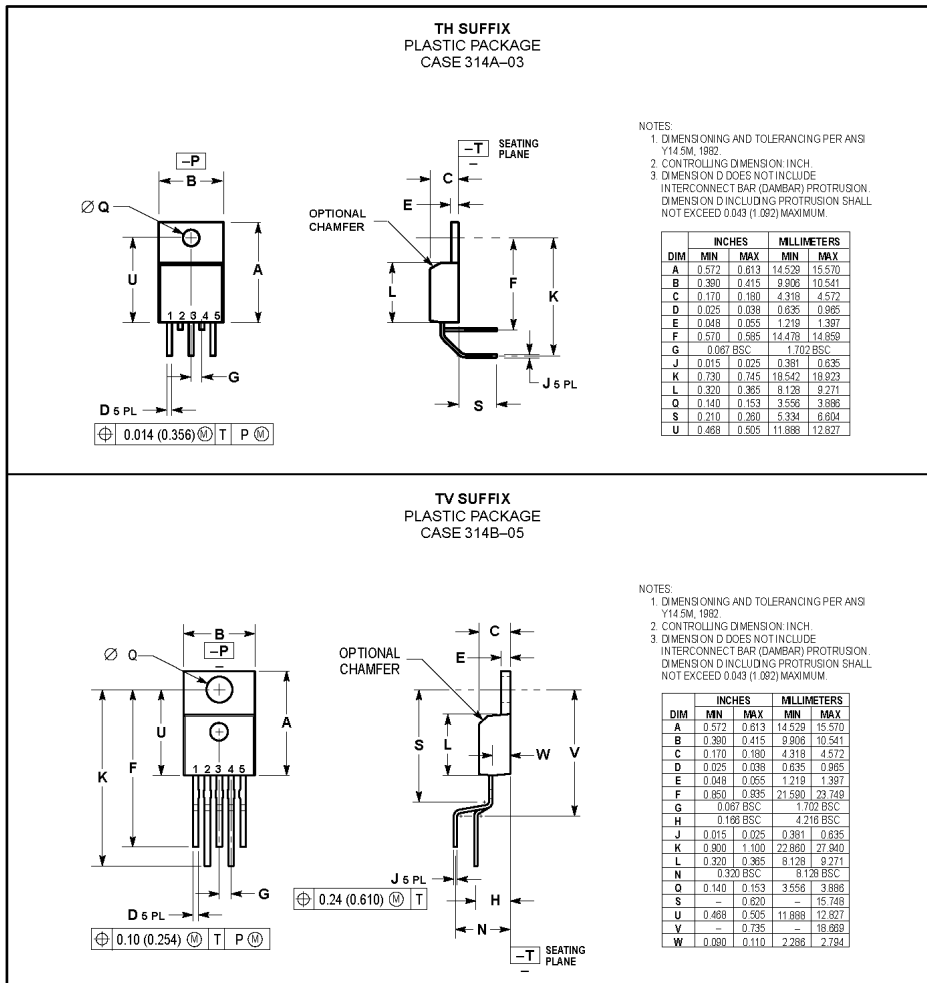
Calculation	Step-Down	Step-Up/Down	Voltage-Inverting
$\frac{t_{on}}{t_{off}}$ (Notes 1, 2)	$\frac{V_{out} + V_F}{V_{in} - V_{sat} - V_{out}}$	$\frac{V_{out} + V_{F1} + V_{F2}}{V_{in} - V_{satQ1} - V_{satQ2}}$	$\frac{ V_{out} + V_F}{V_{in} - V_{sat}}$
t_{on}	$\frac{t_{on}}{f_{osc} \left(\frac{t_{on}}{t_{off}} + 1 \right)}$	$\frac{t_{on}}{f_{osc} \left(\frac{t_{on}}{t_{off}} + 1 \right)}$	$\frac{t_{on}}{f_{osc} \left(\frac{t_{on}}{t_{off}} + 1 \right)}$
Duty Cycle (Note 3)	$t_{on} f_{osc}$	$t_{on} f_{osc}$	$t_{on} f_{osc}$
I_L avg	I_{out}	$I_{out} \left(\frac{t_{on}}{t_{off}} + 1 \right)$	$I_{out} \left(\frac{t_{on}}{t_{off}} + 1 \right)$
$I_{pk}(\text{switch})$	$I_L \text{ avg} + \frac{\Delta I_L}{2}$	$I_L \text{ avg} + \frac{\Delta I_L}{2}$	$I_L \text{ avg} + \frac{\Delta I_L}{2}$
L	$\left(\frac{V_{in} - V_{sat} - V_{out}}{\Delta I_L} \right) t_{on}$	$\left(\frac{V_{in} - V_{satQ1} - V_{satQ2}}{\Delta I_L} \right) t_{on}$	$\left(\frac{V_{in} - V_{sat}}{\Delta I_L} \right) t_{on}$
$V_{ripple(pp)}$	$\Delta I_L \sqrt{\left(\frac{1}{f_{osc} C_O} \right)^2 + (ESR)^2}$	$\left(\frac{t_{on}}{t_{off}} + 1 \right) \sqrt{\left(\frac{1}{f_{osc} C_O} \right)^2 + (ESR)^2}$	$\left(\frac{t_{on}}{t_{off}} + 1 \right) \sqrt{\left(\frac{1}{f_{osc} C_O} \right)^2 + (ESR)^2}$
V_{out}	$V_{ref} \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right)$	$V_{ref} \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right)$	$V_{ref} \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right)$

NOTES: 1. V_{sat} – Switch Output source saturation voltage, refer to Figure 7.
 2. V_F – Output rectifier forward voltage drop. Typical value for 1N5822 Schottky barrier rectifier is 0.35 V.
 3. Duty cycle is calculated at the minimum operating input voltage and must not exceed the guaranteed minimum $DC_{(max)}$ specification of 0.92.

The following converter characteristics must be chosen:

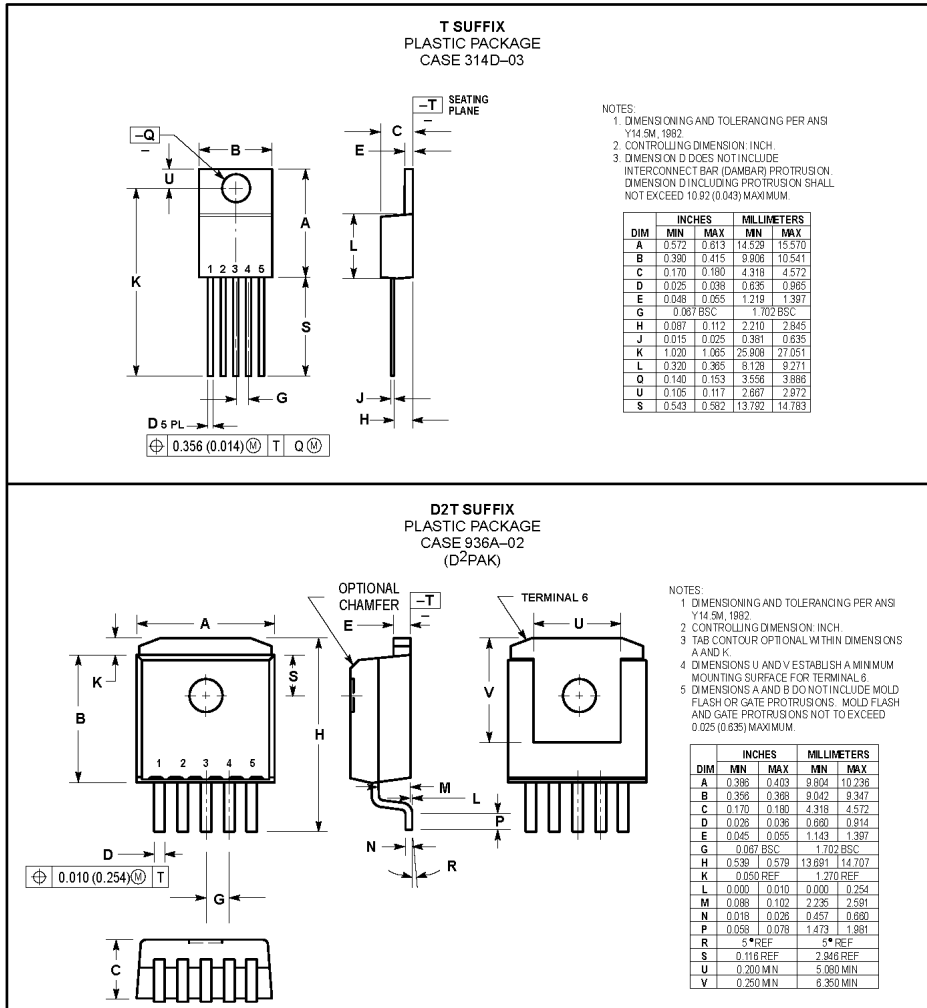
- V_{out} – Desired output voltage.
- I_{out} – Desired output current.
- ΔI_L – Desired peak-to-peak inductor ripple current. For maximum output current especially when the duty cycle is greater than 0.5, it is suggested that ΔI_L be chosen minimum current limit threshold of 5.5 A. If the design goal is to use a minimum inductance value, let $\Delta I_L = 2(I_L \text{ avg})$. This will proportionally reduce the converter's output current capability.
- $V_{ripple(pp)}$ – Desired peak-to-peak output ripple voltage. For best performance, the ripple voltage should be kept to less than 2% of V_{out} . Capacitor C_O should be a low equivalent series resistance (ESR) electrolytic designed for switching regulator applications.

MC34167 MC33167
OUTLINE DIMENSIONS



Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in Motorola data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and \textcircled{M} are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

MC34167 MC33167
OUTLINE DIMENSIONS



How to reach us:
USA/EUROPE/Locations Not Listed: Motorola Literature Distribution;
P.O. Box 20912; Phoenix, Arizona 85036. 1-800-441-2447 or 602-303-5454

M/FAX: RMFAX0@email.sps.mot.com - TOUCHTONE 602-244-6609
INTERNET: http://Design-NET.com

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi-SPD-JLDC, 6F Seibu-Butsuryu-Center,
3-14-2 Tatsumi Koto-Ku, Tokyo 135, Japan. 03-81-3521-8315

ASIA/PACIFIC: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park,
51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26628298



MC34167/D



A9. FUENTE DE PODER ATX

1 Purpose

This specification defines a non-redundant power supply that supports entry server computer systems. Recommendations for 450 W, 550 W, 600 W, and 650 W power supplies with 7 outputs (3.3 V, 5 V, 12V1, 12V2, 12V3, 12V4, -12 V, and 5 VSB) are provided. The form factor is based on the PS/2 power supply, with three enclosure lengths defined to support output power levels ranging from 400 to 700W. Connector/cable assemblies are required for the motherboard power, remote sensing and control functions, and peripheral power. Because of its connector leads, the entry-level power supply is not intended to be a hot swap type of power supply. The cooling fan should meet the acoustical requirements for the system, while providing system cooling.

The parameters of this supply are defined in this specification for open industry use.

2 Conceptual Overview

In the Entry server market, the bulk power system must source power on several output rails.

These rails are typically as follows:

- +3.3 V
- +5 V
- +12 V
- -12 V
- +5 V standby

NOTE

Local DC-DC converters shall be utilized for processor power, and will ideally convert power from the +12 V rail, however, they may also convert power from other rails.

3 Definitions/Terms/Acronyms

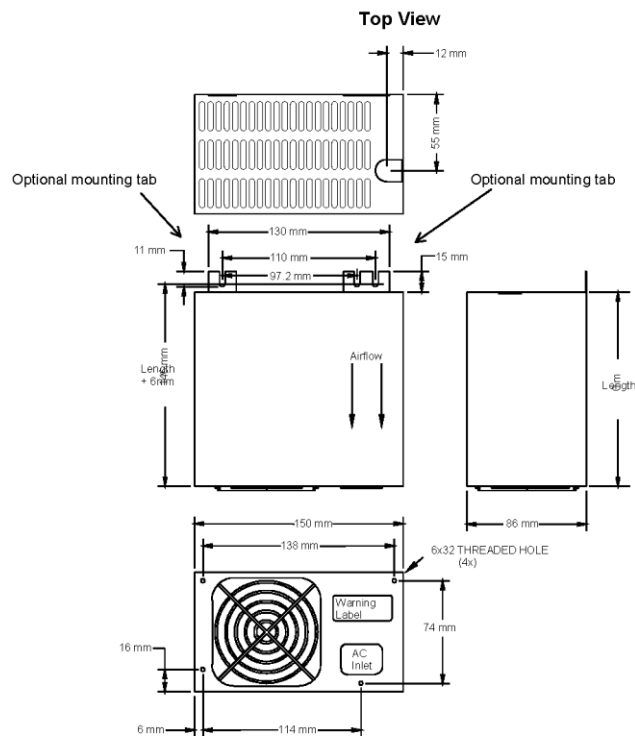
Required	The status given to items within this design guide, which are required to meet SSI guidelines and a large majority of system applications
Recommended	The status given to items within this design guide which are not required to meet SSI guidelines, however, are required by many system applications
Optional	The status given to items within this design guide, which are not required to meet SSI guidelines, however, some system applications may optionally use these features
Autoranging	A power supply that automatically senses and adjusts itself to the proper input voltage range (110 VAC or 220 VAC). No manual switches or manual adjustments are needed
CFM	Cubic Feet per Minute (airflow)
Dropout	A condition that allows the line voltage input to the power supply to drop to below the minimum operating voltage
Latch Off	A power supply, after detecting a fault condition, shuts itself off. Even if the fault condition disappears the supply does not restart unless manual or electronic intervention occurs. Manual intervention commonly includes briefly removing and then reconnecting the supply, or it could be done through a switch. Electronic intervention could be done by electronic signals in the Server System
Monotonically	A waveform changes from one level to another in a steady fashion, without intermediate retracement or oscillation
Noise	The periodic or random signals over frequency band of 0 Hz to 20 MHz
Overcurrent	A condition in which a supply attempts to provide more output current than the amount for which it is rated. This commonly occurs if there is a "short circuit" condition in the load attached to the supply
PFC	Power Factor Corrected
Ripple	The periodic or random signals over a frequency band of 0 Hz to 20 MHz
Rise Time	Rise time is defined as the time it takes any output voltage to rise from 10% to 95% of its nominal voltage
Sag	The condition where the AC line voltage drops below the nominal voltage conditions
Surge	The condition where the AC line voltage rises above nominal voltage
VSB or Standby Voltage	An output voltage that is present whenever AC power is applied to the AC inputs of the supply
MTBF	Mean time between failure
PWOK	A typical logic level output signal provided by the supply that signals the Server System that all DC output voltages are within their specified range

4 Mechanical Overview

STATUS
Required

Three enclosure size options are defined to accommodate power levels from 400 to 700 watts. Recommended power levels for each enclosure length are shown below. Refer to Figure 1 for details. The two rear mounting tabs on the enclosure are OPTIONAL and may not be required for many systems.

Length	Recommended power levels
140mm	< 450W
180mm	450W to 600W
230mm	> 600W



4.1 Airflow Requirements

STATUS
Recommended

The power supply shall have a two-speed fan(s) and provide cooling to both the supply and the system. During low-speed fan operation, the power supply must not exceed a noise level of 38 dBa measured at one meter on all faces. At low fan speed, the power supply shall provide a minimum of 12 CFM of airflow with 0.003 inH₂O of system backpressure. At high fan speed, the power supply shall provide a minimum of 20 CFM with 0.006 inH₂O of system backpressure.

4.2 Temperature Requirements

STATUS
Recommended

The power supply shall operate within all specified limits over the T_{op} temperature range. The average air temperature difference (ΔT_{ps}) from the inlet to the outlet of the power supply shall not exceed the values shown below in Table 1. All airflow shall pass through the power supply and not over the exterior surfaces of the power supply.

Table 1: Thermal Requirements

ITEM	DESCRIPTION	MIN	MAX	UNITS
T _{op}	Operating temperature range.	0	45	°C
T _{non-op}	Non-operating temperature range.	-40	70	°C

The power supply must meet UL enclosure requirements for temperature rise limits. All sides of the power supply with exception of the air exhaust side, must be classified as "Handle, knobs, grips, etc. held for short periods of time only".

5 AC Input Requirements

STATUS
Required

The power supply shall incorporate universal power input with active power factor correction, which shall reduce line harmonics in accordance with the EN61000-3-2 and JEIDA MITI standards.

5.1 AC Inlet Connector

STATUS
Required

The AC input connector shall be an IEC 320 C-14 power inlet. This inlet is rated for 15 A/250 VAC.

5.2 AC Input Voltage Specification

STATUS
Required

The power supply must operate within all specified limits over the following input voltage range. Harmonic distortion of up to 10% THD must not cause the power supply to go out of specified limits. The power supply shall operate properly at 85 VAC input voltage to guarantee proper design margins.

Table 2: AC Input Rating

PARAMETER	MIN	RATED	MAX
Voltage (110)	90 V _{rms}	100-127 V _{rms}	140 V _{rms}
Voltage (220)	180 V _{rms}	200-240 V _{rms}	264 V _{rms}
Frequency	47 Hz		63 Hz

5.3 Input Under Voltage

STATUS
Required

The power supply shall contain protection circuitry such that application of an input voltage below the minimum specified in Section 5.2 shall not cause damage to the power supply.

5.4 Efficiency

STATUS
Recommended

The following efficiency requirements are provided as a recommendation to allow for proper power supply cooling when installed in a system.

Table 3: Efficiency

Power Level	Efficiency	Airflow (reference)
450W	68%	20 CFM
550W	70%	20 CFM
650W	72%	24 CFM

5.5 AC Line Dropout

STATUS
Required

An AC line dropout is defined to be when the AC input drops to 0 VAC at any phase of the AC line for any length of time. During an AC dropout of one cycle or less the power supply must meet dynamic voltage regulation requirements over the rated load. An AC line dropout of one cycle or less shall not cause any tripping of control signals or protection circuits. If the AC dropout lasts longer than one cycle, the power supply should recover and meet all turn on requirements. The power supply must meet the AC dropout requirement over rated AC voltages, frequencies, and output loading conditions. Any dropout of the AC line shall not cause damage to the power supply.

5.6 AC Line Fuse

STATUS
Required

The power supply shall incorporate one input fuse on the LINE side for input over-current protection to prevent damage to the power supply and meet product safety requirements. Fuses should be slow blow type or equivalent to prevent nuisance trips. AC inrush current shall not cause the AC line fuse to blow under any conditions. All protection circuits in the power supply shall not cause the AC fuse to blow unless a component in the power supply has failed. This includes DC output load short conditions.

5.7 AC Inrush

STATUS
Required

The power supply must meet inrush requirements for any rated AC voltage, during turn on at any phase of AC voltage, during a single cycle AC dropout condition, during repetitive ON/OFF cycling of AC, and over the specified temperature range (T_{op}). The peak inrush current shall be less than the ratings of its critical components (including input fuse, bulk rectifiers, and surge limiting device).

STATUS
Recommended

An additional inrush current limit is recommended for some system applications that require multiple systems on a single AC circuit. AC line inrush current shall not exceed 50 A peak for one-quarter of the AC cycle, after which, the input current should be no more than the specified maximum input current from Table 2.

5.8 AC Line Transient Specification

STATUS
Recommended

AC line transient conditions shall be defined as “sag” and “surge” conditions. Sag conditions (also referred to as “brownout” conditions) will be defined as the AC line voltage dropping below nominal voltage. Surge will be defined as the AC line voltage rising above nominal voltage.

The power supply shall meet the requirements under the following AC line sag and surge conditions.

Table 4: AC Line Sag Transient Performance

AC Line Sag				
Duration	Sag	Operating AC Voltage	Line Frequency	Performance Criteria
Continuous	10%	Nominal AC Voltage ranges	50/60 Hz	No loss of function or performance
0 to 1 AC cycle	100%	Nominal AC Voltage ranges	50/60 Hz	No loss of function or performance
>1 AC cycle	>10%	Nominal AC Voltage ranges	50/60 Hz	Loss of function acceptable, self recoverable

Table 5: AC Line Surge Transient Performance

AC Line Surge				
Duration	Surge	Operating AC Voltage	Line Frequency	Performance Criteria
Continuous	10%	Nominal AC Voltages	50/60 Hz	No loss of function or performance
0 to ½ AC cycle	30%	Mid-point of nominal AC Voltages	50/60 Hz	No loss of function or performance

5.9 AC Line Fast Transient Specification

STATUS
Recommended

The power supply shall meet the EN61000-4-5 directive and any additional requirements in IEC1000-4-5:1995 and the Level 3 requirements for surge-withstand capability, with the following conditions and exceptions:

- These input transients must not cause any out-of-regulation conditions, such as overshoot and undershoot, nor must it cause any nuisance trips of any of the power supply protection circuits.
- The surge-withstand test must not produce damage to the power supply.
- The supply must meet surge-withstand test conditions under maximum and minimum DC-output load conditions.

6 DC Output Specification

6.1 Output Connectors

The power supply shall have one of the two following output connector and wire harness configurations, depending upon the type of 12V rail configuration needed by the system.

6.1.1 12V Power Rail Configurations

There are two types of 12V rail configurations for systems: 'Common plane' and 'split plane' processor power delivery. The 'common plane' system has both processors powered from a single 12V rail (+12V1) from the power supply. The 'split plane' system has both processors powered from separate 12V rails (+12V1 and +12V2), one dedicated to each processor. The system, in both cases, has an additional 12V rail to power the rest of the baseboard +12V loads and dc/dc converters. +12V1, +12V2, and +12V3 should not be connected together on the baseboard to ensure that 240VA protection circuits in the power supply operate properly.

Table 6: 12V Rail Summary

Common Plane System		Split Plane System	
+12V1	Processors	+12V1	Processor 1
+12V2	Baseboard components other than processors	+12V2	Processor 2
+12V3	Drives and peripherals	+12V3	Baseboard components other than processors
		+12V4	Drives and peripherals

6.1.2 Required Baseboard power connector

STATUS
Required

Connector housing: 24-Pin Molex 39-01-2240 or equivalent

Contact: Molex 44476-1111 or equivalent

Table 7: P1 Baseboard Power Connector – Common Plane

Pin	Signal	18 AWG Color	Pin	Signal	18 AWG Color
1	+3.3 VDC, 3.3RS ¹	Orange, Orange/white stripe	13	+3.3 VDC	Orange
2	+3.3 VDC	Orange	14	-12 VDC	Blue
3	COM	Black	15	COM	Black
4	+5 VDC	Red	16	PS_ON	Green
5	COM	Black	17	COM	Black
6	+5 VDC	Red	18	COM	Black
7	COM	Black	19	COM	Black
8	PWR OK	Gray	20	Reserved (-5 V in ATX)	N.C.
9	5 VSB	Purple	21	+5 VDC	Red
10	+12 V2 ²	Yellow	22	+5 VDC	Red
11	+12 V2 ²	Yellow	23	+5 VDC	Red
12	+3.3 VDC	Orange	24	COM	Black

Table 8: P1 Baseboard Power Connector – Split Plane

Pin	Signal	18 AWG Color	Pin	Signal	18 AWG Color
1	+3.3 VDC, 3.3RS ¹	Orange, Orange/white stripe	13	+3.3 VDC	Orange
2	+3.3 VDC	Orange	14	-12 VDC	Blue
3	COM	Black	15	COM	Black
4	+5 VDC	Red	16	PS_ON	Green
5	COM	Black	17	COM	Black
6	+5 VDC	Red	18	COM	Black
7	COM	Black	19	COM	Black
8	PWR OK	Gray	20	Reserved (-5 V in ATX)	N.C.
9	5 VSB	Purple	21	+5 VDC	Red
10	+12 V3 ²	Yellow/Blue Stripe	22	+5 VDC	Red
11	+12 V3 ²	Yellow/Blue Stripe	23	+5 VDC	Red
12	+3.3 VDC	Orange	24	COM	Black

1. 3.3V remote sense signal double crimped with 3.3V contact.
2. If 240VA limiting is not a requirement for the power supply than all +12V outputs are common and may have the same wire color (yellow).

6.1.3 Required Processor Power Connector

STATUS
Required

Connector housing: 8-Pin Molex 39-01-2080 or equivalent

Contact: Molex 44476-1111 or equivalent

Table 9: Processor Power Connector – Common Plane

Pin	Signal	18 AWG color	Pin	Signal	18 AWG Color
1	COM	Black	5	+12 V1	Yellow/Black Stripe
2	COM	Black	6	+12 V1	Yellow/Black Stripe
3	COM	Black	7	+12 V1	Yellow/Black Stripe
4	COM	Black	8	+12 V1	Yellow/Black Stripe

Table 10: Processor Power Connector – Split Plane

Pin	Signal	18 AWG color	Pin	Signal	18 AWG Color
1	COM	Black	5	+12 V1	Yellow/Black Stripe
2	COM	Black	6	+12 V1	Yellow/Black Stripe
3	COM	Black	7	+12 V2	Yellow
4	COM	Black	8	+12 V2	Yellow

If 240VA limiting is not a requirement for the power supply than all +12V outputs are common and may have the same wire color (yellow).

6.1.4 Required Peripheral Power Connectors

STATUS
Required

Connector housing: Amp 1-480424-0 or equivalent

Contact: Amp 61314-1 contact or equivalent

Table 11: Peripheral Power Connectors

Pin	Signal	18 AWG Color
1	+12V2 (+12V3 or +12V4) ^{1,2}	Yellow (Yellow/Blue Stripe or Yellow/Green stripe) ^{1,2}
2	COM	Black
3	COM	Black
4	+5 VDC	Red

1. The +12V power to peripherals may be split between the second, third, or fourth +12V channel for the purpose of limiting power to less than 240VA.
2. If 240VA limiting is not a requirement, all +12V outputs are common and may have the same wire color.

6.1.5 Floppy Power Connector

STATUS
Required

Connector housing: Amp 171822-4 or equivalent

Table 12: P8 Floppy Power Connector

Pin	Signal	22 AWG Color
1	+5 VDC	Red
2	COM	Black
3	COM	Black
4	+12 V2 (+12V3 or +12V4) ^{1,2}	Yellow (Yellow/Blue Stripe or Yellow/Green Stripe) ^{1,2}

1. The +12V power to peripherals may be split between the second, third, or fourth +12V channel for the purpose of limiting power to less than 240VA.
2. If 240VA limiting is not a requirement for the power supply than all +12V outputs are common and may have the same wire color.

6.1.6 Optional Server Signal Connector

STATUS
Optional

For server systems with SMBus features, the power supply may have an additional connector, which provides serial SMBus for FRU data and remote sense on 3.3V and Return.

If the optional server signal connector is not used on the power supply or the connector is unplugged, the power supply shall utilize the 3.3RS on the baseboard connector (Pin 1).

Connector housing: 5-pin Molex 50-57-9405 or equivalent

Contacts: Molex 16-02-0088 or equivalent

Table 13: Server Signal Connector

Pin	Signal	24 AWG Color
1	SMBus Clock	White/Green Stripe
2	SMBus Data	White/Yellow Stripe
3	Reserved	NA
4	ReturnS	Black/White Stripe
5	3.3RS	Orange/White Stripe

6.1.7 Optional Workstation Power Connector

STATUS
Optional

For workstation systems with high-powered graphics cards an additional power connector to the baseboard may be needed. This connector supplies additional +3.3V and +12V power for the higher power level graphics cards used in workstation applications.

Connector housing: 6-pin Molex 39-01-2060 or equivalent

Contacts: Molex 44476-1111 or equivalent

Table 14: Workstation Power Connector

Pin	Signal	18 AWG color	Pin	Signal	18 AWG Color
1	+3.3 VDC	Orange	4	COM	Black
2	+3.3 VDC	Orange	5	COM	Black
3	+12 V2 or +12 V3	Yellow or Yellow/blue stripe	6	+12 V2 or +12 V3	Yellow or Yellow/blue stripe

6.2 Grounding

STATUS
Required

The ground of the pins of the power supply wire harness provides the power return path. The wire harness ground pins shall be connected to safety ground (power supply enclosure).

6.3 Remote Sense

STATUS
Optional

The power supply may have remote sense for the +3.3V (3.3VS) and return (ReturnS) if the Optional Server Signal connector is implemented. The remote sense return (ReturnS) is used to regulate out ground drops for all output voltages; +3.3V, +5 V, +12V1, +12V2, +12V3, -12 V, and 5 VSB. The 3.3V remote sense (3.3VS) is used to regulate out drops in the system for the +3.3 V output. The remote sense input impedance to the power supply must be greater than 200 W on 3.3 VS and ReturnS. This is the value of the resistor connecting the remote sense to the output voltage internal to the power supply. Remote sense must be able to regulate out a minimum of 200 mV drop on the +3.3 V output. The remote sense return (ReturnS) must be able to regulate out a minimum of 200 mV drop in the power ground return. The current in any remote sense line shall be less than 5 mA to prevent voltage sensing errors. The power supply must operate within specification over the full range of voltage drops from the power supply's output connector to the remote sense points.

6.4 Output Power/Currents

STATUS
Recommended

The following tables define power and current ratings for four recommended power levels selected to cover different types of systems and configurations. (Note: Two load tables are provided for the 550W level. One is for common plane processor power delivery. The other is for split plane processor power delivery.)

The combined output power of all outputs shall not exceed the rated output power. Load ranges are provided for each output level. The power supply must meet both static and dynamic voltage regulation requirements for the minimum loading conditions.

Table 15: 450 W Load Ratings – Common Plane

Voltage	Minimum Continuous	Maximum Continuous	Peak
+3.3 V	0.8 A	24 A	
+5 V	0.5 A	20 A	
+12V1	0 A	18 A	22 A ⁷
+12V2	1.0 A	15 A	18 A
-12 V	0 A	0.5 A	
+5 VSB	0.1 A	2.0 A	

1. Maximum continuous total DC output power should not exceed 450 W.
2. Maximum continuous combined load on +3.3 VDC and +5 VDC outputs shall not exceed 120 W.
3. Maximum Peak total DC output power should not exceed 520 W.
4. Peak power and current loading shall be supported for a minimum of 1 second.
5. Maximum combined current for the 12 V outputs shall be 30 A.
6. Maximum 12V combined peak current shall be 36A.
7. Peak +12 V1 current shall be supported for a minimum of 0.5 seconds.

Table 16: 550 W Load Ratings – Common Plane

Voltage	Minimum Continuous	Maximum Continuous	Peak
+3.3 V	0.8 A	24 A (36 A) ⁷	
+5 V	0.5 A	24 A	
+12V1	0 A	18 A	22 A ⁸
+12V2	0.9 A	12 A (18 A) ⁷	
+12V3	0.1 A	8.0 A	13 A
-12 V	0 A	0.5 A	
+5 VSB	0.1 A	2.0 A	

1. Maximum continuous total DC output power should not exceed 550 W.
2. Maximum continuous combined load on +3.3 VDC and +5 VDC outputs shall not exceed 140 W.
3. Maximum peak total DC output power should not exceed 610 W.
4. Peak power and current loading shall be supported for a minimum of 1 second.
5. Maximum combined current for the 12 V outputs shall be 35 A.
6. Peak current for the combined 12 V outputs shall be 40 A.

7. The additional +3.3V and +12V2 current requirements shown in () are for workstation applications that require the high power graphics card power connector.
8. Peak +12 V1 current shall be supported for a minimum of 0.5 seconds.

Table 17: 550 W Load Ratings – Split Plane

Voltage	Minimum Continuous	Maximum Continuous	Peak
+3.3 V	0.8 A	24 A (36 A) ⁷	
+5 V	0.5 A	24 A	
+12V1	0 A	10.5 A	12 A
+12V2	0 A	10.5 A (16 A) ⁷	12 A
+12V3	0.9 A	14 A	
+12V4	0.1 A	8.0 A	13 A
-12 V	0 A	0.5 A	
+5 VSB	0.1 A	2.0 A	

1. Maximum continuous total DC output power should not exceed 550 W.
2. Maximum continuous combined load on +3.3 VDC and +5 VDC outputs shall not exceed 140 W.
3. Maximum peak total DC output power should not exceed 630 W.
4. Peak power and current loading shall be supported for a minimum of 1 second.
5. Maximum combined current for the 12 V outputs shall be 38 A.
6. Peak current for the combined 12 V outputs shall be 45 A.
7. The additional +3.3V and +12V2 current requirements shown in () are for workstation applications that require the high power graphics card power connector.

Table 18: 600 W Load Ratings – Split Plane

Voltage	Minimum Continuous	Maximum Continuous	Peak
+3.3 V	0.8 A	24 A (36 A) ⁷	
+5 V	0.5 A	20 A	
+12V1	0 A	12 A	15 A
+12V2	0 A	12 A (18 A) ⁷	15 A
+12V3	0.9 A	14 A	
+12V4	0.1 A	8.0 A	13 A
-12 V	0 A	0.5 A	
+5 VSB	0.1 A	2.0 A	

1. Maximum continuous total DC output power should not exceed 600 W.
2. Maximum continuous combined load on +3.3 VDC and +5 VDC outputs shall not exceed 140 W.
3. Maximum peak total DC output power should not exceed 710 W.
4. Peak power and current loading shall be supported for a minimum of 1 second.
5. Maximum combined current for the 12 V outputs shall be 42 A.
6. Peak current for the combined 12 V outputs shall be 51 A.
7. The additional +3.3V and +12V2 current requirements shown in () are for workstation applications that require the high power graphics card power connector.

Table 19: 650 W Load Ratings – Split Plane

Voltage	Minimum Continuous	Maximum Continuous	Peak
+3.3 V	0.8 A	24 A (36 A) ⁷	
+5 V	0.5 A	24 A	
+12V1	0 A	12.5 A	15 A
+12V2	0 A	12.5 A (18 A) ⁷	15 A
+12V3	0.9 A	14 A	
+12V4	0.1 A	8.0 A	13 A
-12 V	0 A	0.5 A	
+5 VSB	0.1 A	2.0 A	

1. Maximum continuous total DC output power should not exceed 650 W.
2. Maximum continuous combined load on +3.3 VDC and +5 VDC outputs shall not exceed 140 W.
3. Maximum peak total DC output power should not exceed 770 W.
4. Peak power and current loading shall be supported for a minimum of 1 second.
5. Maximum combined current for the 12 V outputs shall be 45 A.
6. Peak current for the combined 12 V outputs shall be 54 A.
7. The additional +3.3V and +12V2 current requirements shown in () are for workstation applications that require the high power graphics card power connector.

6.4.1 Standby Outputs

STATUS
Required

The 5 VSB output shall be present when an AC input greater than the power supply turn on voltage is applied.

6.5 Voltage Regulation

STATUS
Required

The power supply output voltages must stay within the following voltage limits when operating at steady state and dynamic loading conditions. These limits include the peak-peak ripple/noise specified in Section 6.8. All outputs are measured with reference to the return remote sense (ReturnS) signal. The 5 V, 12V1, 12V2, 12V3, -12 V and 5 VSB outputs are measured at the power supply connectors referenced to ReturnS. The +3.3 V is measured at its remote sense signal (3.3VS) located at the signal connector.

Table 20: Voltage Regulation Limits

Parameter	MIN	NOM	MAX	Units	Tolerance
+3.3 V	+3.20	+3.30	+3.46	V _{rms}	+5/-3%
+5 V	+4.80	+5.00	+5.25	V _{rms}	+5/-4%
+12V1	+11.52	+12.00	+12.60	V _{rms}	+5/-4%
+12V2	+11.52	+12.00	+12.60	V _{rms}	+5/-4%
+12V3	+11.52	+12.00	+12.60	V _{rms}	+5/-4%
-12 V	-11.40	-12.20	-13.08	V _{rms}	+9/-5%
+5 VSB	+4.85	+5.00	+5.25	V _{rms}	+5/-3%

STATUS
Optional

Some system applications may require tighter regulation limits on the +5 V output. The optional regulation limits are shown below.

Table 21: Optional +5V Regulation Limits

Parameter	MIN	NOM	MAX	Units	Tolerance
+5 V	+4.85	+5.00	+5.25	V _{rms}	+5/-3%

6.6 Dynamic Loading

STATUS
Required

The output voltages shall remain within the limits specified in Table 20 for the step loading and within the limits specified in Table 22 for the capacitive loading specified in below. The load transient repetition rate shall be tested between 50 Hz and 5 kHz at duty cycles ranging from 10%-90%. The load transient repetition rate is only a test specification. The Δ step load may occur anywhere within the MIN load to the MAX load shown in Table 15, Table 16, Table 17, Table 18, or Table 19.

Table 22: Transient Load Requirements

Output	Δ Step Load Size	Load Slew Rate	Capacitive Load
+3.3 V	30% of max load	0.5 A/ μ s	1000 μ F
+5 V	30% of max load	0.5 A/ μ s	1000 μ F
12V1+12V2+12V3+12V4	65% of max load	0.5 A/ μ s	2200 μ F
+5 VSB	25% of max load	0.5 A/ μ s	1 μ F

6.7 Capacitive Loading

STATUS
Required

The power supply shall be stable and meet all requirements with the following capacitive loading ranges.

Table 23: Capacitive Loading Conditions

Output	MIN	MAX	Units
+3.3 V	10	12,000	μF
+5 V	10	12,000	μF
+12 V	10	11,000	μF
-12 V	1	350	μF
+5 VSB	1	350	μF

6.8 Ripple / Noise

STATUS
Required

The maximum allowed ripple/noise output of the power supply is defined in Table 24. This is measured over a bandwidth of 0 Hz to 20 MHz at the power supply output connectors. A 10 μF tantalum capacitor in parallel with a 0.1 μF ceramic capacitor are placed at the point of measurement.

Table 24: Ripple and Noise

+3.3 V	+5 V	+12 V	-12 V	+5 VSB
50 mVp-p	50 mVp-p	120 mVp-p	120 mVp-p	50 mVp-p

6.9 Timing Requirements

STATUS
Required

These are the timing requirements for the power supply operation. The output voltages must rise from 10% to within regulation limits (T_{vout_rise}) within 5 to 70 ms. The +3.3 V, +5 V and +12 V output voltages should start to rise at about the same time. All outputs must rise monotonically. The +5 V output needs to be greater than the +3.3 V output during any point of the voltage rise. The +5V output must never be greater than the +3.3V output by more than 2.25 V. Each output voltage shall reach regulation within 50 ms (T_{vout_on}) of each other during turn on of the power supply. Each output voltage shall fall out of regulation within 400 ms (T_{vout_off}) of each other during turn off. Figure 2 and Figure 3 show the turn ON and turn OFF timing requirements. In Figure 3 the timing is shown with both AC and PSON# controlling the ON/OFF of the power supply.

Table 25: Output Voltage Timing

Item	Description	MIN	MAX	Units
T_{vout_rise}	Output voltage rise time from each main output.	5	70	ms
T_{vout_on}	All main outputs must be within regulation of each other within this time.		50	ms
T_{vout_off}	All main outputs must leave regulation within this time.		400	ms

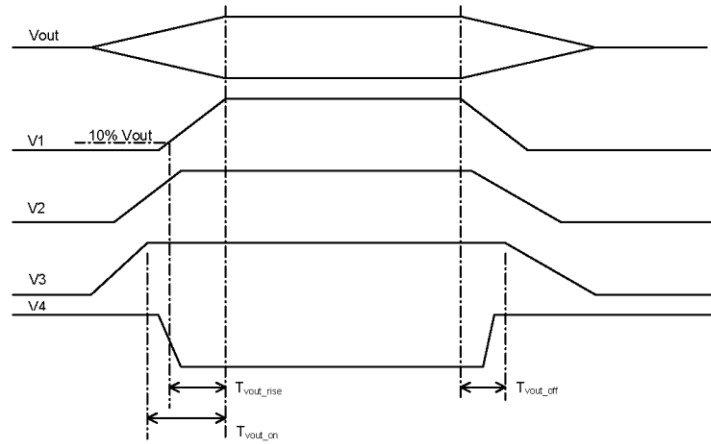


Figure 2: Output Voltage Timing

Table 26: Turn On/Off Timing

Item	Description	MIN	MAX	UNITS
T _{sb_on_delay}	Delay from AC being applied to 5 VSB being within regulation.		1500	ms
T _{ac_on_delay}	Delay from AC being applied to all output voltages being within regulation.		2500	ms
T _{vout_holdup}	Time all output voltages stay within regulation after loss of AC.	18		ms
T _{pwok_holdup}	Delay from loss of AC to deassertion of PWOK.	17		ms
T _{pson_on_delay}	Delay from PSON# active to output voltages within regulation limits.	5	400	ms
T _{pson_pwok}	Delay from PSON# deactive to PWOK being deasserted.		50	ms
T _{pwok_on}	Delay from output voltages within regulation limits to PWOK asserted at turn on.	100	1000	ms
T _{pwok_off}	Delay from PWOK deasserted to output voltages (3.3 V, 5 V, 12 V, -12 V) dropping out of regulation limits.	1		ms
T _{pwok_low}	Duration of PWOK being in the deasserted state during an off/on cycle using AC or the PSON# signal.	100		ms
T _{sb_vout}	Delay from 5 VSB being in regulation to O/Ps being in regulation at AC turn on.	50	1000	ms

STATUS
Recommended

Item	Description	MIN	MAX	UNITS
T _{vout_holdup}	Time all output voltages stay within regulation after loss of AC.	21		ms
T _{pwok_holdup}	Delay from loss of AC to deassertion of PWOK.	20		ms
T _{sb_holdup}	Time 5VSB output voltage stays within regulation after loss of AC.	70		ms

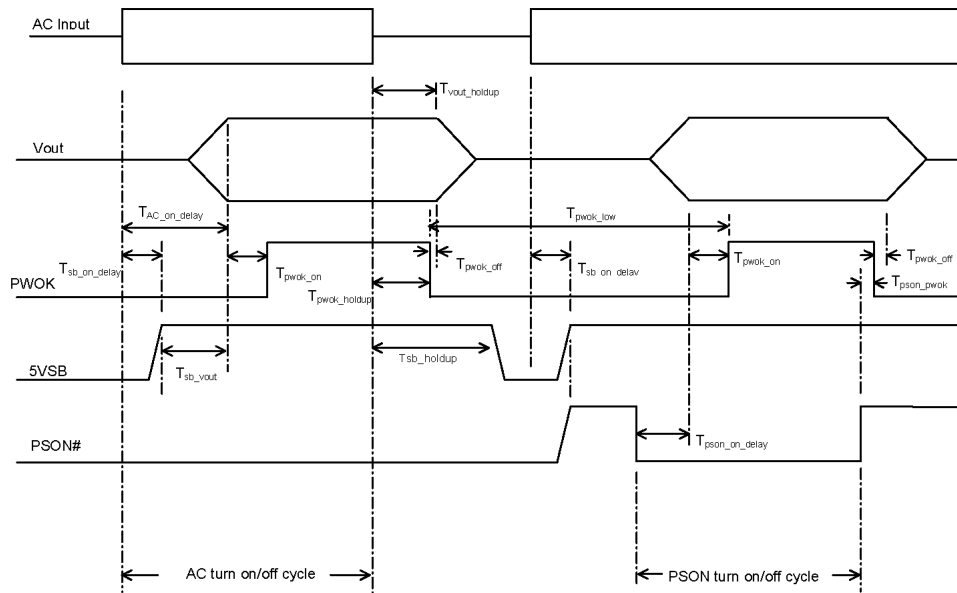


Figure 3: Turn On/Off Timing (Single Power Supply)

7 Protection Circuits

STATUS
Required

Protection circuits inside the power supply shall cause only the power supply's main outputs to shutdown. If the power supply latches off due to a protection circuit tripping, an AC cycle OFF for 15 s and a PSON# cycle HIGH for 1 second must be able to reset the power supply.

7.1 Current Limit

STATUS
Required

The power supply shall have current limit to prevent the +3.3 V, +5 V, and +12 V outputs from exceeding the values shown in Table 27. If the current limits are exceeded the power supply shall shutdown and latch off. The latch will be cleared by toggling the PSON# signal or by an AC power interruption. The power supply shall not be damaged from repeated power cycling in this condition. -12 V and 5 VSB shall be protected under over current or shorted conditions so that no damage can occur to the power supply. All outputs shall be protected so that no damage occurs to the power supply under a shorted output condition.

Table 27: Over Current Protection

Voltage	Over Current Limit (Iout limit)
+3.3 V	110% minimum; 150% maximum
+5 V	110% minimum; 150% maximum
+12V	110% minimum; 150% maximum

7.2 240VA Protection

STATUS
Recommended

System designs may require user access to energized areas of the system. In these cases the power supply may be required to meet regulatory 240VA energy limits for any power rail. Since the +12V rail combined power exceeds 240VA it must be divided into separate channels to meet this requirement. Each separate rail needs to be limited to less than 20A for each +12V rail. The separate +12V rails do not necessarily need to be independently regulated outputs. They can share a common power conversion stage. For common plane systems, the +12V rail is divided into either two or three rails. For split plane systems, the +12V rail is split into four rails. Refer to section 6.4 for how the 12V rail is split between different output connectors.

Table 28: Over Current Limits

Voltage	Common Plane	Split Plane
	Over Current Limit (Iout limit)	Over Current Limit (Iout limit)
+3.3 V	110% minimum; 150% maximum	110% minimum; 150% maximum
+5 V	110% minimum; 150% maximum	110% minimum; 150% maximum
+12V1	18A minimum; 20A maximum; 22A peak ¹	15A minimum; 20A maximum
+12V2	Peak current minimum; 20A maximum	Peak current minimum; 20A maximum
+12V3	Peak current minimum; 20A maximum (550W only)	Peak current minimum; 20A maximum
+12V4	N/A	Peak current minimum; 20A maximum

1. +12V1 peak currents shall be maintained for a minimum of 500msec. The maximum duration of the peak current exceeding the 240VA limit should be limited to meet safety regulations. A maximum duration of 1 second is recommended.

7.3 Over Voltage Protection

STATUS
Required

The power supply over voltage protection shall be locally sensed. The power supply shall shutdown and latch off after an over voltage condition occurs. This latch shall be cleared by toggling the PSON[#] signal or by an AC power interruption. Table 29 contains the over voltage limits. The values are measured at the output of the power supply's connectors. The voltage shall never exceed the maximum levels when measured at the power pins of the power supply connector during any single point of fail. The voltage shall never trip any lower than the minimum levels when measured at the power pins of the power supply connector.

Table 29: Over Voltage Limits

Output Voltage	MIN (V)	MAX (V)
+3.3 V	3.9	4.5
+5 V	5.7	6.5
+12V1,2,3	13.3	14.5
-12 V	-13.3	-14.5
+5 VSB	5.7	6.5

7.4 Over Temperature Protection

STATUS
Recommended

The power supply will be protected against over temperature conditions caused by loss of fan cooling or excessive ambient temperature. In an OTP condition the PSU will shutdown. When the power supply temperature drops to within specified limits, the power supply shall restore power automatically. The OTP circuit must have built in hysteresis such that the power supply will not oscillate on and off due to temperature recovering condition. The OTP trip level shall have a minimum of 4 °C of ambient temperature hysteresis.

8 Control and Indicator Functions

The following sections define the input and output signals from the power supply.

Signals that can be defined as low true use the following convention:

$signal^\# = \text{low true}$

8.1 PSON#

STATUS
Required

The PSON# signal is required to remotely turn on/off the power supply. PSON# is an active low signal that turns on the +3.3 V, +5 V, +12 V, and -12 V power rails. When this signal is not pulled low by the system, or left open, the outputs (except the +5 VSB) turn off. This signal is pulled to a standby voltage by a pull-up resistor internal to the power supply. Refer to Figure 3 for timing diagram.

Table 30: PSON# Signal Characteristic

Signal Type	Accepts an open collector/drain input from the system. Pull-up to VSB located in power supply.	
PSON# = Low	ON	
PSON# = Open or High	OFF	
	MIN	MAX
Logic level low (power supply ON)	0 V	1.0 V
Logic level high (power supply OFF)	2.0 V	5.25 V
Source current, $V_{pson} = \text{low}$		4 mA
Power up delay: $T_{pson_on_delay}$	5 ms	400 ms
PWOK delay: T_{pson_pwok}		50 ms

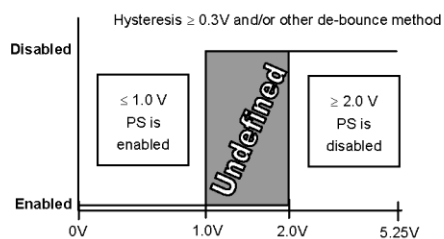


Figure 4: PSON# Signal Characteristics

8.2 PWOK (Power OK)

STATUS
Required

PWOK is a power OK signal and will be pulled HIGH by the power supply to indicate that all the outputs are within the regulation limits of the power supply. When any output voltage falls below regulation limits or when AC power has been removed for a time sufficiently long so that power supply operation is no longer guaranteed, PWOK will be deasserted to a LOW state. See Figure 3 for a representation of the timing characteristics of PWOK. The start of the PWOK delay time shall be inhibited as long as any power supply output is in current limit.

Table 31: PWOK Signal Characteristics

Signal Type	+5V TTL Compatible output signal	
PWOK = High	Power OK	
PWOK = Low	Power Not OK	
	MIN	MAX
Logic level low voltage, Isink = 4 mA	0 V	0.4 V
Logic level high voltage, Isource=200 μA	2.4 V	5.25 V
PWOK delay: T_{pwok_on}	200 ms	1000 ms
PWOK rise and fall time		100 μ s
Power down delay: T_{pwok_off}	1 ms	

8.3 Field Replacement Unit (FRU) Signals

STATUS
Optional

Two pins will be allocated for the FRU information on the power supply connector. One pin is the Serial Clock (SCL). The second pin is used for Serial Data (SDA). Both pins are bi-directional and are used to form a serial bus. The FRU circuits inside the power supply must be powered off of 5 VSB output and grounded to ReturnS (remote sense return). The Write Control (or Write protect) pin should be tied to ReturnS inside the power supply so that information can be written to the EEPROM.

8.3.1 FRU Data

FRU data shall be stored starting in address location 8000h through 80FFh. The FRU data format shall be compliant with the IPMI specifications. The current versions of these specifications are available at: <http://developer.intel.com/design/servers/ipmi/spec.htm>.

8.3.2 FRU Data Format

Table 32: FRU Device Information

Area Type	Description
Common Header	As defined by the FRU document
Internal Use Area	Not required, do not reserve
Chassis Info Area	Not applicable, do not reserve
Board Info Area	Not applicable, do not reserve

8.3.2.1 Product Info Area

Implement as defined by the IPMI FRU document. Product information shall be defined as follows:

Table 33: FRU Device Product Information Area

Field Name	Field Description
Manufacturer Name	{Formal name of manufacturer}
Product Name	{Manufacturer's model number}
Product part/model number	Customer part number
Product Version	Customer current revision
Product Serial Number	{Defined at time of manufacture}
Asset Tag	{Not used, code is zero length byte}
FRU File ID	{Not required}
PAD Bytes	{Added as necessary to allow for 8-byte offset to next area}

8.3.2.2 MultiRecord Area

Implement as defined by the IPMI FRU document. The following record types shall be used on this power supply:

- Power Supply Information (Record Type 0x00)
- DC Output (Record Type 0x01)
- No other record types are required for the power supply.

MultiRecord information shall be defined as follows:

Table 34: MultiRecord information Area

Field Name (PS Info)	Field Information Definition
Overall Capacity (watts)	550 {Low power version would be 450}
Peak VA	610 {Low power version would be 490}
Inrush current (A)	50
Inrush interval (ms)	5
Low end input voltage range 1	90
High end input voltage range 1	140
Low end input voltage range 2	180
High end input voltage range 2	264
A/C dropout tol. (ms)	20
Binary flags	Set for: Hot Swap support, Autoswitch, and PFC
Peak Wattage	Set for: 10 s, 610 W {Low power version would be 490 W}
Combined wattage	Set for 5 V & 3.3V combined wattage of 115 W {Low power version would be 115 W}
Predictive fail tach support	Not supported, 00h value
Field Name (Output)	Field Description
Five outputs are to be defined from #1 to #5, as follows: +3.3 V, +5 V, +12 V, -12V, and +5 VSB.	
Output Information	Set for: Standby on +5 VSB, No Standby on all others.
All other output fields	Format per IPMI specification, using parameters in the EPS12V specification.

9 MTBF

STATUS
Recommended

The power supply shall have a minimum MTBF at continuous operation of 1) 50,000 hours at 100% load and 50 °C, as calculated by Bellcore RPP, or 2) 100,000 hours demonstrated at 100% load and 50 °C.

10 Agency Requirements

STATUS
Recommended

The power supply must comply with all regulatory requirements for its intended geographical market. Depending on the chosen market, regulatory requirements may vary. Although a power supply can be designed for worldwide compliance, there may be cost factors that drive different versions of supplies for different geographically targeted markets.

This specification requires that the power supply meet all regulatory requirements for the intended market at the time of manufacturing. Typically this includes:

- UL
- CSA
- A Nordic CENELEC
- TUV
- VDE
- CISPR Class B
- FCC Class B

The power supply, when installed in the system, shall meet immunity requirements specified in EN55024. Specific tests are to be EN61000-4-2, -3, -4, -5, -6, -8, -11, EN61000-3-2, -3, and JEIDI MITI standard. The power supply must maintain normal performance within specified limits. This testing must be completed by the system EMI engineer. Conformance must be designated with the European Union CE Marking. Specific immunity level requirements are left to customer requirements.

A10. CATALOGO HORNO TERMOPAN

Girotherm Su horno de carros rotativos

termopan

Girotherm

Para el pan de cada día



Girotherm

El horno **Girotherm** de carros rotativos tiene un sistema de cocción por convección de aire caliente y permite una producción continuada, dado que en el mismo carro de cocción se efectúa la fermentación, el transporte y el enfriamiento. Este horno permite una gran versatilidad de producción, siendo ideal para todo tipo de obradores: panadería, pastelería y bollería.

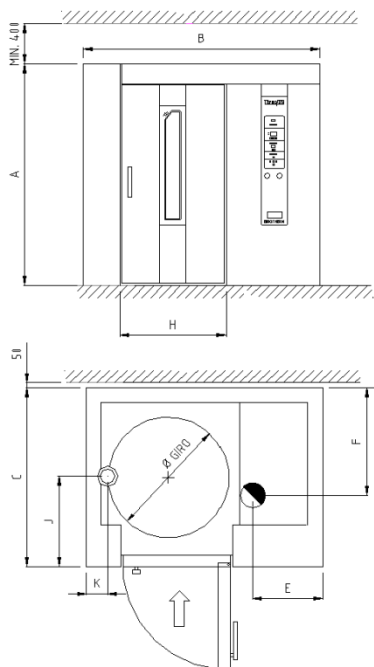
Características:

- Bandejas (mm): 700x500, 800x600, 980x680, 1000x800, etc.
- Disponible para 1 ó 2 carros, desde 14 hasta 21 bandejas por carro.
- Superficie de cocción entre 6 y 28 m².
- Control de mando digital de manejo sencillo. Posibilidad de varios programas de cocción.
- Posibilidad de control por PLC y pantalla táctil.
- Calentamiento: gas, gasoil, electricidad.
- Fabricado totalmente en acero inoxidable y materiales refractarios.



Girotherm

Modelos TPS/TPE

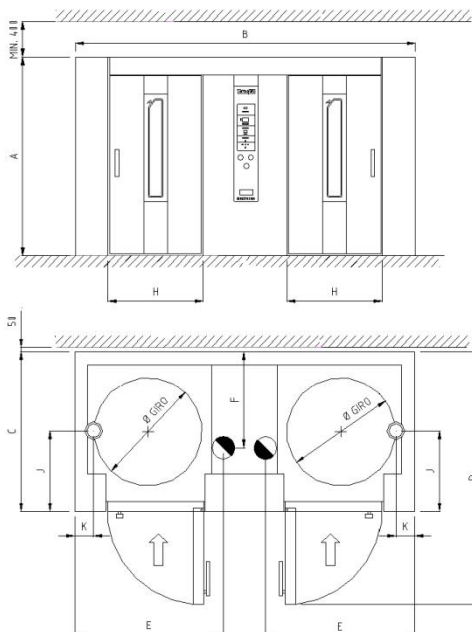


		TPS				TPE							
		95	100	123	135	95	100	123	135				
Medidas (mm)	A	2200				2200							
	B	1740	1990	2250	2350	1740	1990	2250	2350				
	C	1320	1490	1675	1775	1320	1490	1675	1775				
	D	2090	2390	2665	2845	2090	2390	2665	2845				
	E	590	660	700		590	660	700					
	F	690	785	970	1070	690	785	970	1070				
	J	770	900	990	1070	770	900	990	1070				
	H	505	740	845	895	505	740	845	895				
	K	170	215	210		170	215	210					
	Peso (kg)		1600		2400		2600		1400		2200		2400



- Salida de gases
- Salida de vapor

		TPS				TPE			
		95	100	123	135	95	100	123	135
Calentamiento		Gasoleo/Gas				Eléctrico			
Superficie Cocción (m ²)		8	8,7	12	14	8	8,7	12	14
Bandejas (mm)		700x500	800x600	980x680	1000x800	700x500	800x600	980x680	1000x800
Nº carros		1				1			
Nº pisos por carro		14/21				14/21			
Ø max. giro carro (mm)		1070		1230	1350	1070		1230	1350
Potencia termica	Kw	70		95	115	70		95	115
	Kcal/h	60000		80000	100000	60000		80000	100000
Potencia a instalar (kw)		1,5		2,3		40		65	75

Girotherm



MODELOS TPD

-  Salida de gases
-  Salida de vapor

		TPD	
		123	135
Medidas (mm)	A	2200	2200
	B	3755	3955
	C	1675	1775
	D	2065	2845
	E	1497,5	1497,5
	F	970	1070
	H	990	1070
	J	845	895
Peso(kg)		2800	3000

		TPD	
		123	135
Calentamiento		Gasoil/Gas	
Superficie Coccion (m ²)		24	28
Bandejas (mm)		980x680	1000x800
Nº carros		2	
Nº pisos por carro		14/21	14/21
Ø max. Giro carro (mm)		1230	1350
Potencia térmica	Kw	140	175
	Kcal/h	120000	150000
Potencia a instalar (Kw)		6	



Aritz Bidea, 79 – Atela Auzotegia – 48100 MUNGIA (Bizkaia) – SPAIN
 Apartado Correos 137 – E-mail: info@termopan.net
 Telf. (+34) 94 615 64 60 – Fax (+34) 94 674 40 54
www.termopan.net



B1. COMUNICACIÓN - BUS I2C

DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO

INTRODUCCIÓN

El bus I2C, un estándar que facilita la comunicación entre microcontroladores, memorias y otros dispositivos con cierto nivel de "inteligencia", sólo requiere de dos líneas de señal y un común o masa. Fue diseñado a este efecto por Philips y permite el intercambio de información entre muchos dispositivos a una velocidad aceptable, de unos 100 Kbits por segundo, aunque hay casos especiales en los que el reloj llega hasta los 3,4 MHz.

La metodología de comunicación de datos del bus I2C es en serie y sincrónica. Una de las señales del bus marca el tiempo (pulsos de reloj) y la otra se utiliza para intercambiar datos.

DEFINICIÓN DE I2C (I²C):

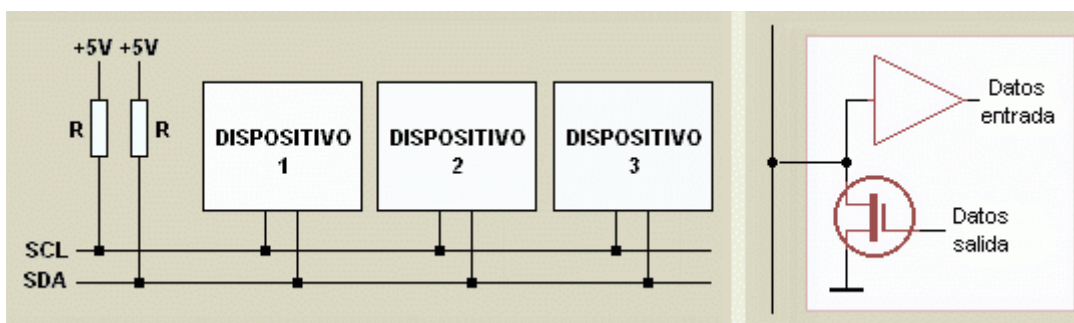
Abreviatura de Inter-IC (inter integrated circuits), un tipo de bus diseñado por Philips Semiconductors a principios de los 80s, que se utiliza para conectar circuitos integrados (ICs). El I2C es un bus con múltiples maestros, lo que significa que se pueden conectar varios chips al mismo bus y que todos ellos pueden actuar como maestro, sólo con iniciar la transferencia de datos. Este bus se utiliza en muchos dispositivos, en especial en equipos de vídeo como monitores de computadora, televisores y videocaseteras

DESCRIPCIÓN DE LAS SEÑALES

- **SCL** (System Clock) es la línea de los pulsos de reloj que sincronizan el sistema.

- **SDA** (System Data) es la línea por la que se mueven los datos entre los dispositivos.
- **GND** (Masa) común de la interconexión entre todos los dispositivos "enganchados" al bus.

Las líneas **SDA** y **SCL** son del tipo drenaje abierto, es decir, un estado similar al de colector abierto, pero asociadas a un transistor de efecto de campo (o FET). Se deben polarizar en estado alto (conectando a la alimentación por medio de resistores "pull-up") lo que define una estructura de bus que permite conectar en paralelo múltiples entradas y salidas.

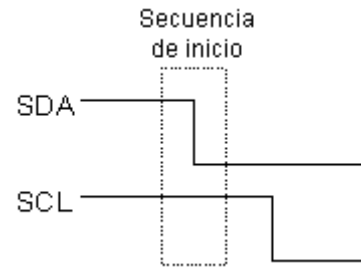


El diagrama es suficientemente autoexplicativo. Las dos líneas del bus están en un nivel lógico alto cuando están inactivas. En principio, el número de dispositivos que se puede conectar al bus no tiene límites, aunque hay que observar que la capacidad máxima sumada de todos los dispositivos no supere los 400 pF. El valor de los resistores de polarización no es muy crítico, y puede ir desde 1K8 (1.800 ohms) a 47K (47.000 ohms). Un valor menor de resistencia incrementa el consumo de los integrados pero disminuye la sensibilidad al ruido y mejora el tiempo de los flancos de subida y bajada de las señales. Los valores más comunes en uso son entre 1K8 y 10K.

PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN DEL BUS I2C

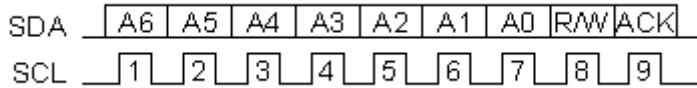
Habiendo varios dispositivos conectados sobre el bus, es lógico que para establecer una comunicación a través de él se deba respetar un protocolo. Digamos, en primer lugar, lo más importante: existen dispositivos **maestros** y dispositivos **esclavos**. Sólo los dispositivos maestros pueden iniciar una comunicación.

La condición inicial, de **bus libre**, es cuando ambas señales están en estado lógico alto. En este estado cualquier dispositivo maestro puede ocuparlo, estableciendo la condición de **inicio** (start). Esta condición se presenta cuando un dispositivo maestro pone en estado bajo la línea de datos (SDA), pero dejando en alto la línea de reloj (SCL).

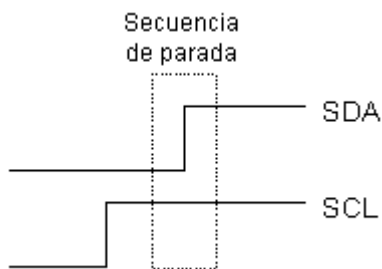


El primer byte que se transmite luego de la condición de inicio contiene siete bits que componen la dirección del dispositivo que se desea seleccionar, y un octavo bit que corresponde a la operación que se quiere realizar con él (lectura o escritura).

Si el dispositivo cuya dirección corresponde a la que se indica en los siete bits (A0-A6) está presente en el bus, éste contesta con un bit en bajo, ubicado inmediatamente luego del octavo bit que ha enviado el dispositivo maestro. Este bit de **reconocimiento** (ACK) en bajo le indica al dispositivo maestro que el esclavo **reconoce** la solicitud y está en condiciones de comunicarse. Aquí la comunicación se establece en firme y comienza el intercambio de información entre los dispositivos.



Si el bit de **lectura/escritura** (RW) fue puesto en esta comunicación a nivel lógico bajo (escritura), el dispositivo maestro envía datos al dispositivo esclavo. Esto se mantiene mientras continúe recibiendo señales de reconocimiento, y el contacto concluye cuando se hayan transmitido todos los datos.



En el caso contrario, cuando el bit de lectura/escritura estaba a nivel lógico alto (lectura), el dispositivo maestro genera pulsos de reloj para que el dispositivo esclavo pueda enviar los datos. Luego de cada byte recibido el dispositivo maestro (quien está recibiendo los datos) genera un pulso de

reconocimiento.

El dispositivo maestro puede dejar libre el bus generando una condición de **parada** (o detención; stop en inglés).

Si se desea seguir transmitiendo, el dispositivo maestro puede generar otra condición de inicio en lugar de una condición de parada. Esta nueva condición de inicio se denomina "inicio reiterado" y se puede emplear para direccionar un dispositivo esclavo diferente o para alterar el estado del bit de lectura/escritura.

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS:

- **Maestro** (Master): Dispositivo que determina los tiempos y la dirección del tráfico en el bus. Es el único que aplica los pulsos de reloj en la línea SCL. Cuando se conectan varios dispositivos maestros a un mismo bus la configuración obtenida se denomina "multi-maestro".
- **Esclavo** (Slave): Todo dispositivo conectado al bus que no tiene la capacidad de generar pulsos de reloj. Los dispositivos esclavos reciben señales de comando y de reloj generados desde el maestro.
- **Bus libre** (Bus Free): Estado en el que ambas líneas (SDA y SCL) están inactivas, presentando un estado lógico alto. Es el único momento en que un dispositivo maestro puede comenzar a hacer uso del bus.
- **Comienzo** (Start): Se produce cuando un dispositivo maestro ocupa el bus, generando la condición. La línea de datos (SDA) toma un estado bajo mientras que la línea de reloj (SCL) permanece alta.
- **Parada** (Stop): Un dispositivo maestro puede generar esta condición, dejando libre el bus. La línea de datos y la de reloj toman un estado lógico alto.
- **Dato válido** (Valid Data): Situación presente cuando un dato presente en la línea SDA es estable al tiempo que la línea SCL está a nivel lógico alto.
- **Formato de Datos** (Data Format): La transmisión de un dato a través de este bus consiste de 8 bits de dato (1 byte). A cada byte transmitido al bus le sigue un noveno pulso de reloj durante el cual el dispositivo receptor del byte debe generar un pulso de reconocimiento.
- **Reconocimiento** (Acknowledge): El pulso de reconocimiento, conocido como ACK (del inglés Acknowledge), se logra colocando la línea de datos a un nivel lógico bajo durante el transcurso del noveno pulso de reloj.
- **Dirección** (Address): Todo dispositivo diseñado para funcionar en este bus posee su propia y única dirección de acceso, preestablecida por el fabricante. Hay dispositivos que permiten definir externamente parte de la dirección de acceso, lo que habilita que se pueda conectar en un mismo bus un conjunto de dispositivos del mismo tipo, sin problemas de identificación. La dirección 00 es

la denominada "de acceso general"; a ésta responden todos los dispositivos conectados al bus.

- **Lectura/Escritura (Bit R/W):** Cada dispositivo tiene una dirección de 7 bits. El octavo bit (el menos significativo) que se envía durante la operación de direccionamiento, completando el byte, indica el tipo de operación a realizar. Si este bit es alto el dispositivo maestro lee información proveniente de un dispositivo esclavo. Si este bit es bajo, el dispositivo maestro escribe información en un dispositivo esclavo.

LA COMUNICACIÓN EN MÁS DETALLE

Cuando el dispositivo maestro quiere comunicarse con un esclavo, produce una secuencia de inicio en el bus. La secuencia de inicio es una de las dos secuencias especiales que se han definido en el bus I2C; la otra es la secuencia de parada. Las secuencias de inicio y la de parada son especiales porque son los dos únicos casos en que se permite que la línea de datos (SDA) cambie cuando la línea de reloj (SCL) está alta. Cuando se están transmitiendo datos, la línea SDA debe permanecer estable, y jamás cambiar, mientras la línea SCL está alta. Las secuencias de inicio y de parada señalan el comienzo y el final de una transacción con los dispositivos esclavos.

Los datos se transfieren en secuencias de 8 bits. Estos bits se colocan en la línea SDA comenzando por el bit de más peso (o más significativo). Una vez puesto un bit en SDA, se lleva la línea SCL a alto. Debemos recordar que el chip no puede llevar la línea a un estado alto, en realidad, lo que hace es "soltarla", y el que la pone en nivel lógico alto es el resistor de polarización. Por cada 8 bits que se transfieren, el dispositivo que recibe el dato envía de regreso un bit de reconocimiento, de modo que en realidad por cada byte de dato se producen 9 pulsos sobre la línea SCL (es decir, 9 pulsos de reloj por cada 8 bits de dato). Si el dispositivo que recibe envía un bit de reconocimiento bajo, indica que ha recibido el dato y que está listo para aceptar otro byte. Si retorna un alto, lo que indica es que no puede recibir más datos y el dispositivo maestro debería terminar la transferencia enviando una secuencia de parada.

DIRECCIONAMIENTO DE DISPOSITIVOS EN EL BUS I2C

Lo más común en los dispositivos para el bus I2C es que utilicen direcciones de 7 bits, aunque existen dispositivos de 10 bits. Este último caso es raro.

Una dirección de 7 bits implica que se pueden poner hasta 128 dispositivos sobre un bus I2C, ya que un número de 7 bits puede ir desde 0 a 127. Cuando se envían las direcciones de 7 bit, de cualquier modo la transmisión es de 8 bits. El bit extra se utiliza para informarle al dispositivo esclavo si el dispositivo maestro va a escribir o va a leer datos desde él. Si el bit de lectura/escritura (R/W) es cero, el dispositivo maestro está escribiendo en el esclavo. Si el bit es 1 el maestro está leyendo desde el esclavo. La dirección de 7 bit se coloca en los 7 bits más significativos del byte y el bit de lectura/escritura es el bit menos significativo.

El hecho de colocar la dirección de 7 bits en los 7 bits más significativos del byte produce confusiones entre quienes comienzan a trabajar con este bus. Si, por ejemplo, se desea escribir en la dirección 21 (hexadecimal), en realidad se debe enviar un 42, que es un 21 desplazado un bit hacia arriba. También se pueden tomar las direcciones del bus I2C como direcciones de 8 bit, en las que las pares son de sólo escritura y las impares son de sólo lectura. Para dar un ejemplo, el integrado de brújula magnética **CMPS03** es fijado en fábrica en la dirección 0xC0 (\$C0). La dirección 0xC0 se utiliza para escribir en él y la dirección 0xC1 es para leer de él.

PROTOCOLO DE PROGRAMACIÓN PARA EL BUS I2C

Lo primero que ocurre en un bus I2C es que el dispositivo maestro envía una secuencia de inicio. Esto alerta a los dispositivos esclavos, poniéndolos a la espera de una transacción. Éstos quedan atentos para ver si se trata de una solicitud para ellos. A continuación el dispositivo maestro envía la dirección de dispositivo. El dispositivo esclavo que posee esa dirección continuará con la transacción, y los otros ignorarán el resto de los intercambios, esperando la próxima secuencia de inicio.

Habiendo direccionado ya el dispositivo esclavo, lo que debe hacer ahora el maestro es enviar la ubicación interna o número de registro desde el que desea leer o al que va a escribir. La cantidad depende, obviamente, de qué dispositivo es y de cuántos registros internos posee. Algunos dispositivos muy simples no tienen ninguno, pero la mayoría sí los poseen.

Siguiendo con el ejemplo del **CMPS03**, éste posee 16 ubicaciones internas, numeradas desde el 0 al 15. Otro dispositivo, el medidor ultrasónico de distancia **SRF08**, tiene 36 registros.

Una vez que el maestro ha enviado la dirección del dispositivo en el bus I2C y la dirección del registro interno del dispositivo, puede enviar ahora el byte o bytes de datos. El dispositivo maestro puede seguir enviando bytes al esclavo, que normalmente serán puestos en registros con direcciones sucesivas, ya que el esclavo incrementa automáticamente la dirección del registro interno después de recibir cada byte. Cuando el maestro ha terminado de escribir datos en el esclavo, envía una secuencia de parada que concluye la transacción.

ESCRITURA EN UN DISPOSITIVO ESCLAVO:

- 1. Enviar una secuencia de inicio
- 2. Enviar la dirección de dispositivo con el bit de lectura/escritura en bajo
- 3. Enviar el número de registro interno en el que se desea escribir
- 4. Enviar el byte de dato
- 5. [Opcionalmente, enviar más bytes de dato]
- 6. Enviar la secuencia de parada

Como ejemplo, veamos un SRF08, que tiene una dirección de bus fijada en fábrica de 0xE0. Para comenzar una medición de distancia con el SRF08 se debe escribir 0x51 en el registro de comando, ubicado en la dirección interna 0x00. La secuencia es la que sigue:

- 1. Enviar una secuencia de inicio
- 2. Enviar 0xE0 (La dirección de dispositivo del SRF08 con el bit de lectura/escritura en bajo)
- 3. Enviar 0x00 (dirección interna del registro de comando)
- 4. Enviar 0x51 (el comando para comenzar la medición del SRF08)
- 5. Enviar la secuencia de parada

LECTURA DESDE UN DISPOSITIVO ESCLAVO:

Esta operación es algo más complicada, pero no demasiado. Antes de leer datos desde el dispositivo esclavo, primero se le debe informar desde cuál de sus direcciones internas se va a leer. De manera que una lectura desde un dispositivo esclavo en realidad comienza con una operación de escritura en él. Es igual a cuando se desea escribir en él: Se envía la secuencia de inicio, la dirección de dispositivo con el bit de lectura/escritura en bajo y el registro interno desde el que se desea leer. Ahora se envía otra secuencia de inicio nuevamente con la dirección de dispositivo, pero esta vez con el bit de lectura/escritura en alto. Luego se leen todos los bytes necesarios y se termina la transacción con una secuencia de parada.

Volviendo al ejemplo del módulo de brújula CMPS03, veamos cómo se lee el registro de ángulo:

- 1. Enviar una secuencia de inicio
- 2. Enviar 0xC0 (La dirección de dispositivo del CMPS03 con el bit de lectura/escritura en bajo)
- 3. Enviar 0x01 (dirección interna del registro de ángulo en valor 0-255)
- 4. Enviar una secuencia de inicio (inicio reiterado)
- 5. Enviar 0xC1 (La dirección de dispositivo del CMPS03 con el bit de lectura/escritura en alto)
- 6. Leer un byte de dato desde el CMPS03
- 7. Enviar la secuencia de parada

La secuencia se verá así:



UN CASO UN POCO MÁS COMPLICADO

Esto es todo cuando se trata de comunicaciones simples, pero debemos considerar una posible complicación: Cuando el dispositivo maestro está leyendo desde el esclavo, quien pone los datos en la línea SDA del bus es el dispositivo esclavo, y el maestro es el que controla el pulso de reloj. ¿Qué pasa si el esclavo no está listo para enviar un dato? Con dispositivos como una EEPROMs esto no sería problema, pero si el dispositivo esclavo es un microprocesador, que tiene otras tareas que realizar, pueden surgir inconvenientes.

Para atender la transacción, el microprocesador debe pasar a una rutina de interrupción, guardar sus registros de trabajo, determinar qué dirección desea leer el dispositivo maestro, obtener el dato y ponerlo en su registro de transmisión. Esto puede llevar varios microsegundos, lo que implica que el dispositivo maestro podría estar enviando pulsos de reloj ciegamente por la línea SCL sin que el dispositivo esclavo pueda responderle. El protocolo I2C ofrece una solución para esto: el esclavo puede mantener la línea SCL en bajo. A esto se le llama estiramiento del reloj. Cuando el esclavo recibe el comando de lectura lo primero que hace es poner la línea de reloj en bajo. Entonces sí, obtiene el dato solicitado, lo pone en el registro de transmisión, y recién entonces libera la línea de reloj, que pasará de inmediato a alto debido al nivel que aporta el resistor de polarización.

Desde el punto de vista del dispositivo maestro, éste tratará de enviar el primer pulso de reloj para la lectura de datos liberando la línea SCL para que pase a alto, pero antes de continuar comprobará que ésta realmente haya ido al nivel lógico 1. Si la línea SCL permanece en bajo, el dispositivo maestro interpreta que el esclavo la mantiene así y espera a que SCL vaya a alto antes de continuar. Por suerte, la mayoría de los puertos I2C de los microprocesadores manejan esto de manera automática.

Sin embargo, a veces el manejo de I2C en el dispositivo maestro no está implementado por circuito, sino que es un juego de subrutinas que maneja dos líneas de un puerto. Algunas implementaciones ignoran este estiramiento del reloj. Estas soluciones trabajarán bien con dispositivos tales como las EEPROM, pero no podrán intercambiar datos correctamente con microprocesadores esclavos que utilizan el estiramiento del pulso de reloj. Como resultado, se obtendrán datos erróneos.

B2. PROGRAMACION EN MICROBASIC

```
• program hornol2_5
• 'Definicion de entradas - salidas
3 Symbol puertas          = Porta.0
• Symbol Vineta           = Porta.1
5 Symbol ControlLed       = Porta.2
• Symbol combiled1        = Porta.3
• Symbol combiled2        = Porta.4
• Symbol combiled3        = Porta.5
• Symbol Vaporcam         = portc.6
10 Symbol calentador      = portc.1
• Symbol Alarm            = portc.2
• Symbol Vaporhorno       = Portd.0
• Symbol ActMotor         = Portc.0
• Symbol LuzInt           = PortC.7
15 Symbol LeerTemp        = Porte.2
• Symbol LedOn_off_turb   = Portd.1
```

```

• 'Definicion de variables
• Dim Reloj          as byte[8]
• Dim Tiempo_Act    as longint
20 Dim Tiempo_Ant    as longint
• Dim Tiempo_ActV   as longint
• Dim Tiempo_AntV   as longint
• Dim Txt           as string[3]
• Dim Txtt         as string[3]
25 Dim Encendido     as boolean
• Dim Temperatura   as float
• Dim tempset       as float
• Dim tempact       as float
• Dim i, j, a1, b, k1, a2      as byte
30 Dim Dato          as byte[2]
31 Dim BUFFER        as byte
• Dim Max           as word
• Dim Dia           as string[7]
• Dim Mes           as string[5]
35 Dim Texto         as string[17]
• Dim tecla        as byte
• Dim timeset      as word
• Dim timeact      as word
• dim alarmstatus  as byte
40 dim temps        as string[17]
• dim times        as string[5]
• dim taselecvh    as byte
• dim tacelecvh    as byte
• dim tasevh       as string[3]
45 dim taselecvc    as byte
• dim tacelecvc    as byte
• dim tasevc       as string[3]
• 'Definicion de constantes del teclado
• Const Tecla_on_Off as byte = 1
50 Const UP          as byte = 2
• Const Down        as byte = 11
• Const Okk         as byte = 4
• Const Noo         as byte = 5
• Const Programar   as byte = 6
55 Const Programar_Vapor as byte = 7
• Const Activar_Vapor as byte = 8
• Const Luz_Interior as byte = 9
• Const Rotor       as byte = 10
• Const alarmoff     as byte = 3
60
• 'Definicion de caracteres del LCD
• const Visto        as byte[8] = (0,0,1,2,20,8,0,0)
• const Grados       as byte[8] = (0,14,10,14,0,0,0,0)
• ''Sub procedure Interrupt
65 ''End sub
66 sub procedure
• CustomChar(dim pos_row as byte, dim pos_char as byte, dim caracter as byte)
• dim i as byte
• LCD_Cmd(64)
70 for i = 0 to 7
• Select case Caracter
• Case 0
• LCD_Chc_Cp(Visto[i])
• Case 1
75 LCD_Chc_Cp(Grados[i])
• End select
• next i
• LCD_Cmd(LCD_RETURN_HOME)
• LCD_Chc(pos_row, pos_char, 0)
80 End sub

```

```

• Sub Procedure Inicializar
• 'inicializacion del PIC configuracion de los puertos
85 Adcon1 = 7
• Trisa = %00000011
• Trisc = %00011000
• Porta = 0
• trise.2 = 0
90 porte.2 = 0
• portc = 0
• calentador = 0
• Keypad_init(Portb)
• Lcd_Config(Portd,7,6,5,4,Portd,2,8,3)
95 Trisd.0 = 0
• Portd.0 = 0
• Trisd.1 = 0
• Portd.1 = 0
• Lcd_Cmd(Lcd_Cursor_Off)
100 Lcd_Cmd(LCd_Clear)
• Spi_Init_Advanced(MASTER_OSC_DIV4, DATA_SAMPLE_END, CLK_IDLE_LOW, LOW_2_HIGH)
• End sub
•
•
105 Sub Procedure Leer_Reloj
106 'rutina que permite la obtencion de la informacion del Reloj usado, el ds1307
• Soft_I2C_Config(PORTE, 1, 0)
• Soft_I2C_Start
• Soft_I2C_Write($D0)
110 Soft_I2C_Write($0)
• Soft_I2C_Start
• Soft_I2C_Write($D1)
• For i = 0 to 5
• Reloj[i] = Soft_I2C_Read(1)
115 Next i
• Reloj[6] = Soft_I2C_Read(0)
• Soft_I2C_Stop
• For i = 0 to 6
• Reloj[i] = Bcd2Dec(Reloj[i])
120 Next i
• End sub

• Sub Procedure Igualar_Reloj
• 'rutina que permite la comunicacion con el DS1307 y el microprocesador, con lo
• 'que podemos cargar valores deseados de programacion al DS segun los valores qu
125 'se engrasen al micro
• Reloj[7] = $F0 '240
• For i = 0 to 6
• Reloj[i] = Dec2Bcd(Reloj[i]) 'LE PASA DE DATO BCD A DECIMAL
• Next i
130 Soft_I2C_Config(PORTE, 1, 0) 'ESTABLECIENDO EL TIPO DE COMUNIC. EN PUERTOS E
• Soft_I2C_Start
• Soft_I2C_Write($D0) '208
• Soft_I2C_Write($0)
• For i = 0 to 7
135 Soft_I2C_Write(Reloj[i])
• Next i
• Soft_I2C_Stop
• End sub

```

```

• sub procedure Max6675
140 'rutina que permite la obtencion de los valores calculados por el Max6675, estos
• 'valores son digitales
• 'mientras el Max se encarga de la transformacio e interpretacion analoga digital
• 'de la Temperatura obtenida por la termocupla
•   Porte.2 = 0
145   Dato[0]= SPI_READ(BUFFER)
•   Dato[1]= SPI_READ(BUFFER)
•   Porte.2 = 1
•   Max = Dato[0]*256 + Dato[1]
•   Max = Max >> 3
150   Temperatura = Max*0.252 - 24.59
• end sub
152
• Sub procedure Mostrar_Temperatura
• 'rutina para pasar el valor ingresado al micro desde el Max a la visualizacion
155 'en el LCD
•   Floattostr(Temperatura,Texto)
•   Lcd_Out(3,1,Texto)
• End sub
•
160 Sub procedure Mostrar_Reloj
• 'configuracion y determinacion de variable que se obtienen de la matriz de datos
• 'obtenidos por el
• 'reloj (DS1307), para con estos valores poder desplegar la informacion
•   Select case Reloj[3]
165     Case 2 Dia = "Lunes "
•     Case 3 Dia = "Martes"
•     Case 4 Dia = "Mierc."
•     Case 5 Dia = "Jueves"
•     Case 6 Dia = "Vierns"
170     Case 7 Dia = "Sabado"
•     Case 1 Dia = "Doming"
•   End select
•   Select case Reloj[5]
•     Case 1 Mes = "Ene. "
175     Case 2 Mes = "Feb. "
•     Case 3 Mes = "Mar. "
•     Case 4 Mes = "Abr. "
•     Case 5 Mes = "Mayo "
•
•     Case 6 Mes = "Junio"
180     Case 7 Mes = "Julio"
•     Case 8 Mes = "Agos."
•     Case 9 Mes = "Sept."
•     Case 10 Mes = "Octu."
•     Case 11 Mes = "Novi."
185     Case 12 Mes = "Dici."
•   End select
• 'Impresion de Fecha
•   Lcd_out(1,1,Dia)
•   bytetostr(Reloj[4],Txt)
190   Lcd_out(1,7,Txt)
•   Lcd_out(1,11,Mes)
•   Lcd_out(1,17,"2")
•   bytetostr(Reloj[6],Txt)
•   For i= 0 to 2
195     If Txt[i] = " " then
•       Txt[i] = "0"
•     End if
•   next i
•   Lcd_Out(1,18,Txt)

```

```

200 'Impresion de hora
  • For j = 2 to 0 step -1
  •   Bytetostr(Reloj[j],Txt)
  •   For i= 1 to 2
  •     If Txt[i] = " " then
205       Txt[i] = "0"
  •     End if
  •     If i = 2 then
  •       If ((Reloj[0] mod 2) = 0) and (j<>2)then
  •         Txt[0] = ":"
210       End if
  •     End if
  •   next i
  •   Lcd_Out(2,7-j*3,Txt)
  • Next j
215 End sub
  •
  • sub procedure limpiar
  • 'configuracion y preparacion de las variables para la inicializacion del sistema
  • 'por primera vez
220 Tiempo_Act =0
  • Tiempo_Ant =0
  • Tiempo_ActV =0
  • Tiempo_AntV =0
  • Encendido =0
225 tempset =0
  • tempact =0
  • tecla =0
  • timeset =0
  • timeact =0
230 alarmstatus =0
  • taselecvh =0
  • tacelecvh =0
  • taselecvc =0
  • tacelevc =0
235 controlled = 0
  • a1 = 0
  • k1 = 0
  • b=0
  • a2 = 0
240 end sub
  • sub Procedure Rev_encender
  • 'reviscion de las condiciones necesarias para permitir el comienzo de de coccion
  •   if puertas = 0 then
  •     delay_ms(50)
245     Lcd_Cmd(LCd_Clear)
  •     Lcd_out(1,9,"CUIDADO")
  •     Lcd_out(2,5,"Debe cerrar")
  •     Lcd_out(4,7,"La Puerta")
  •     do
250     loop until puertas = 1
  •   end If
  • end sub
  • sub procedure tempcoc
  • 'subrutina en la que se hace el incremento y control del valor entregado a la
255 'variable de Temperatura
  • 'la misma que se compara constantemente con la Temperatura presente al interior:
  • ' del horno, en valor a comparar
  • 'es obetenido por el Max6675, pero el valor de conrol es seteado en este punto
  • controlled = 1
260 revtempcoc:
  •   if tempact = 0 then
  •     tempact = 180.0
  •     tempset = tempact

```

```

265     else tempact = tempset
265     end if
    Lcd_Cmd(LCd_Clear)
    Lcd_out(1,2,"Temp. de coccion")
    Lcd_out(3,3,"grados C")
    Lcd_out(4,9,"OK?")
270   do
    floattostr(tempset,temps)
    Lcd_out(2,8,temps)
    delay_ms(100)
    tecla = Keypad_Read
275   delay_ms(100)
    if tecla = 2 then
    tempset = (tempact + 1.0)
    if tempset >= 250.0 then tempset = 250.0
    end if
280   end if
    if tecla = 11 then
    tempset = (tempact - 1.0)
    if tempset <= 50.0 then tempset = 50.0
    end if
285   end if
    tempact = tempset
    loop until tecla = 4
    Lcd_Cmd(LCd_Clear)
    Lcd_out(1,3,"Temperatura de coccion")
290   floattostr(tempset,temps)
    Lcd_out(2,5,temps)
    Lcd_out(3,1,"temperatura correcta")
    Lcd_out(4,2,"Presione Ok o No")
    Delay_ms(200)
295   do
    tecla = Keypad_Released
    Loop Until (tecla = 4) or (tecla = 5)
    if tecla = 4 then a1 = 1
    else goto revtempcoc
300   end if
controlled = 0
End sub
303 sub procedure timecoc
    'de similar manera que con yemeraturay otras variables que seran expuestas
305 'despues, se realiza el ingreso y control del valor de la variable, en este caso
    'tiempo de coccion, es con esta variable que podemos hacer las comparaciones
    'necesarias con el tiempo real que se nos es entregado atravez del DS1307, de
    'esta forma se puede conocer el momento en que el proceso de coccion ha iniciad
    'y el momento que que debe terminar dependiendo de la configuracin del usuario
310 Porta=%0001100
    revtimecoc:
    if timeact = 0 then
    timeact = 30
    timeset = timeact
315   else timeact = timeset
    end if
    Lcd_Cmd(LCd_Clear)
    Lcd_out(1,3,"Tiempo de coccion")
    Lcd_out(3,6,"minutos")
320   Lcd_out(4,9,"OK?")
    do
    WordToStr(timeset,times)
    Lcd_out(2,7,times)
    delay_ms(100)
325   tecla = Keypad_Read
    delay ms(100)

```

```

    .           if tecla = 2 then
    .               timeset = (timeact + 1)
    .               if timeset >= 60 then timeset = 60
330             end if
    .           end if
    .           if tecla = 11 then
    .               timeset = (timeact - 1)
    .               if timeset <= 1 then timeset = 1
335             end if
    .           end if
    .           timeact = timeset
    .           loop until tecla = 4
    .               Lcd_Cmd(LCd_Clear)
    .               Lcd_out(1,1,"Tiempo de coccion")
340             WordToStr(timeset,times)
    .               Lcd_out(2,3,times)
    .               Lcd_out(3,1,"tiempo correcto")
    .               Lcd_out(4,2,"Presione Ok o No")
345             delay_ms(200)
    .           do
    .               tecla = Keypad_Released
    .               Loop Until (tecla = 4) or (tecla = 5)
    .               if tecla = 4 then a1 = 2
350                 else goto revtimecoc
    .               end if
    .               porta = 0
    .           End sub
    .
355 Sub procedure electvalvhorno
    . 'de igual manera y vajo el mismo proceso e identica finalidad se setea el tiempo
    . 'requerio para el periodo de activacion de la electrovalvula del horno
    . Porta=%011100
    . revelectvalvhorno:
360     if b = 2 then
    .         Lcd_Cmd(LCd_Clear)
    .         Lcd_out(1,1,"Ya se ha Programado")
    .         Lcd_out(2,1,"Tiempo vapor Camara")
    .         Lcd_out(3,1,"No puede programar")
365     Lcd_out(4,1,"Las dos valvulas de")
    .         delay_ms(3500)
    .         Lcd_Out(1,20," ")
    .         Lcd_Out(2,20," ")
    .         For i = 1 to 20
370             Lcd_cmd(LCD_SHIFT_RIGHT)
    .             Lcd_Out(1,20-i," ")
    .             Lcd_Out(2,20-i," ")
    .             lcd_Out(3,i," ")
    .             Lcd_Out(4,i," ")
375             Delay_ms(50)
    .         Next i
    .         Lcd_cmd(LCD_CLEAR)
    .         delay_ms(100)
    .         Lcd_out(1,1,"vapor,desea eliminar")
    .         Lcd_out(2,1,"Tiempo Vapor Camara")
380     Lcd_out(3,1,"Presione OK o NO")
    .         Lcd_out(4,1,"Para realizar accion")
    .         do
    .             tecla = Keypad_Released
385     Loop Until (tecla = 4) or (tecla = 5)
    .         if tecla = 4 then
    .             b = 0
    .             goto finhorno
    .             else goto finhorno
390         end if
    .     End If

```

```

    .   if tacelecvh = 0 then
    .       tacelecvh = 10
    .       taselecvh = tacelecvh
395     .       else tacelecvh = taselecvh
    .   end if
    .   lcd_Cmd(LCd_Clear)
    .   Lcd_out(1,1,"Tiempo vapor horno")
    .   Lcd_out(3,5,"segundos")
400   .   Lcd_out(4,9,"OK?")
    .   do
    .   ByteToStr (taselecvh,tasevh)
    .   Lcd_out(2,5,tasevh)
    .   delay_ms(100)
405   .   tecla = Keypad_Read
    .   delay_ms(100)
    .       if tecla = 2 then
    .           taselecvh = (tacelecvh + 1)
    .           if taselecvh >= 30 then taselecvh = 30
410         .           end if
    .       end if
    .       if tecla = 11 then
    .           taselecvh = (tacelecvh - 1)
    .           if taselecvh <= 2 then taselecvh = 2
415         .           end if
    .       end if
    .       tacelecvh = taselecvh
    .       loop until tecla = 4
    .       Lcd_Cmd(LCd_Clear)
420     .       Lcd_out(1,1,"Tiempo vapor horno")
    .       ByteToStr (taselecvh,tasevh)
    .       Lcd_out(2,5,tasevh)
    .       Lcd_out(3,1,"tiempo correcto")
    .       Lcd_out(4,2,"Presione Ok o No")
425     .       delay_ms(200)
    .       do
    .       tecla = Keypad_Released
    .       Loop Until (tecla = 4) or (tecla = 5)
    .       if tecla = 4 then
430     .           a1 = 3
    .           b = 1
    .
    .           else goto revelectvalvhorno
    .       end if
    .   finhorno:
435   .   porta = 0
    .   End sub
437   .   Sub procedure electvalvcamara
    .   'de igual manera y vajo el mismo proceso e identica finalidad se setea el tiempo
440   'requerido para el periodo de activacion de la electrovalvula del horno
    .   Porta=%011100
    .   revelectvalvcamara:
    .   if b = 1 then
    .   'rutina que nos permite la restriccion en la programacion de las valvulas puesto
445   'que se activara y por ende se puede Programar solo una de las mismas a la vez
    .       Lcd_Cmd(LCd_Clear)
    .       Lcd_out(1,1,"Ya se ha Programado")
    .       Lcd_out(2,1,"Tiempo vapor Horno")
    .       Lcd_out(3,1,"No puede programar")
450     .       Lcd_out(4,1,"Las dos valvulas de")
    .       delay_ms(3500)
    .       Lcd_Out(1,20," ")
    .       Lcd Out(2,20," ")

```



```

.      For i = 1 to 20
455      Lcd_cmd(LCD_SHIFT_RIGHT)
.      Lcd_Out(1,20-i," ")
.      Lcd_Out(2,20-i," ")
.      Lcd_Out(3,i," ")
.      Lcd_Out(4,i," ")
460      Delay_ms(50)
.      Next i
.      Lcd_cmd(LCD_CLEAR)
.      delay_ms(100)
.      Lcd_out(1,1,"vapor,desea eliminar")
465      Lcd_out(2,1,"Tiempo Vapor Horno")
.      Lcd_out(3,1,"Presione OK o NO")
.      Lcd_out(4,1,"Para realizar accion")
.      do
.          tecla = Keypad_Released
470      Loop Until (tecla = 4) or (tecla = 5)
.          if tecla = 4 then
.              b = 0
.              goto fincamara
.          end if goto fincamara
475      End If
.          if taselecvc = 0 then
.              taselecvc = 10
.              taselecvc = taselecvc
.              else taselecvc = taselecvc
480      end if
.          Lcd_Cmd(LCd_Clear)
.          Lcd_out(1,1,"Tiempo vapor camara")
.          Lcd_out(3,5,"segundos")
.          Lcd_out(4,9,"OK?")
485      do
.          ByteToStr (taselecvc,tasevc)
.          Lcd_out(2,5,tasevc)
.          delay_ms(200)
.          tecla = Keypad_Read
490      delay_ms(100)
.          if tecla = 2 then
.              taselecvc = (taselecvc + 1)
.              if taselecvc >= 30 then taselecvc = 30

.          end if
.          end if
495      if tecla = 11 then
.          taselecvc = (taselecvc - 1)
.          if taselecvc <= 2 then taselecvc = 2
.          end if
500      end if
.          taselecvc = taselecvc
.          loop until tecla = 4
.          Lcd_Cmd(LCd_Clear)
.          Lcd_out(1,1,"Tiempo vapor camara")
505      ByteToStr (taselecvc,tasevc)
.          Lcd_out(2,5,tasevc)
.          Lcd_out(3,1,"tiempo correcto")
.          Lcd_out(4,2,"Presione Ok o No")
.          delay_ms(200)

```

```

510         do
        .         tecla = Keypad_Released
        .         Loop Until (tecla = 4) or (tecla = 5)
        .         if tecla = 4 then
        .             a1 = 4
515             b = 2
        .             else goto revelectvalvcamara
        .         end if
        . fincamara:
        . Porta = 0
520 End sub
        .
        . Sub procedure actvapor
        . 'subrutina para la activacion de las electrovalvulas del vapor
        . Porta=%100100
525 revactvapor:
        .     if b= 1 then
        .         'se realiza una comparacion logica para saber cual de las electrovalvulas es la
        .         'que ha sido programada y por ende pueded ser activada, esta seleccion y
        .         'comprobacion nos permite enviar el comando necesario para que sea la EV
530 'requerida la que ese active
        .         Lcd_Cmd(LCd_Clear)
        .         Lcd_out(1,1,"Se Activara Vapor En")
        .         Lcd_out(2,6,"HORNO")
        .         Lcd_out(3,2,"Desea continuar")
535 Lcd_out(4,2,"Presione Ok o No")
        .         delay_ms(100)
        .         do
        .         tecla = Keypad_Released
        .         Loop Until (tecla = 4) or (tecla = 5)
540         if tecla = 4 then
        .         'en este punto se realiza una lectura del tiempo actual, pra conoce el momento
        .         'exacto en que la electrovalvula recibira el comando de activarse y asi poder
        .         'controlar el tiempo que es mntendra activa
        .         Lcd_Cmd(LCd_Clear)
545         Soft_I2C_Config(PORTE, 1, 0)
        .         Soft_I2C_Start
        .         Soft_I2C_Write($D0)
        .         Soft_I2C_Write($0)
        .         Soft_I2C_Start

550         Soft_I2C_Write($D1)
        .         For i = 0 to 5
        .             Reloj[i] = Soft_I2C_Read(1)
        .         Next i
        .         Reloj[6] = Soft_I2C_Read(0)
555         Soft_I2C_Stop
        .         For i = 0 to 6
        .             Reloj[i] = Bcd2Dec(Reloj[i])
        .         Next i
        .         'en este punto se hace una suma entre el momento actual obtenido y el tiempo de
560 'funcionamineto programado para la EV, esto se lo hace con la finalidad de
        .         'conocer la hora o tiempo en que el periodo de activacion debe terminar
        .         Tiempo_ActV = Reloj[2]*3600 + Reloj[1]*60 + Reloj[0] + taselectvh

```

```

do
    Lcd_out(2,3,"VAPOR EN HORNO")
565 Lcd_out(3,7,"ACTIVO")
    Vaporhorno = 1
    Soft_I2C_Config(PORTE, 1, 0)
    Soft_I2C_Start
    Soft_I2C_Write($D0)
570 Soft_I2C_Write($0)
    Soft_I2C_Start
    Soft_I2C_Write($D1)
    For i = 0 to 5
        Reloj[i] = Soft_I2C_Read(1)
575 Next i
    Reloj[6] = Soft_I2C_Read(0)
    Soft_I2C_Stop
    For i = 0 to 6
        Reloj[i] = Bcd2Dec(Reloj[i])
580 Next i
    'en este punto lo que se hace es tesar el tiempo obtenido, que es el actual, cor
    'el tiempo que que deberia terminarse el proceso
    'de activacion e ingreso de vapor
    Tiempo_AntV = Tiempo_ActV -(Reloj[2]*3600 + Reloj[1]*60 + Reloj[0])
585 if puertas = 0 then
    actmotor = 0
    Alarm = 0
    Vaporhorno = 0
    Vaporcam = 0
590 LuzInt = 0
    ControlLed = 0
    calentador = 0
    ledon_off_turb = 0
    Lcd_Cmd(LCd_Clear)
595 do
    Lcd_out(1,1,"Se Ha Abierto")
    Lcd_out(2,1,"la Puerta, Proceso")
    Lcd_out(3,2,"SUSPENDIDO")
    loop until puertas = 1
600 ledon_off_turb = 1
    Lcd_Cmd(LCd_Clear)
    end if

    loop until Tiempo_AntV <= 0
    Vaporhorno = 0

605 end if
end if
if b = 2 then
    lcd_Cmd(LCd_Clear)
    Lcd_out(1,1,"Se Activara Vapor En")
610 Lcd_out(2,5,"CAMARA")
    Lcd_out(3,2,"Desea continuar")
    Lcd_out(4,2,"Presione Ok o No")
    delay_ms(100)
do
615 tecla = Keypad_Released
Loop Until (tecla = 4) or (tecla = 5)
    if tecla = 4 then
        Lcd_Cmd(LCd_Clear)
        Soft_I2C_Config(PORTE, 1, 0)
620 Soft_I2C_Start
        Soft_I2C_Write($D0)
        Soft_I2C_Write($0)
        Soft_I2C_Start
        Soft_I2C_Write($D1)

```

```

625     For i = 0 to 5
        .         Reloj[i] = Soft_I2C_Read(1)
        .     Next i
        .     Reloj[6] = Soft_I2C_Read(0)
        .     Soft_I2C_Stop
630     For i = 0 to 6
        .         Reloj[i] = Bcd2Dec(Reloj[i])
        .     Next i
        .     Tiempo_ActV = Reloj[2]*3600 + Reloj[1]*60 + Reloj[0] + taselecv
        .     do
635         Lcd_out(2,2,"VAPOR EN CAMARA")
        .         Lcd_out(3,7,"ACTIVO")
        .         vaporcam = 1
        .         Soft_I2C_Config(PORTE, 1, 0)
        .         Soft_I2C_Start
640         Soft_I2C_Write($D0)
        .         Soft_I2C_Write($0)
        .         Soft_I2C_Start
        .         Soft_I2C_Write($D1)
        .         For i = 0 to 5
645             Reloj[i] = Soft_I2C_Read(1)
        .         Next i
        .         Reloj[6] = Soft_I2C_Read(0)
        .         Soft_I2C_Stop
        .         For i = 0 to 6
650             Reloj[i] = Bcd2Dec(Reloj[i])
        .         Next i
        .         Tiempo_AntV = Tiempo_ActV - (Reloj[2]*3600 + Reloj[1]*60 + Reloj[0])
        .         if puertas = 0 then
        .             actmotor = 0
655             Alarm = 0
        .             Vaporhorno = 0
        .             Vaporcam = 0
        .             LuzInt = 0
        .             Controlled = 0
660             calentador = 0
        .             ledon_off_turb = 0
        .             Lcd_Cmd(LCd_Clear)
        .         do
        .             Lcd_out(1,1,"Se Ha Abierto")

665             Lcd_out(2,1,"la Puerta, Proceso")
        .             Lcd_out(3,2,"SUSPENDIDO")
        .             loop until puertas = 1
        .             ledon_off_turb = 1
        .             Lcd_Cmd(LCd_Clear)
670             end if
        .             loop until Tiempo_AntV <= 0
        .             vaporcam = 0
        .             else goto novapor
        .         end if
675     end If
        . Novapor:
        . Lcd_Cmd(LCd_Clear)
        . porta = 0
        . End sub
680 sub procedure vervalores
        . 'subrutina, que permite al usuario observar los valores con los que el proceso
        . 'de coccion se regira, además de ser una visualizacion de los valores
        . 'anteriormente seteados, permite un confirmacion de los datos o en su defecto la
        . 'oportunidad de una reconfiguracion antes que sea muy tarde o que el proceso ya
685 'este en marcha

```

```

•   if a1 = 0 then
•       Lcd_Cmd(LCd_Clear)
•       Lcd_out(1,5,"No Hay Valores")
•       Lcd_out(2,7,"PROGRAMADOS")
690   Lcd_out(3,1,"Programa Primero Pres")
•       Lcd_out(4,1,"OK para continuar")
•       delay_ms(100)
•       do
•           tecla = Keypad_Released
695   Loop Until tecla = 4
•       tecla = 5
•   else
•       if tempset = 0 then tempset = 180.0
•       end if
700   if timeset = 0 then timeset = 30
•       end IF
•       do
•           Lcd_Cmd(LCd_Clear)
•           Lcd_out(1,5,"Los Valores")
705   Lcd_out(2,3,"Programados Son")
•           Lcd_out(3,5,"Temp. Cocc.")
•           floattostr (tempset,temps)
•           Lcd_out(4,4,temps)
•           delay_ms(3000)
710   Lcd_Out(1,20," ")
•           Lcd_Out(2,20," ")
•           For i = 1 to 20
•               Lcd_cmd(LCD_SHIFT_RIGHT)
•               Lcd_Out(1,20-i," ")
715   Lcd_Out(2,20-i," ")
•               lcd_Out(3,i," ")
•               Lcd_Out(4,i," ")
•               Delay_ms(50)
•           Next i
720   Lcd_cmd(LCD_CLEAR)
•           delay_ms(100)
•           Lcd_out(1,4,"Tiempo Cocc.")
•           WordToStr(timeset, times)
•           Lcd_out(2,5, times)
725   if b = 0 then

•           Lcd_out(3,2,"Tiempo de Vapor")
•           LCD_out(4,2,"No Programado")
•       else
•           if b= 1 then
730   if taselecvh = 0 then taselecvh = 10
•           end if
•           Lcd_out(3,1,"Tiempo Vapor Horno")
•           ByteToStr (taselecvh,tasevh)
•           Lcd_out(4,5,tasevh)
735   else
•           if taselecvc = 0 then taselecvc = 10
•           end if
•           Lcd_out(3,1,"Tiempo Vapor Camara")
•           ByteToStr (taselecvc,tasevc)
740   Lcd_out(4,5,tasevc)
•       End If
•   end if
•   delay_ms(3000)
•   Lcd_Out(1,19," ")
745   Lcd Out(2,19," ")

```

```

•      For i = 1 to 19
•          Lcd_cmd(LCD_SHIFT_RIGHT)
•          Lcd_Out(1,19-i," ")
•          Lcd_Out(2,19-i," ")
750      Lcd_Out(3,i," ")
•          Lcd_Out(4,i," ")
•          Delay_ms(50)
•      Next i
•      Lcd_cmd(LCD_CLEAR)
755      delay_ms(100)
•      Lcd_out(2,5,"Desea Continuar")
•      Lcd_out(3,4,"Presione Ok o No")
•      do
•          tecla = Keypad_Released
760      loop until tecla<>0
•      confirmado:
•          Loop Until (tecla = 4) or (tecla = 5)
•      end if
•      End sub

```

FIN DE LAS SUBRUTINAS

```

760 main:
  • 'programa principal como tal, desde el cual se llamara a las subrutinas de ser
  • 'necesario y desde donde cominza el proceso de
  • 'programacion y control del sistema
  • Reloj[0] = 0
765 Reloj[1] = 0
  • Reloj[2] = 0
  • Reloj[3] = 2 'INICIALIZO DIAS DE LA SEMANA
  • Reloj[4] = 3 'INICIALIZO DIAS DEL MES
  • Reloj[5] = 4 'INICIALIZO MES
770 Reloj[6] = 8 'INICIALIZO AÑO
  • Inicializar
  • 'punto en donde se puede hacer la configuracion de fecha y hora para el sistema
  • 'esta pantalla solo aparecera si en sistema es
  • 'alimentado por primera vez, es por esto que aparecera al momento de instalar e
775 'equipo y conectarlo a la energia lectricea
  • 'por primera vez o en su defecto cada vez que el equipo sea desconecto por
  • 'completo y vuleto a conectar.
  • 'es importante indicar que si el sistema no es desconectado de la alimentacio
  • 'principal la hora y fecha se mantendran actualizadas
780 'automaicamente, gracias al proceso propio del dsi307 y la comunicacion exitent
  • ' entre este dispositivo y el microprocesador
  •
  • Lcd_Cmd(LCd_Clear)
  • Lcd_out(1,1,"Primera Vez Encendido")
785 Lcd_out(2,1,"El Equipo,necesita")
  • Lcd_out(3,1,"igualar el Reloj a")
  • Lcd_out(4,1,"horayfecha actual")
  • Delay_ms(500)
  •
790 Lcd_Cmd(LCd_Clear)
  • Lcd_out(1,1,"Dias de la Semana")
  • Lcd_out(2,1,"Ejemplo: 2=Lunes")
  • Lcd_out(3,1,"6=Viernes 1=Domingo")
  • Lcd_out(4,1,"DIA(Fecha) Ejem: 12")
795 Delay_ms(500)
  •
797 igualandohorafecha:
  •
  • Lcd_Cmd(LCd_Clear)
800 Lcd_out(1,2,"DIAS DE LA SEMANA")
  • Lcd_out(4,9,"OK?")
802 do 'almacena LA INICIALIZACION DE DIAS DE LA SEMANA COMO txt DEFINIDA
  • bytetostr(reloj[3],txt)
  • Lcd_out(3,8,txt)
805 delay_ms(200)
  • tecla = Keypad_Read
  • delay_ms(100)
  • if tecla = 2 then 'SUBE
  • reloj[3] = (reloj[3] + 1)
810 if reloj[3] > 7 then reloj[3] = 1
  • end if
  • end if
  • if tecla = 11 then 'BAJA
  • reloj[3] = (reloj[3] - 1)
815 if reloj[3] < 1 then reloj[3] = 7
  • end if
  • end if
  • loop until tecla = 4 'HACER BUCLE HASTA PRESIONAR OK
  •
820 Lcd_Cmd(LCd_Clear)
  • Lcd_out(1,5,"DIA (Fecha)")
  • Lcd_out(4,9,"OK?")

```

```

do
bytetostr(reloj[4],txt)
825 Lcd_out(3,8,txt)
delay_ms(200)
tecla = Keypad_Read
delay_ms(100)
if tecla = 2 then
830 reloj[4] = (reloj[4] + 1)
if reloj[4] > 31 then reloj[4] = 1
end if
end if
if tecla = 11 then
835 reloj[4] = (reloj[4] - 1)
if reloj[4] < 1 then reloj[4] = 31
end if
end if
loop until tecla = 4
840
Lcd_Cmd(LCd_Clear)
Lcd_out(1,9,"MES")
Lcd_out(4,9,"OK?")
do
845 bytetostr(reloj[5],txt)
Lcd_out(3,8,txt)
delay_ms(200)
tecla = Keypad_Read
delay_ms(100)
850 if tecla = 2 then
reloj[5] = (reloj[5] + 1)
if reloj[5] > 12 then reloj[5] = 1
end if
end if
if tecla = 11 then
855 reloj[5] = (reloj[5] - 1)
if reloj[5] < 1 then reloj[5] = 12
end if
end if
860 loop until tecla = 4
Lcd_Cmd(LCd_Clear)

Lcd_out(1,8,"ANIO")
Lcd_out(4,9,"OK?")
865 Lcd_out(3,5,"200")
do
bytetostr(reloj[6],txt)
Lcd_out(3,8,txt)
delay_ms(200)
870 tecla = Keypad_Read
delay_ms(100)
if tecla = 2 then
reloj[6] = (reloj[6] + 1)
if reloj[6] > 100 then reloj[6] = 1
875 end if
end if
if tecla = 11 then
reloj[6] = (reloj[6] - 1)
if reloj[6] < 1 then reloj[6] = 99
880 end if
end if
loop until tecla = 4

```



```

• Lcd_Cmd(LCd_Clear)
885 Lcd_out(1,8,"HORAS")
• LCD_out(2,2,"24 Horas")
• Lcd_out(4,9,"OK?")
• do
• bytetostr(reloj[2],txt)
890 Lcd_out(3,8,txt)
• delay_ms(200)
• tecla = Keypad_Read
• delay_ms(100)
• if tecla = 2 then
895     reloj[2] = (reloj[2] + 1)
•         if reloj[2] > 24 then reloj[2] = 0
•         end if
•     end if
•     if tecla = 11 then
900         reloj[2] = (reloj[2] - 1)
•         if reloj[2] = 255 then reloj[2] = 24
•         end if
•     end if
• loop until tecla = 4
905
• Lcd_Cmd(LCd_Clear)
• Lcd_out(1,8,"MINUTOS")
• Lcd_out(4,9,"OK?")
• do
910 bytetostr(reloj[1],txt)
• Lcd_out(3,8,txt)
• delay_ms(200)
• tecla = Keypad_Read
• delay_ms(100)
915     if tecla = 2 then
•         reloj[1] = (reloj[1] + 1)
•         if reloj[1] > 60 then reloj[1] = 0
•         end if
•     end if
920     if tecla = 11 then
•         reloj[1] = (reloj[1] - 1)
•         if reloj[1] = 255 then reloj[1] = 60
•         end if
•     end if
925     loop until tecla = 4 'TERMINA INTRODUCCION DE DATOS DE FECHA Y HORAS
• Lcd_Cmd(LCd_Clear)
• Igualar_Reloj
• leer_Reloj
• Mostrar_Reloj
930 Lcd_out(3,1,"La Fecha y Hora Es")
• Lcd_out(4,1,"Es Corecto?,OK o NO")
• 'confirmacion y finalizacion del proceso de programacio e igulacion de hora y f
• do
•     tecla = Keypad_Released
935 Loop Until (tecla = 4) or (tecla = 5)
•     if tecla = 5 then goto igualandohorafecha
•     end if
• limpiar
• QueAlarm:
940 alarmstatus = 0
• ledon_off_turb = 0
• continuar:
• while true
• Lcd_Cmd(LCd_Clear)

```

```

945 'ingreso al menu o pantalla principal
    . do
    . leer_Reloj
    . Mostrar_Reloj
    . Max6675
950 Mostrar_Temperatura
    . tecla = keypad_read
    . delay_ms(300)
    . if tecla = 9 then
    . 'en caso de ser activadala tecla 9 que es la pertenciente a activar luz,
955 'se encendera tanto el led indicador en el panel de
    . 'control asi como se enviara el comando para que el rele o contactor sea
    . 'activado para que la bombilla al interior se encienda
    . 'el estado de prendido o apagado de estos elemetos dependere si se ha precionad
    . ' el boton una o dos veces, sea esto
960 'de una manera casi inmediata o en unlargo periodo de tiempo
    . portc = portc xor 128 '¿
    . if portc.7 = 1 then
    . Porta=%0110100
    . else porta = 0
965 end if
    . end if
    . if tecla = 10 then
    . portc = portc xor 1
    . if portc.0 = 1 then
970 'en caso de ser activadala tecla 10 que es la perteneciente a activar rotor, se
    . 'encendera tanto el led indicador en el panel de
    . 'control asi como se enviara el comando para que el rele o contactor sea
    . 'activado para el motor del rotor el estado de prendido o apagado de estos
    . 'elemetos dependere si se ha precionado el boton una o dos veces, sea esto
975 'de una manera casi inmediata o en unlargo periodo de tiempo
    . Porta=%0101100
    . else porta = 0
    . end if
    . end if
980 if (tecla <> 9) and (tecla <> 10) then goto entro
    . end if
    . entro:
    . 'punto de espera para saber que boton de programacion ha sido precionado y
    . 'desplegar la subrutina e interfaz pertinente
985 'para el proceso de programacion o en su defecto si se ha precionado ON"comenzar
    . 'con el proceso de coccion", desplegar visualizacion de los valores previamente
    . 'progamado y comenzar con el proceso de coccion
    . Loop Until (tecla = 6) or (tecla = 7) or (tecla = 1) '6 prog 7 prog vapor 1 0
    . if tecla = 6 then
990 i = 0

```

```

• programando:
•   delay_ms(70)
•   tecla = Keypad_Read
•   if tecla = 0 then 'c
995     delay_ms(10)
•     i = i + 1
•     if i >= 25 then 'c
•       tempcoc
•     else
1000     goto programando
•   end if
•   else
•   if tecla = 6 then timecoc
•   else
1005     Lcd_Cmd(LCd_Clear)
•     Lcd_out(1,1,"Tecla incorrecta")
•     Lcd_out(2,2,"Volvera al Menu")
•     Lcd_out(3,5,"Principal")
•     delay_ms(2500)
1010     goto continuar
•   end if
•   end if
•   goto continuar
•   else
1015     if tecla = 7 then
•   programandovap:
•     delay_ms(70)
•     tecla = Keypad_Read
•     if tecla = 0 then
1020     delay_ms(10)
•     i = i + 1
•     if i >= 25 then
•     electvalvhorno
•     else
1025     goto programandovap
•     end if
•     else
•     if tecla = 7 then electvalvcamara
•     else
1030     Lcd_Cmd(LCd_Clear)

•     Lcd_out(1,1,"Tecla incorrecta")
•     Lcd_out(2,2,"Volvera al Menu")
•     Lcd_out(3,5,"Principal")
•     delay_ms(2500)
1035     goto continuar
•     end if
•     end if
•     else
•     vervalores
1040     if tecla = 4 then
•     goto hon
•     else goto continuar
•     end if
•     end if
1045     goto continuar
•   end if
•   j = 0
•

```

```

do
delay_ms(70)
1050 tecla = Keypad_Read
if tecla = 5 then
if a1 = 1 then
tempcoc
j= 0
1055 if a1 = 2 then
timecoc
j= 0
if a1 = 3 then
electvalvhorno
1060 j = 0
if a1 = 4 then
electvalvcamara
j = 0
end if
end if
1065 end if
end if
End If
j = j + 1
1070 delay_ms(20)
loop until j =80
vervalores
if tecla = 4 then
goto hon
1075 else goto continuar
end if
hon:
Lcd_Cmd(LCd_Clear)
Lcd_out(1,1,"Presione la Tecla")
1080 Lcd_out(2,9,"ON")
Lcd_out(3,1,"Para Comenzar Con")
Lcd_out(4,1,"Proceso de Coccion")
do
tecla = Keypad_Released
1085 loop until tecla = 1
ledon_off_turb = 1
Rev_encender

encendido = 1
coccionn:
1090 LEDON_OFF_TURB = 1
if encendido = 1 then
i = 0
j = 0
Rev_encender
tecla = Keypad_Read
1095 if tecla = 1 then
Encendido = 2
goto detener
end if
1100 Lcd_Cmd(LCd_Clear)

```

```

• revisando:
• 'periodo de preparacion del horno, alcanzar los valores de Temperatura necesario
• 'y programados, para que pueda ingrasar el pan y dar paso al proceso de coccion
• ' , considerando com limite el tiempo pre-programado
1105     LEDON_OFF_TURB = 1
•         do
•             Max6675
•             if Temperatura > (tempset + 1) then
•                 a2 = 1
1110             end if
•             if Temperatura < (tempset - 1) then
•                 calentador = 1
•                 a2 = 0
•             end if
1115             if puertas = 0 then
•                 actmotor = 0
•                 Alarm = 0
•                 Vaporhorno = 0
•                 Vaporcam = 0
1120                 LuzInt = 0
•                 ControlLed = 0
•                 calentador = 0
•                 ledon_off_turb = 0
•                 Lcd_Cmd(LCd_Clear)
1125             do
•                 Lcd_out(1,1,"Se Ha Abierto")
•                 Lcd_out(2,1,"la Puerta, Proceso")
•                 Lcd_out(3,2,"SUSPENDIDO")
•                 loop until puertas = 1
1130             LedOn_off_turb = 1
•             Lcd_Cmd(LCd_Clear)
•             end if
•             tecla = Keypad_Read
•             if tecla = 1 then
1135                 Encendido = 2
•                 goto detener
•             end if
•             leer_Relej
•             Mostrar_Relej
1140             Mostrar_Temperatura
•             delay_ms(100)
•             loop until a2 = 1
•             calentador = 0
• 'horno listo, y esperando que sea apagada la alarma para continuar con el proces
1145             if alarmstatus = 0 then
•                 porta = %111100
•                 do
•                 actMotor = 1
•                 loop until vineta = 1
1150                 actmotor = 0
•                 ledon_off_turb = 0
•                 alarm = 1
•                 tecla = Keypad_Read
•                 if tecla = 1 then
1155                     Encendido = 2
•                     goto detener
•                 end if
•                 alarmstatus = 1
•                 do
1160                 tecla = Keypad_Released
•                 loop until tecla = 3
•                 delay_ms(300)
•                 tecla = Keypad_Read
•                 delay ms(100)

```

```

1165         if tecla = 1 then
        .             Encendido = 2
        .             goto detener
        .         end if
        .         actmotor = 0
1170         porta = 0
        .         alarm = 0
        .         alarmstatus = 1
        .         Lcd_Cmd(LCd_Clear)
        .         Lcd_out(1,6,"Horno Listo")
1175         Lcd_out(2,2,"Ingrese El Pan")
        .         Lcd_out(3,2,"Presione OK Para")
        .         Lcd_out(4,6,"Continuar")
        .         do
        .             tecla = Keypad_Released
1180         if tecla = 1 then
        .             Encendido = 2
        .             goto detener
        .         end if
        .         loop until tecla = 4
1185 cerrar:
        .             delay_ms(400)
        .             tecla = Keypad_Read
        .             if tecla = 1 then
        .                 Encendido = 2
1190                 goto detener
        .             end if
        .             if (puertas = 1) then
        .                 leer_Relej
        .                 Tiempo_Act = Relej[2]*60 + Relej[1] + timeset
1195             else
        .                 Lcd_Cmd(LCd_Clear)
        .                 Lcd_out(1,1,"Debe cerrar Puerta")
        .                 delay_ms(1000)
        .                 goto cerrar
1200             end if
        .             ledon_off_turb = 1
        .             Lcd_Cmd(LCd_Clear)
        .         end if
        .         leer_Relej

1205         Tiempo_Ant = Tiempo_Act -(Relej[2]*60 + Relej[1])
        .         if Tiempo_Ant > 0 then
        .             leer_Relej
        .             Mostrar_Relej
        .             Max6675
1210             Mostrar_Temperatura
        .             Lcd_out(4,1,"Restan")
        .             Lcd_out(4,12,"Minutos")
        .             WordToStr(Tiempo_Ant,txtt)
        .             Lcd_out(4,7,txtt)
1215         tecla = Keypad_Released
        .         delay_ms(100)
        .         'revisión del teclado, para conocer si ha sido requerida la activación de una de
        .         ' las electroválvulas
        .         if tecla = 8 then
1220 'revisión de cual de las electroválvulas fue programada y así aplicar la orden de
        .         'control adecuada, caso contrario de no haber sido programada ninguna válvula se
        .         'puede dar una última oportunidad de programar las electroválvulas

```

```

.           if b = 0 then
.           tecla = Keypad_Read
1225          if (tecla = 1) then
.           Encendido = 2
.           goto detener
.           end if
.           if puertas = 0 then
1230          actmotor = 0
.           Alarm = 0
.           Vaporhorno = 0
.           Vaporcam = 0
.           LuzInt = 0
1235          ControlLed = 0
.           calentador = 0
.           ledon_off_turb = 0
.           Lcd_Cmd(LCd_Clear)
.           do
1240          Lcd_out(1,1,"Se Ha Abierto")
.           Lcd_out(2,1,"la Puerta, Proceso")
.           Lcd_out(3,2,"SUSPENDIDO")
.           loop until puertas = 1
.           Lcd_Cmd(LCd_Clear)
1245          end if
.           Lcd_out(1,1,"No se ha configurado")
.           Lcd_out(2,1,"El Tiempo de Vapor")
.           Lcd_out(3,2,"Desea configurar")
.           Lcd_out(4,2,"Presione Ok o No")
1250          delay_ms(200)
.           do
.           tecla = Keypad_Released
.           loop until (tecla = 4) or (tecla = 5)
.           if tecla = 4 then
1255          programarvapor:
.           tecla = Keypad_Read
.           if tecla = 1 then
.           Encendido = 2
.           goto detener
1260          end if
.           if puertas = 0 then
.           Lcd_Cmd(LCd_Clear)

.           actmotor = 0
.           Alarm = 0
1265          Vaporhorno = 0
.           Vaporcam = 0
.           LuzInt = 0
.           ControlLed = 0
.           calentador = 0
1270          LEDON_OFF_TURB = 0
.           do
.           Lcd_out(1,1,"Se Ha Abierto")
.           Lcd_out(2,1,"la Puerta, Proceso")
.           Lcd_out(3,2,"SUSPENDIDO")
1275          loop until puertas = 1
.           end if
.           Lcd_Cmd(LCd_Clear)
.           Lcd_out(1,3,"Debe Presionar")
.           Lcd_out(2,3,"Programar Vapor")
1280          Lcd_out(3,1,"Una vez Para Vapor")
.           Lcd_out(4,2,"en el HORNO")
.           delay_ms(2500)
.           Lcd_Out(1,20," ")
.           Lcd_Out(2,20," ")

```

```

1285     For i = 1 to 20
        .       Lcd_cmd(LCD_SHIFT_RIGHT)
        .       Lcd_Out(1,20-i," ")
        .       Lcd_Out(2,20-i," ")
        .       Lcd_Out(3,i," ")
1290     .       Lcd_Out(4,i," ")
        .       Delay_ms(50)
        .       Next i
        .       Lcd_cmd(LCD_CLEAR)
        .       Lcd_out(2,1,"Dos veces Para Vapor")
1295     .       Lcd_out(3,2,"en la CAMARA")
        .       do
        .       tecla = keypad_released
        .       loop until tecla = 7
        .       programandovapx:
1300     .       delay_ms(70)
        .       tecla = Keypad_Read
        .       if tecla = 0 then
        .           tecla = Keypad_Read
        .           if tecla = 1 then
1305     .               Encendido = 2
        .               goto detener
        .               end if
        .           if puertas = 0 then
        .               actmotor = 0
1310     .               Alarm = 0
        .               Vaporhorno = 0
        .               Vaporcam = 0
        .               LuzInt = 0
        .               ControlLed = 0
1315     .               calentador = 0
        .               LEDON_OFF_TURB = 0
        .               Lcd_Cmd(LCd_Clear)
        .               do
        .                   Lcd_out(1,1,"Se Ha Abierto")
1320     .                   Lcd_out(2,1,"la Puerta, Proceso")
        .                   Lcd_out(3,2,"SUSPENDIDO")
        .                   loop until puertas = 1
        .                   LedOn_off_turb = 1
        .                   Lcd_Cmd(LCd_Clear)
        .               end if
        .               delay_ms(10)
        .               i = i + 1
        .               if i >= 25 then
        .                   electvalvhorno
1330     .                   else
        .                       goto programandovapx
        .                   end if
        .               else
        .                   electvalvcamara
1335     .                   tecla = Keypad_Read
        .                   if tecla = 1 then
        .                       Encendido = 2
        .                       goto detener
        .                       end if
1340     .                   if puertas = 0 then
        .                       do
        .                           actmotor = 0
        .                           Alarm = 0
        .                           Vaporhorno = 0
1345     .                           Vaporcam = 0

```



```

.           LuzInt = 0
.           ControlLed = 0
.           calentador = 0
.           Lcd_Cmd(LCd_Clear)
1350          Lcd_out(1,1,"Se Ha Abierto")
.           Lcd_out(2,1,"la Puerta, Proceso")
.           Lcd_out(3,2,"SUSPENDIDO")
.           loop until puertas = 1
.           Lcd_Cmd(LCd_Clear)
1355          end if
.           end if
.           else
.           Lcd_Cmd(LCd_Clear)
.           goto sinvapor
1360          End if
.           Lcd_Cmd(LCd_Clear)
.           End if
.           actvapor
.           end if
1365 sinvapor:
.           leer_Reloj
.           Mostrar_Reloj
.           Max6675
.           Mostrar_Temperatura
1370          if tecla = 9 then
.           portc = portc xor 128
.           if portc.7 = 1 then
.           Porta=%0110100
.           else porta = 0
1375          end if
.           end if
.           if tecla = 10 then
.           portc = portc xor 1
.           if portc.0 = 1 then
1380          Porta=%0101100
.           else porta = 0
.           end if
.           end if
.           if tecla = 1 then
1385          Encendido = 2
.
.           goto detener
.           end if
.           if puertas = 0 then
.           actmotor = 0
1390          Alarm = 0
.           Vaporhorno = 0
.           Vaporcam = 0
.           LuzInt = 0
.           ControlLed = 0
1395          calentador = 0
.           LEDON_OFF_TURB = 0
.           Lcd_Cmd(LCd_Clear)
.           do
.           Lcd_out(1,1,"Se Ha Abierto")
1400          Lcd_out(2,1,"la Puerta, Proceso")
.           Lcd_out(3,2,"SUSPENDIDO")
.           loop until puertas = 1
.           Lcd_Cmd(LCd_Clear)
.           end if
1405          goto revisando
.           end if

```

```

1410      if alarmstatus = 1 then
1415          porta = 0
          Vaporhorno = 0
          Vaporcam = 0
          calentador = 0
          do
          actMotor = 1
          loop until vineta = 1
1415          actmotor = 0
          do
          porta = %111100
          alarm = 1 'ojo aqui puede ir otro codigo para otra alarma
          tecla = Keypad_Released
1420          delay_ms(200)
          loop until tecla = 3
          alarm = 0
          alarmstatus = 0
          luzint = 1
1425          Lcd_Cmd(LCd_Clear)
          Lcd_out(1,6,"Pan Listo")
          Lcd_out(2,2,"Retire El Pan")
          Lcd_out(3,2,"Presione OK Para")
          Lcd_out(4,6,"Terminar")
1430          do
          tecla = Keypad_Released
          loop until tecla = 4
          Encendido = 2
          end if
1435      else
      detener:
          if encendido = 2 then
          tecla = 0
          porta = 0
1440          ControlLed = 0
          calentador = 0
          do
          actMotor = 1
          loop until vineta = 1
1445          actmotor = 0
          Alarm = 0
          Vaporhorno = 0
          Vaporcam = 0
          LuzInt = 0
1450          LedOn_off_turb = 0
          tecla = 0
          alarmstatus = 0
          Encendido = 0
          delay_ms(300)
1455          goto continuar
          end if
          end if
          goto coccionn
      wend
1460 end.

```

B3. GUIA TERMOGRAFÍA

GUIA BASICA A LA TERMOGRAFIA CON CAMARAS TERMICAS

Termografía

La termografía es un método de inspección de equipos eléctricos y mecánicos mediante la obtención de imágenes de su distribución de temperatura. Este método de inspección se basa en que la mayoría de los componentes de un sistema muestran un incremento de temperatura en mal funcionamiento. El incremento de temperatura en un circuito eléctrico podría deberse a una mala conexión o problemas con un rodamiento en caso de equipos mecánicos. Observando el comportamiento térmico de los componentes pueden detectarse defectos y evaluar su seriedad.



Fig 1. Imagen térmica de un conector eléctrico

La herramienta de inspección utilizada por los termógrafos es una cámara térmica. Son equipos sofisticados que miden la emisión natural de radiación infrarroja procedente de un objeto y generan una imagen térmica. Las cámaras de termografía modernas son portátiles y de fácil manejo. Al no necesitar contacto físico con el sistema, las inspecciones pueden realizarse a pleno funcionamiento sin pérdida o reducción de productividad.

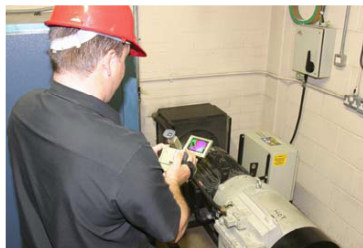


Fig 2. Inspección de un equipo mecánico utilizando una cámara de termografía

Las cámaras de termografías de Land son equipos diseñados para monitorización en planta, mantenimiento preventivo y monitorización de procesos industriales.

Sus aplicaciones potenciales incluyen:

- Inspección de equipos eléctricos
- Inspección de equipos mecánicos
- Inspección de estructuras de material refractario
- Monitorización de procesos, etc

Medida de Temperatura utilizando Métodos Infrarrojos

Cuando se utilizan cámaras térmicas es importante tener conocimientos básicos de teoría infrarroja.

Física Básica

Cualquier objeto emite energía electromagnética. La cantidad de energía está relacionada con la temperatura del objeto. La cámara de termografía puede determinar la temperatura sin contacto físico con el objeto midiendo la energía emitida.

Espectro Electromagnético

La energía procedente de un objeto caliente se emite a distintos niveles en el espectro electromagnético. En la mayoría de las aplicaciones industriales se utiliza la energía radiada en el espectro infrarrojo para medir la temperatura del objeto. La figura 3 muestra los diferentes espectros electromagnéticos donde se emite energía incluyendo Rayos X, Ultra Violeta, Infrarrojo y Radio. Se emite en forma de onda y viaja a la velocidad de la luz. La única diferencia entre ellas es su longitud de onda que está relacionada con la frecuencia.

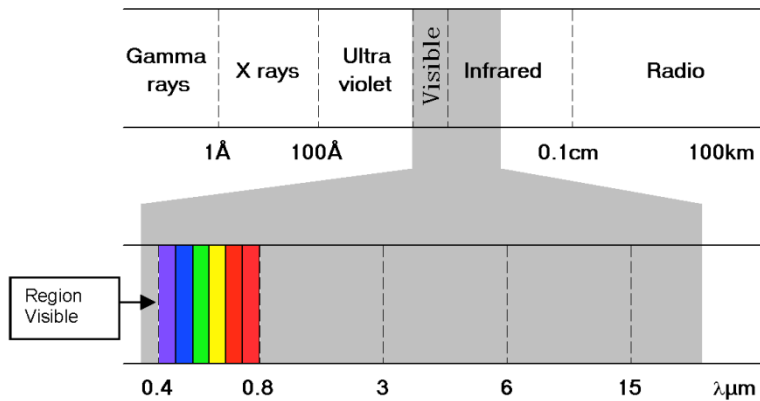


Fig 3. La región Infrarroja del espectro electromagnético

El ojo humano responde a la luz visible en el rango de 0.4 a 0.75 micras. La gran mayoría de la medida de temperatura infrarroja se realiza en el rango de 0.2 a 20 micras. Aunque las emisiones no pueden detectarse por una cámara normal, la cámara térmica puede enfocar esta energía a través de un sistema óptico hacia el detector de forma similar a la luz visible. El detector convierte la energía infrarroja en tensión eléctrica, que después de amplificarse y de un complejo procesamiento de la señal, se utiliza para construir una imagen térmica en el visor del operador montado en la cámara de termografía.

Distribución de Energía

La figura 4 muestra la energía emitida por un objeto a diferentes temperaturas. Como puede observarse a mayor temperatura mayor es el pico de energía. La longitud de onda a la que ocurre el pico de energía se vuelve progresivamente más corta a medida que se incrementa la temperatura. A bajas temperaturas el pico de energía se produce en longitud de onda larga.

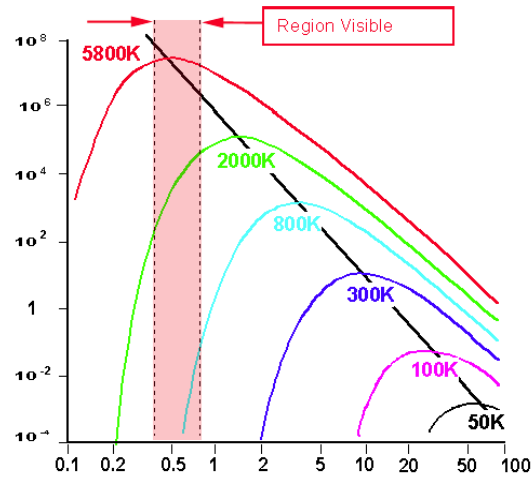


Fig 4. Energía Infrarroja y Distribución en el espectro electromagnético

Emisividad

La cantidad de energía radiada por un objeto depende de su temperatura y de su emisividad. Un objeto que emite el máximo posible de energía para su temperatura se conoce como Cuerpo Negro. En la práctica no hay emisores perfectos y las superficies suelen emitir menos energía que un Cuerpo Negro.

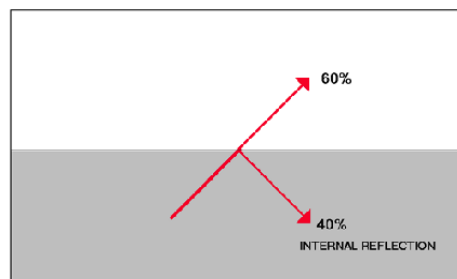


Fig 5. La energía Infrarroja reflejada en una superficie

La figura 5 muestra porque los objetos no son emisores perfectos de energía infrarroja. La energía se mueve hacia la superficie pero cierta cantidad se refleja hacia el interior y nunca sale. En este ejemplo se observa que sólo se emite el 60% de la energía disponible. La emisividad de un objeto es el cociente entre la energía emitida respecto de la emitida si fuera un Cuerpo Negro.

Así la emisividad se expresa como:

$$\text{Emisividad} = \frac{\text{Radiación emitida por un objeto a temperatura T}}{\text{Radiación emitida por un Cuerpo Negro a temperatura T}}$$

La Emisividad es por lo tanto una expresión de la capacidad de un objeto a emitir energía infrarroja.

Valores de Emisividad

Los valores de emisividad varían de un material a otro. Los metales con una superficie áspera u oxidada tienen una mayor emisividad que una superficie pulida.

A continuación se detallan algunos ejemplos:

Material	Emisividad
Acero brillante	0.18
Acero oxidado	0.85
Latón brillante	0.10
Latón oxidado	0.61
Aluminio brillante	0.05
Aluminio oxidado	0.30
Cemento	0.90
Asfalto	0.90
Ladrillo Rojo	0.93
Grafito	0.85
Cloth	0.85

Fig.6 Valores de Emisividad

Se demuestra que hay relación entre emisividad y reflectividad.

Para un objeto opaco esto significa **Emisividad + Reflectividad = 1.0**

Así mismo un material altamente reflectante es un pobre emisor de energía infrarroja y por lo tanto tiene un valor de emisividad bajo.

Efectos de la Emisividad

Si un material de alta emisividad y otro de baja emisividad se colocaran juntos en el interior de un horno y se calentaran exactamente a la misma temperatura, el material de baja emisividad aparecería al ojo mucho más tenue. Esto es debido a la diferencia de emisividades de los materiales, provocando radiaciones a distintos niveles, haciendo que el material de baja emisividad parezca más frío que el de alta emisividad, aunque ambos estén a la misma temperatura. La cámara de termografía lo vería igual que el ojo humano y produce un error en la medida de temperatura. La temperatura de un objeto no puede determinarse midiendo la energía infrarroja que emite, también debe conocerse el valor de emisividad del objeto.

La emisividad de un objeto puede medirse de las siguientes formas:

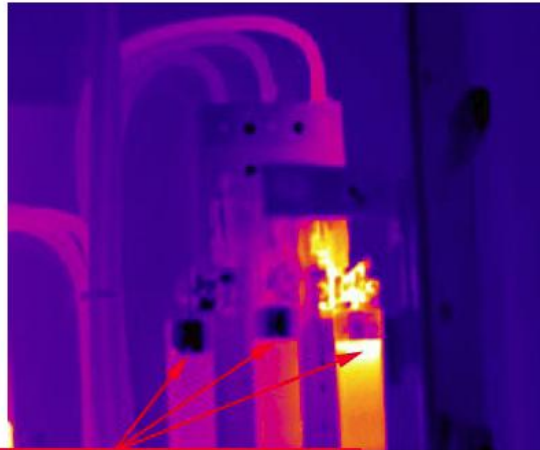
- 1) Consultar manuales de los fabricantes (asegurarse que han sido evaluados a la longitud de onda de trabajo de su Cámara de Termografía, ya que la emisividad puede variar con la longitud de onda).
- 2) Evaluar la emisividad del objeto mediante un método de laboratorio.

Hay dos métodos principales para solucionar el problema de la emisividad.

a) Corregir matemáticamente el valor de temperatura medido. Generalmente se realiza en la señal del procesador de la Cámara de Termografía. La mayoría de las cámaras actuales tienen un ajuste de compensación que el operador puede ajustar.

b) Podría pintarse la superficie de un objeto de baja emisividad con un recubrimiento de emisividad alta y constante. Esto permite elevar el valor de emisividad, pero no siempre es posible.

Cuando se realizan las inspecciones termográficas, los fallos generalmente se identifican por comparación de temperatura de los componentes similares en las mismas condiciones. Es una alternativa muy precisa para predecir la emisividad de cada componente y obtener unos valores de temperatura absolutas.



Cámara térmica inspeccionando equipamiento eléctrico.
Con cargas y emisividades iguales la temperaturas de los tres puntos debería ser la misma.

Cámaras Térmicas

Las cámaras térmicas son equipos sofisticados que miden la emisión natural de radiación infrarroja procedente de un objeto caliente y producen una imagen térmica. Las cámaras de termografía modernas, como la Cyclops TI814 de LAND, son muy flexibles ofreciendo muchas características estándar y opcionales. He aquí algunas de las características de la Cyclops TI 814.

Óptica:

Utiliza enfoque motorizado para obtener una imagen clara a diferentes distancias de la cámara. La distancia de enfoque es desde 380 mm a infinito. Un zoom electrónico permite ampliar la imagen.

Display:

La imagen en tiempo real se visualiza en un monitor LCD en color.

Dispone de 8 paletas de colores diferentes.

La imagen en tiempo real también se visualiza en el visor interno de alta resolución.

Memoria Digital:

Una memoria interna no volátil permite capturar una gran cantidad de imágenes térmicas. Las imágenes térmicas se almacenan en una tarjeta extraíble de memoria Compact Flash.

Cada imagen puede almacenarse con 8 segundos de grabación vocal, que pueden re-grabarse y escucharse en la propia cámara. El archivo de sonido también puede escucharse con el software de procesamiento. La tarjeta de 256MB es capaz de almacenar hasta 1000 imágenes térmicas con 8 segundos de grabación vocal por imagen. Las dimensiones de los archivos de imagen incluyendo la grabación vocal es de 256 KB.

La transferencia de las imágenes para su procesamiento con el software se realiza a través del conector USB de la tarjeta de memoria Compact.

Medida de Temperatura:

Puede medirse la temperatura puntual en la imagen.

Post Procesamiento:

Permite un mayor análisis de temperaturas de las imágenes almacenadas en la cámara. Un punto móvil permite la medida de temperatura en cualquier punto de la imagen y un cursor móvil genera un perfil de temperatura.

Software de Procesamiento de Imagen:

Las imágenes pueden almacenarse para realizar las siguientes funciones de procesamiento:

- a) Archivos: Guardar, eliminar y directorio.
- b) Coloración: La imagen puede colorearse utilizando una de las cinco paletas disponibles.
- c) Medida de Temperatura: Puntual, máximo, mínimo o promedio de áreas, perfiles, histogramas e isotermas.
- d) Cambio de Parametros: El software permite variar la emisividad y la temperatura de fondo.
- e) Mejora de Imagen: filtros y zoom.

Las figuras 7 a 12 muestran algunos de estos modos de medida de temperatura.

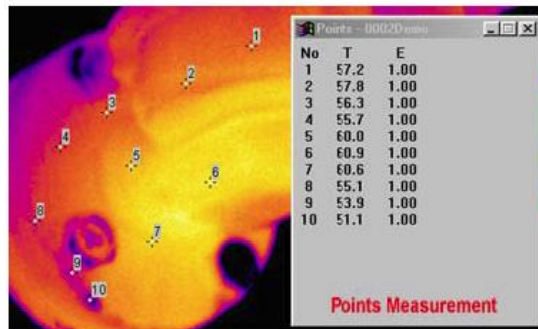


Fig.7 Medida de temperatura en varios puntos de la imagen

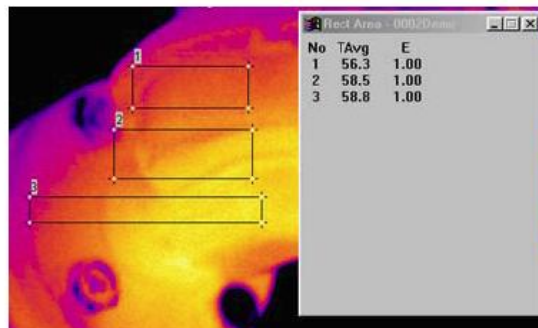


Fig.8 Medida de temperatura promediada en varios rectángulos de la imagen

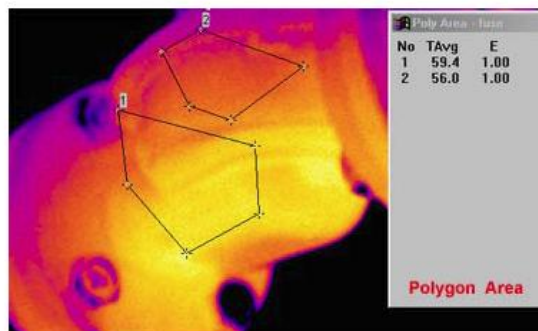


Fig.9 Medida de temperatura promediada en varios polígonos de la imagen

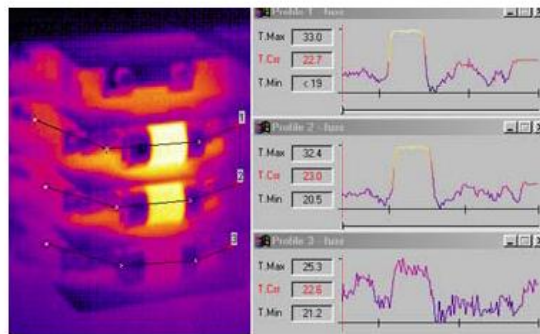


Fig.10 Medida de temperatura promediada en varios perfiles de la imagen

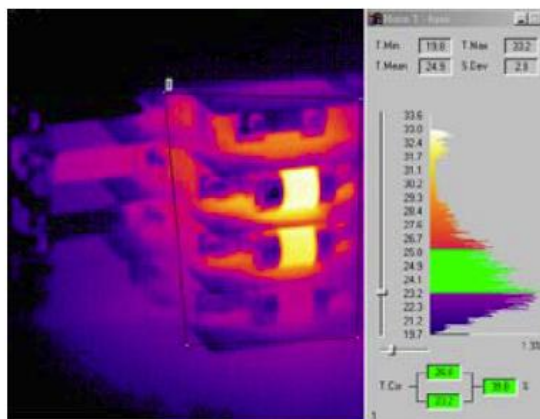


Fig.11 Medida de distribución de temperatura en un area de la imagen

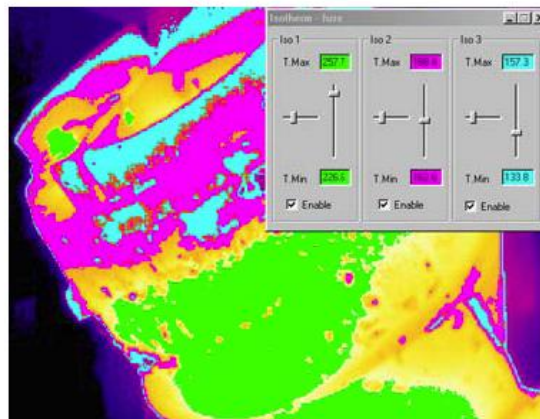


Fig.12 Isothermas para resaltar áreas de la imagen en una banda de temperatura

El software LIPS de procesamiento es muy sencillo de utilizar.

Elaborador de Informes:

El sistema de procesamiento de imágenes dispone de un elaborador de informes, que puede utilizarse para generar una copia escrita de la imagen térmica, acompañada de una imagen fotográfica importada y cualquier información adicional de interés.

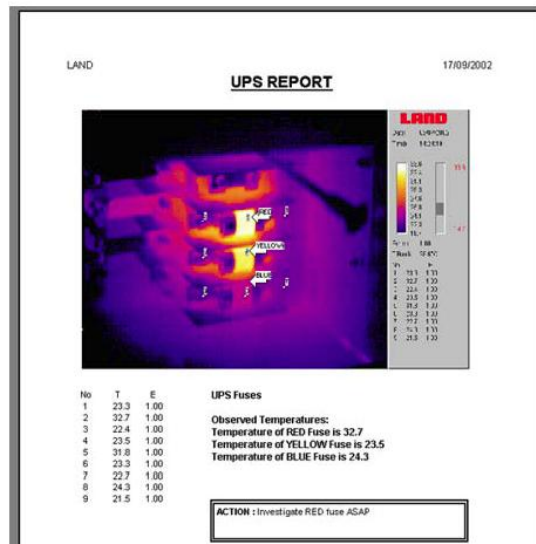


Fig.13 Elementos típicos en una página del informe generado con el escritor de informes

Aplicaciones de Mantenimiento Predictivo

Actualmente es esencial evitar paradas imprevistas, reduciendo los costes por pérdida de producción al mínimo. El mantenimiento predictivo se ha introducido para identificar problemas potenciales y reducir costes. La termografía en mantenimiento se basa en el hecho de que la mayoría de los componentes muestran un incremento de temperatura cuando existe una mal función y la falta se detecta antes de que se produzca el fallo.

Los programas de inspección rutinaria utilizando cámaras de termografía pueden ofrecer las siguientes ventajas:

Las inspecciones se realizan en condiciones de pleno rendimiento, evitando pérdidas de producción.

- Puede extenderse la vida útil de los equipos
- Se reduce el tiempo de cierre de la planta
- Se incrementa la fiabilidad de la planta
- Las reparaciones pueden programarse más convenientemente
- Puede inspeccionarse la calidad de la reparación

Las cámaras de termografía se utilizan en mantenimiento predictivo industrial en las siguientes áreas:

- Instalaciones Eléctricas
- Equipamientos Mecánicos
- Refractario

Inspección de Instalaciones Eléctricas

Los fallos en instalaciones eléctricas a menudo aparecen como puntos calientes que pueden detectarse con la cámara de termografía. Los puntos calientes son habitualmente resultantes de un incremento de la resistencia en un circuito, sobrecargas, o fallos de aislamiento. La figura 14 muestra un punto caliente generado por una mala conexión en el sistema de distribución de potencia.

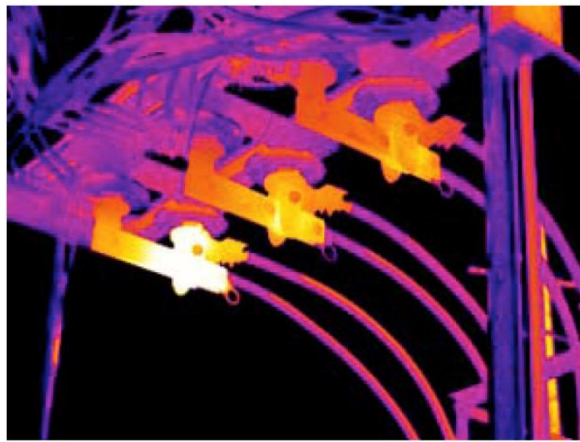


Fig.14 Inspección de un sistema de potencia

Algunos de los componentes habitualmente inspeccionados son:

Conectores: Cuando se observan conectores con potencias similares, una mala conexión muestra un incremento de temperatura debido a su incremento de resistencia. Los puntos calientes pueden generarse debidos a pérdidas, oxidación o corrosión de los conectores.

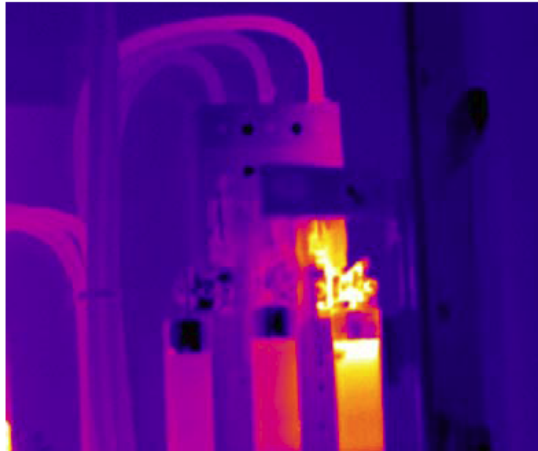


Fig.15 Inspección de conectores

Figura 15. Muestra los fusibles en el panel de control de una máquina. Una conexión defectuosa en la parte superior del fusible ha creado un punto caliente que la cámara detecta fácilmente.

Motores trifásicos: Requieren fases equilibradas y temperaturas de trabajo correctas. Se ha comprobado que si se superan las temperaturas de trabajo correctas el aislamiento pierde tiempo de vida útil.

Otros componentes habitualmente inspeccionados son:

- ♦ Reles
- ♦ Aislamientos
- ♦ Interruptores, etc....

Inspección de Equipos Mecánicos

Los equipos mecánicos inspeccionados son, habitualmente, máquinas giratorias. El incremento de temperaturas superficiales pueden deberse a fallos internos. Puede generarse un calor excesivo por fricción en rodamientos defectuosos, debido a desgaste, mal alineamiento o mala lubricación. Es deseable realizar la inspección con los sistemas operativos, basándose la interpretación de los resultados en la comparación entre componentes trabajando en condiciones similares de carga.

Los equipos habitualmente inspeccionados son:

- ♦ Rodamientos
- ♦ Cojinetes
- ♦ Correas
- ♦ Bombas, etc.....

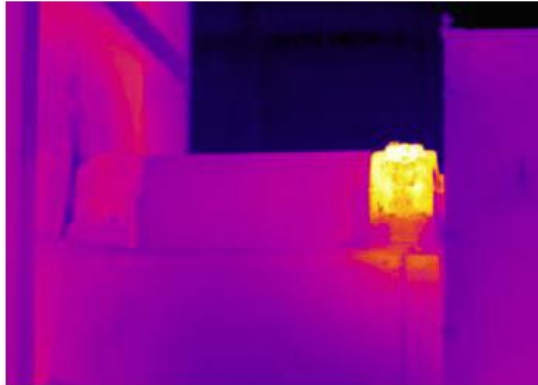


Fig.16 Inspección de carcasa de rodamientos

Inspección de Estructuras Refractarias

Las estructuras refractarias de las plantas de proceso pueden incrementar su vida útil si pudiera determinarse el grado de desgaste y erosión. Las muestras térmicas producidas al visualizar las paredes exteriores de la estructura pueden indicar puntos calientes causados por desgaste del refractario que pueden corregirse con un mantenimiento apropiado.

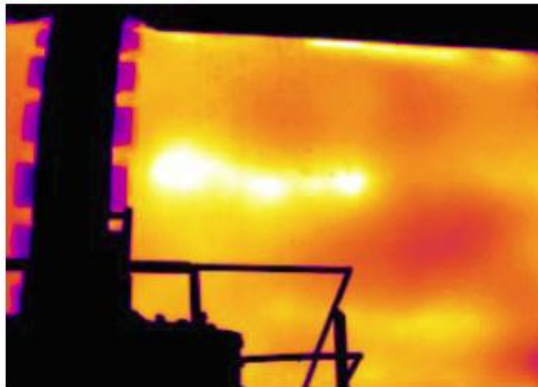


Fig.17 Inspección de un horno giratorio

Figura 17. Muestra un calentamiento anormal de la pared del horno de cemento, posiblemente causado por una pérdida de ladrillo refractario en el interior.

Los equipos habitualmente inspeccionados son:

- Hornos Eléctricos de Arco
- Cucharas
- Hornos de Calentamiento
- Hornos de Vidrio, etc....

Para más información sobre productos y servicios de LAND contacte su oficina o distribuidor más cercano o visite nuestra página web: www.landinst.com

B4. TERMOMETRO INFRARROJO FLUKE SERIE 60

FLUKE®

The Fluke 62 Mini Infrared Thermometer

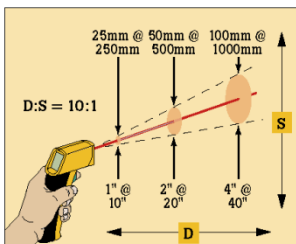
Non-contact temperature measurement

Non-contact diagnostic tool

The Fluke 62 Mini infrared thermometer is a non-contact diagnostic tool for quick basic temperature checks in applications where a technician is close to the target object. Simple to use, the Fluke 62 Mini enables technicians to discover temperature discrepancies before they become problems. Professionals can troubleshoot maintenance problems by measuring surface temperatures of motors, electrical equipment, insulated walls and pipes, heating, ventilation and refrigeration systems all from a safe distance.

Features include:

- Temperature measurement range up to 500 °C (932 °F)
- High-resolution optics
- Accurate to within $\pm 1\%$ of reading
- MAX temperature display
- Laser sighting
- Backlit display



The single dot laser system indicates the approximate center of the measurement area.

Compact and convenient, the Fluke 62 Mini thermometer makes troubleshooting quick and easy and is useful anywhere that temperature plays a role in product quality or equipment maintenance. The single dot laser indicates the center of the target; the large temperature display provides current and MAX surface temperatures.

Optical resolution

Use the Fluke 62 Mini within six feet of the intended target. At greater distances, the measured area will be larger (approximately the distance divided by 10). The Fluke offset single-point laser indicates the approximate center of the measurement area.

Technical Data



Specifications

Measurement range	-30 °C to 500 °C (-20 °F to 932 °F)
Accuracy	10 °C to 30 °C (50 °F to 86 °F): ±1 °C (2 °F) Outside 10 °C to 30 °C (50 °F to 86 °F): ±1.5 °C (3 °F) or ±1.5% of reading, whichever is greater
Repeatability	±0.5% of reading or ≤ ±1 °C (±2 °F), whichever is greater
Emissivity	Preset 0.95
Response time	< 500 mSec
Distance to spot size	10:1 calculated @ 80% energy
Spectral range	6.5–18 microns thermopile detector
Display resolution	0.2 °C (0.5 °F)
Display hold (7 seconds)	+
LCD backlight	+
Temperature display	°C or °F selectable
Ambient operating range	0 to 50 °C (32 to 120 °F)
Relative humidity	10–90% RH non-condensing, @ up to 30 °C (86 °F)
Typical distance to target (spot)	Up to 2 m (6 ft)
Laser class II	Single offset laser
Weight/dimensions	200 g (7 oz); 152 x 101 x 38 mm (6 x 4 x 1.5 in)
Power	9 V Alkaline battery (included)
Battery life (alkaline)	12 hours
Storage temperature	-20 °C to 65 °C (-4 °F to 150 °F) without battery
Options/accessories:	Includes protective boot and storage holster
Warranty:	2 years (conditional)



Ordering information

Fluke 62 Mini Infrared Thermometer

Included: Storage Pouch



Fluke. *Keeping your world up and running.*

Fluke Corporation
PO Box 9090, Everett, WA USA 98206
Fluke Europe B.V.
PO Box 1186, 3602 BD
Eindhoven, The Netherlands

For more information call:
In the U.S.A. (800) 443-5853 or
Fax (425) 446-5116
In Europe/Middle East/Africa (31 40) 2 675 200 or
Fax (31 40) 2 675 222
In Canada (800) 35-FLUKE or
Fax (905) 890-6865
From other countries +1 (425) 446-5900 or
Fax +1 (425) 446-5116
Web access: <http://www.fluke.com/>

©2005 Fluke Corporation. All rights reserved.
Printed in U.S.A. 4/2005 2437622 D-05-N Rev A

FLUKE®

The Fluke 63 Infrared Thermometer

Non-contact temperature measurement

Technical Data

The professional's diagnostic tool

The Fluke 63 non-contact thermometer is the ideal professional diagnostic tool for quick and accurate temperature measurements. This handheld portable tool enables professionals to research heating and ventilation problems, monitor the status of electrical motors and electrical panels and diagnose car malfunctions with ease.

Features include:

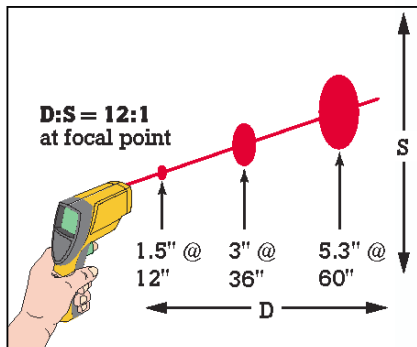
- Expanded measurement range up to 535 °C (999 °F)
- High-resolution optics
- High accuracy: 1 % and repeatability: 0.5 %
- MAX temperature display
- Laser targeting
- Backlit display

The Fluke 63 thermometer makes troubleshooting quick and easy. The single dot laser sighting system guides measurements to the right target and in less than a second, the large temperature display provides current and MAX surface temperatures. The locking trigger and tripod mount capability allow for continuous temperature monitoring.

Optical resolution

The single dot laser sighting system guides measurements to the right target and indicates the approximate center of the measurement area.

D:S (distance to spot using 90 % encircled energy at focal point.)



Use the Fluke 63 within six feet of the intended target. At greater distances, the measured area will be larger (approximately the distance divided by 12). The Fluke 63 offset single-point laser indicates the approximate center of the measurement area.



Specifications

Temperature range	-32 to 535 °C [-25 to 999 °F]
Accuracy (Assumes ambient operating temperature of 23 °C [73 °F])	-32 to -26 °C [-25 to -15 °F]: ±3 °C (±5 °F) -26 to -18 °C [-15 to 0 °F]: ±2.5 °C (±4 °F) -18 to 23 °C [0 to 73 °F]: ±2 °C (±3 °F) 23 to 510 °C [73 to 950 °F]: ±1 % of reading or ±1 °C (±2 °F), whichever is greater Above 510 °C (950 °F): ±1.5 % of reading
Repeatability	±0.5 % or ≤ ±1 °C (±2 °F), whichever is greater
Response time	≤ 0.5 second (95 % of reading)
Spectral response	8 to 14 µm
Emissivity	Pre-set at 0.95
Ambient operating temp	0 to 50 °C [32 to 120 °F]
Relative humidity	10 to 90 %
Storage temperature	-20 to 60 °C [-13 to 158 °F] without battery
Dimensions	200 x 160 x 85 mm [8 x 6 x 2 in.]
Weight	320 g [11 oz.]
Power	9 V alkaline or NiCd battery
Batter life (alkaline)	10 hours with laser and backlight on 40 hours with laser and backlight off
Typical distance to target	Up to 2 m [6 ft.]
Distance to Spot ratio	12:1
Max temperature display	•
Display hold (7 seconds)	•
LCD backlight	•
Temperature display	°C or °F selectable
Display resolution	0.2 °C (0.5 °F)
Hard carrying case	•
Tripod mounting	•
Warranty	2 years, conditional

Optional accessories:

- Non-contact thermometer holster



Ordering information

Fluke 63 Infrared Thermometer

Included



Fluke. Keeping your world up and running.

Fluke Corporation

P.O. Box 9090, Everett, WA USA 98206

Fluke Europe B.V.
P.O. Box 1186, 5602 BD
Eindhoven, The Netherlands

For more information call:
In the U.S.A. (800) 443-8883 or
Fax (425) 446-5116
In Europe/M-East/Africa (31 40) 2 678 200 or
Fax (31 40) 2 675 222
In Canada (800) 36-FLUKE or
Fax (905) 890-6866

From other countries +1 (425) 446-5500 or
Fax +1 (425) 446-5116
Web access: <http://www.fluke.com>

©2005 Fluke Corporation. All rights reserved.
Printed in U.S.A. 4/2005 2180511 D-ENG-N Rev B

C1. TABLAS DE ANALISIS ECONOMICO FINANCIERO

Tabla C1. A Materia prima directa

Horno Giratorio					
n.-	Materiales	Descripción	Cantidad	Precio	Total
1	74150		1	3,00	3,00
2	1N4007		6	0,09	0,54
3	2N3904		6	0,08	0,48
4	4N25		15	0,70	10,50
5	74LS373		1	0,50	0,50
6	Baquelita de 1 lado		6	0,70	4,20
7	Baquelita de 2 lados		1	1,30	1,30
8	BORN 2P-AZ		13	0,35	4,55
9	Bornera de 2 puertos		20	0,20	4,00
10	BUZZER		1	0,70	0,70
11	C104J		6	0,25	1,50
12	CABLE PLANO		3	4,10	12,30
13	CABLE PLANO 10H		1	1,10	1,10
14	Capacitor	22 pF/50V	2	0,08	0,16
15	Capacitor	100 nF/50V	7	0,08	0,56
16	Capacitor CERAMICO	C001	10	0,06	0,60
17	Capacitor		10	0,10	1,00
18	CHIP RELOJ	DS1307-RTC	3	3,50	10,50
19	CON-40P-MALE-SIMP		1	0,50	0,50
20	CONECTOR	IDC 10 P	2	0,53	1,06
21	CRY 32,768	CRYSTAL	2	0,80	1,60
22	Disipador de calor		2	0,40	0,80

23	Fusible		10	0,08	0,80
24	IDC 10P		1	0,35	0,35
25	LCD 20X4 AZ		1	23,00	23,00
26	LED	S AZ HB	9	0,23	2,07
27	Led azul		10	0,25	2,50
28	LED BICOLOR		2	0,15	0,30
29	Led Rojo		10	0,05	0,50
30	MOC 3011		10	0,90	9,00
31	PCB 10P		1	0,35	0,35
32	Pics	PIC18F452	3	8,50	25,50
33	POT 1K-PREC		1	0,70	0,70
34	REGULADOR	7805	1	0,50	0,50
35	RELE 12V-SP		7	0,80	5,60
36	Resistencia	100 Ω 1/2 watio	14	0,02	0,28
37	Resistencia	5,6K 1/2 watio	1	0,02	0,02
38	Resistencia	4,7 Ω 1/2 watio	6	0,02	0,12
39	Resistencia	4,7K 1/2 watio	14	0,02	0,28
40	Resistencia	330 Ω 1/4 watio	1	0,02	0,02
41	Resistencia	10 K 1/2 watio	4	0,02	0,08
42	Resistencia	1/4 W	100	0,01	1,00
43	Resistencia	10 Ω 1/2 watio	1	0,02	0,02
44	ESpades dobles		10	0,80	8,00
45	SW2P-SMMNE	PULSADORES	11	0,13	1,43
46	Tapa plástica	tapa de caja	1	15,00	15,00
47	ZDC PILA CR2032		1	1,00	1,00
48	Zócalo	40 pines	1	7,70	7,70
49	SWITCH 4 VIAS		2	0,60	1,20
50	ESPADIN MACHO SIMPLE		42	0,02	0,63

51	Resistencia	PACK DE 1/4 W	1	6,75	6,75
52	ZOCALO	8 PINES	2	0,07	0,14
53	ZOCALO	14 PINES	2	0,08	0,16
54	ZOCALO	16 PINES	2	0,20	0,40
55	Termocupla Tipo K	2mm tornillo	1	7,84	7,84
56	Contactores	110V 3HP 20A 3 9A	3	8,75	26,25
57	Terminal macho	22-16	50	0,03	1,50
58	Terminal abierto	22-16	50	0,03	1,50
59	Boquilla foco	E27	1	0,35	0,35
60	Repisa	Blanco metalico	1	3,60	3,60
61	Cinta Velcro	Tira	1	7,80	7,80
62	Caja plastico	12 x 24	2	8,50	17,00
63	Fuente de poder		1	24,50	24,50
64	Cable Spaguetti	3mm - 4mm	5	0,75	3,75
65	Cable Spaguetti	8mm - 1	2	1,32	2,64
66	Cable cuenca	flexible 18	6	0,23	1,38
67	Switch on/off		2	0,25	0,50
				Total:	275,46

Tabla C1. B Mano de Obra Directa

A2 Mano de Obra directa					
n.-	Materiales	Descripción	Cantidad	Precio	Total
1	CIRCUITO IMPRESO	LED	1	9,90	9,90
2	CIRCUITO IMPRESO	CONTROL	1	15,18	15,18
3	CIRCUITO IMPRESO	TECLADO	1	16,50	16,50

4	CIRCUITO IMPRESO	POTENCIA	1	27,50	27,50
5	Diseño e impresión	Arte de tablero mandos	1	23,00	23,00
				Total:	92,08

Tabla C1. C Egresos

Egresos					
Período	Recuperación de Inversión (USD)	Mantenimiento (USD)	Repuestos (USD)	Insumos (USD)	Total (USD)
0	155	0	0	0	0
1	155	7	1	2	165
2	155	7,35	1	2	165,35
3	155	7,72	1	2	165,72
4	155	8,1	1	2	166,1
5	155	8,51	1	2	166,51
6	155	8,93	1	2	166,93
7	155	9,38	1	2	167,38
8	155	9,85	1	2	167,85
9	155	10,34	1	2	168,34
10	155	10,86	1	2	168,86
					1668,04

C2. TABLA TERMOCUPLA

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-270	-6.458									
-260	-6.441	-6.444	-6.446	-6.448	-6.450	-6.452	-6.453	-6.455	-6.456	-6.457
-250	-6.404	-6.408	-6.413	-6.417	-6.421	-6.425	-6.429	-6.432	-6.435	-6.438
-240	-6.344	-6.351	-6.358	-6.364	-6.371	-6.377	-6.382	-6.388	-6.394	-6.399
-230	-6.262	-6.271	-6.280	-6.289	-6.297	-6.306	-6.314	-6.322	-6.329	-6.337
-220	-6.158	-6.170	-6.181	-6.192	-6.202	-6.213	-6.223	-6.233	-6.243	-6.253
-210	-6.035	-6.048	-6.061	-6.074	-6.087	-6.099	-6.111	-6.123	-6.135	-6.147
-200	-5.891	-5.907	-5.922	-5.936	-5.951	-5.965	-5.980	-5.994	-6.007	-6.021
-190	-5.730	-5.747	-5.763	-5.780	-5.796	-5.813	-5.829	-5.845	-5.860	-5.876
-180	-5.550	-5.569	-5.587	-5.606	-5.624	-5.642	-5.660	-5.678	-5.695	-5.712
-170	-5.354	-5.374	-5.394	-5.414	-5.434	-5.454	-5.474	-5.493	-5.512	-5.531
-160	-5.141	-5.163	-5.185	-5.207	-5.228	-5.249	-5.271	-5.292	-5.313	-5.333
-150	-4.912	-4.936	-4.959	-4.983	-5.006	-5.029	-5.051	-5.074	-5.097	-5.119
-140	-4.669	-4.694	-4.719	-4.743	-4.768	-4.792	-4.817	-4.841	-4.865	-4.889
-130	-4.410	-4.437	-4.463	-4.489	-4.515	-4.541	-4.567	-4.593	-4.618	-4.644
-120	-4.138	-4.166	-4.193	-4.221	-4.248	-4.276	-4.303	-4.330	-4.357	-4.384
-110	-3.852	-3.881	-3.910	-3.939	-3.968	-3.997	-4.025	-4.053	-4.082	-4.110
-100	-3.553	-3.584	-3.614	-3.644	-3.674	-3.704	-3.734	-3.764	-3.793	-3.823
-90	-3.242	-3.274	-3.305	-3.337	-3.368	-3.399	-3.430	-3.461	-3.492	-3.523
-80	-2.920	-2.953	-2.985	-3.018	-3.050	-3.082	-3.115	-3.147	-3.179	-3.211
-70	-2.586	-2.620	-2.654	-2.687	-2.721	-2.754	-2.788	-2.821	-2.854	-2.887
-60	-2.243	-2.277	-2.312	-2.347	-2.381	-2.416	-2.450	-2.484	-2.518	-2.552
-50	-1.889	-1.925	-1.961	-1.996	-2.032	-2.067	-2.102	-2.137	-2.173	-2.208
-40	-1.527	-1.563	-1.600	-1.636	-1.673	-1.709	-1.745	-1.781	-1.817	-1.853
-30	-1.156	-1.193	-1.231	-1.268	-1.305	-1.342	-1.379	-1.416	-1.453	-1.490
-20	-0.777	-0.816	-0.854	-0.892	-0.930	-0.968	-1.005	-1.043	-1.081	-1.118
-10	-0.392	-0.431	-0.469	-0.508	-0.547	-0.585	-0.624	-0.662	-0.701	-0.739
0	-0.000	-0.039	-0.079	-0.118	-0.157	-0.197	-0.236	-0.275	-0.314	-0.353
0	-0.000	0.039	0.079	0.119	0.158	0.198	0.238	0.277	0.317	0.357
10	0.397	0.437	0.477	0.517	0.557	0.597	0.637	0.677	0.718	0.758
20	0.798	0.838	0.879	0.919	0.960	1.000	1.041	1.081	1.122	1.162
30	1.203	1.244	1.285	1.325	1.366	1.407	1.448	1.489	1.529	1.570
40	1.611	1.652	1.693	1.734	1.776	1.817	1.858	1.899	1.940	1.981
50	2.022	2.064	2.105	2.146	2.188	2.229	2.270	2.312	2.353	2.394

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
60	2.436	2.477	2.519	2.560	2.601	2.643	2.684	2.726	2.767	2.809
70	2.850	2.892	2.933	2.975	3.016	3.058	3.100	3.141	3.183	3.224
80	3.266	3.307	3.349	3.390	3.432	3.473	3.515	3.556	3.598	3.639
90	3.681	3.722	3.764	3.805	3.847	3.888	3.930	3.971	4.012	4.054
100	4.095	4.137	4.178	4.219	4.261	4.302	4.343	4.384	4.426	4.467
110	4.508	4.549	4.590	4.632	4.673	4.714	4.755	4.796	4.837	4.878
120	4.919	4.960	5.001	5.042	5.083	5.124	5.164	5.205	5.246	5.287
130	5.327	5.368	5.409	5.450	5.490	5.531	5.571	5.612	5.652	5.693
140	5.733	5.774	5.814	5.855	5.895	5.936	5.976	6.016	6.057	6.097
150	6.137	6.177	6.218	6.258	6.298	6.338	6.378	6.419	6.459	6.499
160	6.539	6.579	6.619	6.659	6.699	6.739	6.779	6.819	6.859	6.899
170	6.939	6.979	7.019	7.059	7.099	7.139	7.179	7.219	7.259	7.299
180	7.338	7.378	7.418	7.458	7.498	7.538	7.578	7.618	7.658	7.697
190	7.737	7.777	7.817	7.857	7.897	7.937	7.977	8.017	8.057	8.097
200	8.137	8.177	8.216	8.256	8.296	8.336	8.376	8.416	8.456	8.497
210	8.537	8.577	8.617	8.657	8.697	8.737	8.777	8.817	8.857	8.898
220	8.938	8.978	9.018	9.058	9.099	9.139	9.179	9.220	9.260	9.300
230	9.341	9.381	9.421	9.462	9.502	9.543	9.583	9.624	9.664	9.705
240	9.745	9.786	9.826	9.867	9.907	9.948	9.989	10.029	10.070	10.111
250	10.151	10.192	10.233	10.274	10.315	10.355	10.396	10.437	10.478	10.519
260	10.560	10.600	10.641	10.682	10.723	10.764	10.805	10.846	10.887	10.928
270	10.969	11.010	11.051	11.093	11.134	11.175	11.216	11.257	11.298	11.339
280	11.381	11.422	11.463	11.504	11.546	11.587	11.628	11.669	11.711	11.752
290	11.793	11.835	11.876	11.918	11.959	12.000	12.042	12.083	12.125	12.166
300	12.207	12.249	12.290	12.332	12.373	12.415	12.456	12.498	12.539	12.581
310	12.623	12.664	12.706	12.747	12.789	12.831	12.872	12.914	12.955	12.997
320	13.039	13.080	13.122	13.164	13.205	13.247	13.289	13.331	13.372	13.414
330	13.456	13.497	13.539	13.581	13.623	13.665	13.706	13.748	13.790	13.832
340	13.874	13.915	13.957	13.999	14.041	14.083	14.125	14.167	14.208	14.250
350	14.292	14.334	14.376	14.418	14.460	14.502	14.544	14.586	14.628	14.670
360	14.712	14.754	14.796	14.838	14.880	14.922	14.964	15.006	15.048	15.090
370	15.132	15.174	15.216	15.258	15.300	15.342	15.384	15.426	15.468	15.510
380	15.552	15.594	15.636	15.679	15.721	15.763	15.805	15.847	15.889	15.931
390	15.974	16.016	16.058	16.100	16.142	16.184	16.227	16.269	16.311	16.353
400	16.395	16.438	16.480	16.522	16.564	16.607	16.649	16.691	16.733	16.776
410	16.818	16.860	16.902	16.945	16.987	17.029	17.072	17.114	17.156	17.199
420	17.241	17.283	17.326	17.368	17.410	17.453	17.495	17.537	17.580	17.622

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
430	17.664	17.707	17.749	17.792	17.834	17.876	17.919	17.961	18.004	18.046
440	18.088	18.131	18.173	18.216	18.258	18.301	18.343	18.385	18.428	18.470
450	18.513	18.555	18.598	18.640	18.683	18.725	18.768	18.810	18.853	18.895
460	18.938	18.980	19.023	19.065	19.108	19.150	19.193	19.235	19.278	19.320
470	19.363	19.405	19.448	19.490	19.533	19.576	19.618	19.661	19.703	19.746
480	19.788	19.831	19.873	19.916	19.959	20.001	20.044	20.086	20.129	20.172
490	20.214	20.257	20.299	20.342	20.385	20.427	20.470	20.512	20.555	20.598
500	20.640	20.683	20.725	20.768	20.811	20.853	20.896	20.938	20.981	21.024
510	21.066	21.109	21.152	21.194	21.237	21.280	21.322	21.365	21.407	21.450
520	21.493	21.535	21.578	21.621	21.663	21.706	21.749	21.791	21.834	21.876
530	21.919	21.962	22.004	22.047	22.090	22.132	22.175	22.218	22.260	22.303
540	22.346	22.388	22.431	22.473	22.516	22.559	22.601	22.644	22.687	22.729
550	22.772	22.815	22.857	22.900	22.942	22.985	23.028	23.070	23.113	23.156
560	23.198	23.241	23.284	23.326	23.369	23.411	23.454	23.497	23.539	23.582
570	23.624	23.667	23.710	23.752	23.795	23.837	23.880	23.923	23.965	24.008
580	24.050	24.093	24.136	24.178	24.221	24.263	24.306	24.348	24.391	24.434
590	24.476	24.519	24.561	24.604	24.646	24.689	24.731	24.774	24.817	24.859
600	24.902	24.944	24.987	25.029	25.072	25.114	25.157	25.199	25.242	25.284
610	25.327	25.369	25.412	25.454	25.497	25.539	25.582	25.624	25.666	25.709
620	25.751	25.794	25.836	25.879	25.921	25.964	26.006	26.048	26.091	26.133
630	26.176	26.218	26.260	26.303	26.345	26.387	26.430	26.472	26.515	26.557
640	26.599	26.642	26.684	26.726	26.769	26.811	26.853	26.896	26.938	26.980
650	27.022	27.065	27.107	27.149	27.192	27.234	27.276	27.318	27.361	27.403
660	27.445	27.487	27.529	27.572	27.614	27.656	27.698	27.740	27.783	27.825
670	27.867	27.909	27.951	27.993	28.035	28.078	28.120	28.162	28.204	28.246
680	28.288	28.330	28.372	28.414	28.456	28.498	28.540	28.583	28.625	28.667
690	28.709	28.751	28.793	28.835	28.877	28.919	28.961	29.002	29.044	29.086
700	29.128	29.170	29.212	29.254	29.296	29.338	29.380	29.422	29.464	29.505
710	29.547	29.589	29.631	29.673	29.715	29.756	29.798	29.840	29.882	29.924
720	29.965	30.007	30.049	30.091	30.132	30.174	30.216	30.257	30.299	30.341
730	30.383	30.424	30.466	30.508	30.549	30.591	30.632	30.674	30.716	30.757
740	30.799	30.840	30.882	30.924	30.965	31.007	31.048	31.090	31.131	31.173
750	31.214	31.256	31.297	31.339	31.380	31.422	31.463	31.504	31.546	31.587
760	31.629	31.670	31.712	31.753	31.794	31.836	31.877	31.918	31.960	32.001
770	32.042	32.084	32.125	32.166	32.207	32.249	32.290	32.331	32.372	32.414
780	32.455	32.496	32.537	32.578	32.619	32.661	32.702	32.743	32.784	32.825
790	32.866	32.907	32.948	32.990	33.031	33.072	33.113	33.154	33.195	33.236

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
800	33.277	33.318	33.359	33.400	33.441	33.482	33.523	33.564	33.604	33.645
810	33.686	33.727	33.768	33.809	33.850	33.891	33.931	33.972	34.013	34.054
820	34.095	34.136	34.176	34.217	34.258	34.299	34.339	34.380	34.421	34.461
830	34.502	34.543	34.583	34.624	34.665	34.705	34.746	34.787	34.827	34.868
840	34.909	34.949	34.990	35.030	35.071	35.111	35.152	35.192	35.233	35.273
850	35.314	35.354	35.395	35.435	35.476	35.516	35.557	35.597	35.637	35.678
860	35.718	35.758	35.799	35.839	35.880	35.920	35.960	36.000	36.041	36.081
870	36.121	36.162	36.202	36.242	36.282	36.323	36.363	36.403	36.443	36.483
880	36.524	36.564	36.604	36.644	36.684	36.724	36.764	36.804	36.844	36.885
890	36.925	36.965	37.005	37.045	37.085	37.125	37.165	37.205	37.245	37.285
900	37.325	37.365	37.405	37.445	37.484	37.524	37.564	37.604	37.644	37.684
910	37.724	37.764	37.803	37.843	37.883	37.923	37.963	38.002	38.042	38.082
920	38.122	38.162	38.201	38.241	38.281	38.320	38.360	38.400	38.439	38.479
930	38.519	38.558	38.598	38.638	38.677	38.717	38.756	38.796	38.836	38.875
940	38.915	38.954	38.994	39.033	39.073	39.112	39.152	39.191	39.231	39.270
950	39.310	39.349	39.388	39.428	39.467	39.507	39.546	39.585	39.625	39.664
960	39.703	39.743	39.782	39.821	39.861	39.900	39.939	39.979	40.018	40.057
970	40.096	40.136	40.175	40.214	40.253	40.292	40.332	40.371	40.410	40.449
980	40.488	40.527	40.566	40.605	40.645	40.684	40.723	40.762	40.801	40.840
990	40.879	40.918	40.957	40.996	41.035	41.074	41.113	41.152	41.191	41.230
1000	41.269	41.308	41.347	41.385	41.424	41.463	41.502	41.541	41.580	41.619
1010	41.657	41.696	41.735	41.774	41.813	41.851	41.890	41.929	41.968	42.006
1020	42.045	42.084	42.123	42.161	42.200	42.239	42.277	42.316	42.355	42.393
1030	42.432	42.470	42.509	42.548	42.586	42.625	42.663	42.702	42.740	42.779
1040	42.817	42.856	42.894	42.933	42.971	43.010	43.048	43.087	43.125	43.164
1050	43.202	43.240	43.279	43.317	43.356	43.394	43.432	43.471	43.509	43.547
1060	43.585	43.624	43.662	43.700	43.739	43.777	43.815	43.853	43.891	43.930
1070	43.968	44.006	44.044	44.082	44.121	44.159	44.197	44.235	44.273	44.311
1080	44.349	44.387	44.425	44.463	44.501	44.539	44.577	44.615	44.653	44.691
1090	44.729	44.767	44.805	44.843	44.881	44.919	44.957	44.995	45.033	45.070
1100	45.108	45.146	45.184	45.222	45.260	45.297	45.335	45.373	45.411	45.448
1110	45.486	45.524	45.561	45.599	45.637	45.675	45.712	45.750	45.787	45.825
1120	45.863	45.900	45.938	45.975	46.013	46.050	46.088	46.126	46.163	46.201
1130	46.238	46.275	46.313	46.350	46.388	46.425	46.463	46.500	46.537	46.575
1140	46.612	46.649	46.687	46.724	46.761	46.799	46.836	46.873	46.910	46.948
1150	46.985	47.022	47.059	47.096	47.134	47.171	47.208	47.245	47.282	47.319
1160	47.356	47.393	47.430	47.468	47.505	47.542	47.579	47.616	47.652	47.689

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1170	47.726	47.763	47.800	47.837	47.874	47.911	47.948	47.985	48.021	48.058
1180	48.095	48.132	48.169	48.205	48.242	48.279	48.316	48.352	48.389	48.426
1190	48.462	48.499	48.536	48.572	48.609	48.645	48.682	48.718	48.755	48.792
1200	48.828	48.864	48.901	48.937	48.974	49.010	49.047	49.083	49.120	49.156
1210	49.192	49.229	49.265	49.301	49.338	49.374	49.410	49.446	49.483	49.519
1220	49.555	49.591	49.627	49.663	49.700	49.736	49.772	49.808	49.844	49.880
1230	49.916	49.952	49.988	50.024	50.060	50.096	50.132	50.168	50.204	50.240
1240	50.276	50.311	50.347	50.383	50.419	50.455	50.491	50.526	50.562	50.598
1250	50.633	50.669	50.705	50.741	50.776	50.812	50.847	50.883	50.919	50.954
1260	50.990	51.025	51.061	51.096	51.132	51.167	51.203	51.238	51.274	51.309
1270	51.344	51.380	51.415	51.450	51.486	51.521	51.556	51.592	51.627	51.662
1280	51.697	51.733	51.768	51.803	51.838	51.873	51.908	51.943	51.979	52.014
1290	52.049	52.084	52.119	52.154	52.189	52.224	52.259	52.294	52.329	52.364
1300	52.398	52.433	52.468	52.503	52.538	52.573	52.608	52.642	52.677	52.712
1310	52.747	52.781	52.816	52.851	52.886	52.920	52.955	52.989	53.024	53.059
1320	53.093	53.128	53.162	53.197	53.232	53.266	53.301	53.335	53.370	53.404
1330	53.439	53.473	53.507	53.542	53.576	53.611	53.645	53.679	53.714	53.748
1340	53.782	53.817	53.851	53.885	53.920	53.954	53.988	54.022	54.057	54.091
1350	54.125	54.159	54.193	54.228	54.262	54.296	54.330	54.364	54.398	54.432
1360	54.466	54.500	54.535	54.569	54.603	54.637	54.671	54.705	54.739	54.773
1370	54.807	54.841	54.875							