



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

SEDE LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA ESPECIALIDAD INSTRUMENTACIÓN

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
ELECTRÓNICO ESPECIALIDAD INSTRUMENTACIÓN**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE
MEDICIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
DOMICILIARIA MEDIANTE TRANSMISIÓN INALÁMBRICA EN LA
CIUDAD DE LATACUNGA”.**

**GUILLERMO SAÚL MOLLOCANA JÁCOME
MAYRA ALEJANDRA RUBIO TAIBE**

LATACUNGA – ECUADOR

OCTUBRE 2009

CERTIFICADO

Ing. José Bucheli Andrade (Director)
Ing. Eddie Galarza Zambrano (Codirector)

CERTIFICAN:

El trabajo titulado "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN "PROTOTIPO DE SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DOMICILIARIA MEDIANTE TRANSMISIÓN INALÁMBRICA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA " realizado por los señores MOLLOCANA JÁCOME GUILLERMO SAÚL Y RUBIO TAIPE MAYRA ALEJANDRA ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Ing. José Bucheli Andrade
Director

Ing. Eddie Galarza Zambrano
Codirector

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Mollocana Jácome Guillermo Saúl
Rubio Taipe Mayra Alejandra

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la Biblioteca Virtual de la Institución del trabajo "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN "PROTOTIPO DE SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DOMICILIARIA MEDIANTE TRANSMISIÓN INALÁMBRICA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA " cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Mollocana Jácome Guillermo Saúl
CI. 0502652274

Rubio Taipe Mayra Alejandra
CI. 0502963192

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Mollocana Jácome Guillermo Saúl
Rubio Taipe Mayra Alejandra

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN "PROTOTIPO DE SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DOMICILIARIA MEDIANTE TRANSMISIÓN INALÁMBRICA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA " ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las Páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de ésta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Mollocana Jácome Guillermo Saúl
CI. 0502652274

Rubio Taipe Mayra Alejandra
CI. 0502963192

AGRADECIMIENTO

Ha sido el todopoderoso quien ha iluminado mi camino cuando más oscuro ha estado por ello, con toda la humildad de corazón quiero agradecer primeramente a Dios.

A todos los maestros de la ESPE, que con sus valiosas aportaciones me ayudaron a crecer como persona y por la gran calidad humana que me han demostrado con su actitud de respeto.

A toda mi familia que a pesar de estar lejos, se ha esmerado por darme todo su apoyo y quererme por sobre todas las cosas.

A mis tíos Hernán e Imelda por siempre estar a mi lado apoyándome y brindándome cariño y comprensión, dándome con ello momentos muy gratos.

A mis hermanos Katty, Jefferson, Klever, Santiago, Johana y Fernanda por darme su amor, apoyo, confianza y compartir momentos inolvidables en mi vida, los llevo en mi corazón. Los quiero mucho.

A mis amig@s que siempre estuvieron brindándome su amistad, cariño y palabras de aliento cuando más lo necesitaba

Saúl

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a mi madre que gracias a su apoyo pude concluir mi carrera, este es un logro que quiero compartir contigo. Gracias por ser mi mamá y por creer en mí.

Madre, no me equivoco si digo que eres la mejor mamá del mundo, gracias por todo tu esfuerzo, tu apoyo y por la confianza que depositaste en mi. Gracias porque siempre aunque lejos, has estado a mi lado. Te quiero mucho, te debo la vida y siempre vas a estar en mi corazón como lo más lindo que Dios me ha regalado.

Lo logramos mamá, lo logramos.

Saúl.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, ser supremo en quien creo, confío y el que por siempre será mi protección y guía, por llenar mi vida de dicha y bendiciones.

A mi familia por creer en mí, por darme la estabilidad emocional, económica y sentimental para poder llegar hasta este logro que definitivamente no hubiese podido ser realidad sin su apoyo. A mis abuelitos por enseñarme a ser humilde, a mi madre por darme la vida y por ser un ejemplo de mujer, a mis tíos por sus sabios consejos, a mis hermanos y cuñado por su apoyo incondicional y a mi sobrinito porque con su ternura pintó con un arcoíris inmenso mi existencia.

Agradezco a mis maestros por su disposición para impartirme sus valiosos conocimientos.

A mis amig@s con quienes he compartido vivencias únicas e inolvidables, por su confianza y lealtad.

Agradezco haber encontrado el amor y poder compartir con él, gracias por todo el apoyo que me has dado para seguir con mi camino y recuerda que eres muy importante para mí.

Gracias de todo corazón por ayudarme crecer como ser humano y profesional.

Mayra Alejandra

DEDICATORIA

Con todo mi amor y cariño:

A mi madre por su esfuerzo, dedicación, abnegación, trabajo constante y su lucha incansable por darnos siempre lo mejor a mis hermanos y a mí.

Madre serás por siempre mi inspiración para alcanzar mis metas, gracias por enseñarme que todo se aprende y que todo esfuerzo al final es recompensa, tu esfuerzo se convirtió en tu triunfo y en el mío. Te amo.

Todo lo que has hecho y haces encierra el gran amor que nos tienes, gracias mamita lo que hoy soy es gracias a ti.

Mayra Alejandra

CONTENIDO

CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS

| | | |
|---------|--|----|
| 1.1 | Introducción | 1 |
| 1.2 | Medidor de energía eléctrica activa (Kw-H) | 1 |
| 1.2.1 | Definición | 1 |
| 1.2.2 | Consumo de energía | 1 |
| 1.2.3 | Funcionamiento del medidor electromecánico | 2 |
| 1.2.4 | Clasificación de los medidores | 3 |
| 1.2.4.1 | De acuerdo con su construcción | 3 |
| 1.2.4.2 | De acuerdo con la energía que miden | 4 |
| 1.2.4.3 | De acuerdo con la exactitud | 4 |
| 1.2.4.4 | De acuerdo con la conexión de red | 5 |
| 1.2.5 | Tipos de potencia | 7 |
| 1.2.5.1 | Potencia activa o resistiva | 7 |
| 1.2.5.2 | Potencia reactiva o inductiva | 8 |
| 1.2.5.3 | Potencia aparente o total | 9 |
| 1.2.6 | Factor de potencia | 9 |
| 1.2.6.1 | Triángulo de potencias | 9 |
| 1.3 | Transmisión y recepción R.F. | 11 |
| 1.3.1 | Manipulación de las ondas de R.F. | 13 |
| 1.3.2 | Métodos para la transmisión del sonido y la imagen | 14 |
| 1.3.2.1 | Transmisión por modulación de amplitud | 14 |
| 1.3.2.2 | Transmisión por modulación de frecuencia | 15 |
| 1.4 | Optoacopladores | 16 |
| 1.4.1 | Definición | 16 |
| 1.4.2 | Tipos de optoacopladores | 17 |
| 1.4.2.1 | Fototransistor | 17 |

| | |
|---|----|
| 1.4.2.2 Fototriac | 18 |
| 1.4.3 Características eléctricas | 18 |
| 1.4.3.1 Características más usadas por los diseñadores de los optoacopladores | 19 |
| 1.5 Tipos de interfases de comunicación | 20 |
| 1.5.1 Universal Serial Bus | 20 |
| 1.5.1.1 Características de transmisión | 22 |
| 1.5.1.2 Compatibilidad y conectores | 23 |
| 1.5.2 El Bus I ² C | 24 |
| 1.5.2.1 Protocolo del bus | 27 |
| 1.6 Características y arquitectura del PIC 16f876 | 28 |
| 1.6.1 Características técnicas | 29 |
| 1.6.2 Arquitectura | 30 |
| 1.6.3 Distribución de pines | 31 |
| 1.6.4 Organización de la memoria | 31 |
| 1.6.5 Configuración de los principales registros del PIC 16F876 | 31 |
| 1.6.5.1 Registro de estado | 31 |
| 1.6.5.2 Registro de opciones | 32 |
| 1.6.5.3 Registro de control de interrupciones | 33 |
| 1.6.5.4 Registro de permiso de interrupciones | 33 |
| 1.6.5.5 Registro de permiso de interrupciones | 34 |
| 1.6.6 Timers – Counters | 34 |
| 1.6.7 Comunicación serie síncrona | 34 |
| 1.6.7.1 Modo SPI | 35 |
| 1.6.7.2 Modo I2C | 36 |
| 1.7 Características y arquitectura del PIC 16f62x | 36 |
| 1.7.1 Características de la CPU | 36 |
| 1.7.2 Características especiales del microcontrolador | 37 |

| | | |
|---------------------------------------|---|----|
| 1.7.3 | Características de los periféricos | 37 |
| 1.7.4 | Diagrama de pines | 38 |
| 1.7.4.1 | Descripción general | 38 |
| 1.7.5 | Arquitectura | 40 |
| 1.8 | Memoria EEPROM externa | 41 |
| 1.8.1 | Ventajas de la EEPROM | 43 |
| CAPÍTULO II: ANÁLISIS Y DISEÑO | | |
| 2.1 | Especificación de requisitos del sistema | 44 |
| 2.2 | Descripción del sistema | 44 |
| 2.2.1 | Diagrama de bloques general | 45 |
| 2.3 | Diagrama de bloques del acondicionamiento del medidor de energía eléctrica | 46 |
| 2.4 | Diagrama de bloques del módulo transmisor | 47 |
| 2.5 | Selección del hardware para el módulo de transmisión | 47 |
| 2.5.1 | Medidor electromecánico monofásico m8c | 47 |
| 2.5.1.1 | Características | 48 |
| 2.5.2 | Características del microcontrolador 16F628 | 48 |
| 2.5.3 | Transmisor | 50 |
| 2.5.4 | LCD TS1620A-21(17) | 50 |
| 2.5.5 | Diodo emisor de luz | 51 |
| 2.5.5.1 | Características | 51 |
| 2.5.6 | Fototransistor | 52 |
| 2.5.6.1 | Características | 52 |
| 2.6 | Diseño del software para el microcontrolador del módulo de transmisión | 52 |

| | | |
|----------|--|----|
| 2.6.1 | Subrutina encerar | 53 |
| 2.6.2 | Subrutina recuperar | 54 |
| 2.6.3 | Subrutina teclado | 54 |
| 2.6.4 | Subrutina guardar | 55 |
| 2.6.5 | Subrutina pantalla | 56 |
| 2.6.6 | Subrutina contador | 56 |
| 2.6.7 | Subrutina transmitir | 58 |
| 2.7 | Diagrama de bloques del módulo receptor | 58 |
| 2.8 | Selección del hardware para el módulo receptor | 59 |
| 2.8.1 | Características del microcontrolador 16F876 | 59 |
| 2.8.2 | Reloj | 60 |
| 2.8.3 | Memoria EEPROM 24LC128 | 61 |
| 2.9 | Diseño del software para el microcontrolador del módulo de recepción | 61 |
| 2.9.1 | Subrutina Borrar Memoria | 62 |
| 2.9.2 | Subrutina de Inicialización del reloj | 63 |
| 2.9.3 | Subrutina Leer reloj | 64 |
| 2.9.4 | Subrutina Recibir y Guardar Datos | 65 |
| 2.9.5 | Subrutina Transmitir | 66 |
| 2.10 | Diseño de la interfase con el usuario | 67 |
| 2.10.1 | Programa principal | 67 |
| 2.10.1.1 | Subrutina Tomar Datos | 69 |
| 2.10.1.2 | Subrutina Datos 1 | 69 |
| 2.10.1.3 | Subrutinas Histórico 1 y 2 | 70 |
| 2.10.1.4 | Subrutinas BCU 1 y BCU2 | 71 |
| 2.10.1.5 | Subrutinas Ccon1 | 73 |
| 2.10.1.6 | Subrutinas U1 y U2 | 75 |

CAPÍTULO III: RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES

| | |
|---|----|
| 3.1 Pruebas de comunicación Transmisor-Receptor vía inalámbrica | 76 |
| 3.2 Pruebas de comunicación Receptor -PC | 80 |
| 3.3 Pruebas de confiabilidad del software y la base de datos | 82 |
| 3.4 Pruebas de confiabilidad de todo el sistema | 83 |
| 3.5 Alcances y limitaciones | 84 |
| 3.6 Análisis Técnico-Financiero | 85 |

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

87

ANEXOS

| | |
|---------|------------------------------------|
| Anexo A | Glosario de términos |
| Anexo B | Hojas de especificaciones técnicas |
| Anexo C | Manual del usuario |
| Anexo D | Tablas de pruebas experimentales |
| Anexo E | Módulos Terminados |

INTRODUCCIÓN

Con el crecimiento de las ciudades, la Empresa Eléctrica de Cotopaxi se ha visto en la necesidad de expandir su servicio en las áreas urbanas y rurales para poder cubrir las necesidades que el crecimiento poblacional genera, por lo que se torna difícil el control del consumo de energía eléctrica debido a la gran cantidad de usuarios.

Para solucionar este problema existe un control de medición de energía eléctrica mediante los empleados de la Empresa Eléctrica quienes toman las lecturas de los medidores de forma rudimentaria en cada domicilio.

Este sistema no soluciona totalmente el problema dado que la medición del consumo de energía eléctrica es manual, lo cual genera problemas como:

- El difícil acceso de los empleados a los domicilios especialmente en las zonas rurales.
- El registro erróneo de la lectura del medidor debido a fallas humanas.
- La ausencia de personas en los domicilios que deriva en el no registro de las lecturas de los medidores.

Por estas razones se evidencia la necesidad de implementar un sistema de medición del consumo de energía eléctrica inalámbrico, eliminando de esta manera los inconvenientes antes citados.

Para cumplir con el objetivo de este trabajo se dividió el documento en cuatro capítulos. El primero presenta el sustento teórico de la investigación realizada como base fundamental para el diseño de este módulo que se desarrolló en el segundo capítulo.

El tercer capítulo presenta las pruebas realizadas y los resultados obtenidos para luego en el cuarto capítulo indicar las conclusiones y recomendaciones que se llegó al terminar el proyecto.

Finalmente en anexos se presenta, manual de usuario, hojas de especificaciones técnicas y glosario.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS

1.1 INTRODUCCIÓN

Se revisarán los conceptos teóricos necesarios para cumplir con el objetivo del presente proyecto.

1.2 MEDIDOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA ACTIVA (KW-H)¹

1.2.1 Definición.

El medidor eléctrico, medidor de consumo eléctrico o contador eléctrico, es un dispositivo que mide el consumo de energía eléctrica de un circuito o un servicio eléctrico, siendo esta la aplicación usual. Existen medidores electromecánicos y electrónicos.

Los medidores electromecánicos utilizan bobinados de corriente y de tensión para crear corrientes parásitas en un disco que, bajo la influencia de los campos magnéticos, produce un giro que mueve las agujas de la carátula. Los medidores electrónicos utilizan convertidores analógico-digitales para hacer la conversión.

1.2.2 Consumo de Energía.

La energía eléctrica que se utiliza para realizar un trabajo se cuantifica a partir de la cantidad de potencia activa empleada multiplicada por el tiempo en que se aplica.

$$\begin{aligned} \text{joule} &= \text{watt} \times \text{segundo} = \text{Potencia} \times \text{Unidad de Tiempo} \\ &= \text{Fuerza} \times \text{distancia} = \text{N} \times \text{m} = \text{kg m}^2/\text{s}^2 = \text{joule (ec. 1.1)} \end{aligned}$$

¹ La-Guia-MetAs-03-03-Ener.pdf

$$kWh = \frac{P}{1000} \times \frac{t}{3600} \quad (\text{ec. 1.1})$$

Donde: kWh es la energía en kilowatts-hora

P es la potencia en watts

t el tiempo en segundo

1.2.3 Funcionamiento del medidor electromecánico

El medidor electromecánico utiliza dos juegos de bobinas que producen campos magnéticos; estos campos actúan sobre un disco conductor magnético en donde se producen corrientes parásitas. La acción de las corrientes parásitas producidas por las bobinas de corriente sobre el campo magnético de las bobinas de voltaje y la acción de las corrientes parásitas producidas por las bobinas de voltaje sobre el campo magnético de las bobinas de corriente dan un resultado vectorial tal, que produce un par de giro sobre el disco. El par de giro es proporcional a la potencia consumida por el circuito.

El disco está soportado en campos magnéticos y soportes de rubí para disminuir la fricción, un sistema de engranes transmite el movimiento del disco a las agujas que cuentan el número de vueltas del medidor. A mayor potencia más rápido gira el disco, acumulando más giros conforme pasa el tiempo.

Las tensiones máximas que soportan los medidores eléctricos son de aproximadamente 600 voltios y las corrientes máximas pueden ser de hasta 200 amperios. Cuando las tensiones y las corrientes exceden estos límites se requieren transformadores de medición de tensión y de corriente. Se utilizan factores de conversión para calcular el consumo en dichos casos.

También es importante que hay una bobina de sombra que es una chapita la cual está cortocircuitada. Dicha bobina posee una R despreciable y por ende en esta se generará una I muy importante, la cual al estar sometida a un campo generará una cupla motora que eliminará el coeficiente de rozamiento de los engranajes. El medidor comenzará a funcionar con el 1 % de la carga y entre un factor de potencia 0,5 en adelanto y atraso. En la figura 1.1 se muestra un medidor electromecánico.



Figura 1.1 Medidor electromecánico de energía eléctrica.

1.2.4 Clasificación de los medidores

1.2.4.1 De acuerdo con su construcción

- **Medidores de inducción (Electromecánicos)**

Es un medidor en el cual las corrientes en las bobinas fijas reaccionan con las inducidas en un elemento móvil, generalmente un disco, haciéndolo mover.

El principio de funcionamiento es muy similar al de los motores de inducción y se basa en la teoría de la relación de corriente eléctrica con los campos magnéticos.

- **Medidores estáticos (Electrónicos)**

Medidores en los cuales la corriente y la tensión actúan sobre elementos de estado sólido (electrónicos) para producir pulsos de salida y cuya frecuencia es proporcional a los Vatios-hora ó Var-hora.

Están contruidos con dispositivos electrónicos, generalmente son de mayor precisión que los electromagnéticos y por ello se utilizan para medir en centros de energía, donde se justifique su mayor costo.

1.2.4.2 De acuerdo con la energía que miden

- **Medidores de energía activa**

Mide el consumo de energía activa en kilovatios – hora.

- **Medidores de energía reactiva**

Mide el consumo de energía reactiva en kilovares – hora.

La energía reactiva se mide con medidores electrónicos que miden tanto la energía activa como la energía reactiva.

1.2.4.3 De acuerdo con la exactitud

Según la norma NTC 2288 y 2148, los medidores se dividen en 3 clases: 0.5, 1 y 2.

- **Medidores clase 0.5**

Se utilizan para medir la energía activa suministrada en bloque en punto de frontera con otras empresas electrificadoras o grandes consumidores alimentados a 115 kV.

- **Medidores clase 1**

Incluye los medidores trifásicos para medir energía activa y reactiva de grandes consumidores, para clientes mayores de 55 kW

Cuando el cliente es no regulado, la tarifa es horaria, por tanto el medidor electrónico debe tener puerto de comunicación o modem para enviar la información a través de la línea telefónica.

- **Medidores clase 2**

Es la clasificación básica e incluye los medidores monofásicos y trifásicos para medir energía activa en casas, oficinas, locales comerciales y pequeñas industrias con cargas menores de 55 Kw

El índice de clase 0,5, 1, y 2 significa los límites de error porcentual admisible para todos los valores de corriente entre el 10% nominal y la I máxima con un factor de potencia igual a uno.

Los medidores electrónicos de energía activa, deben cumplir con la norma NTC 2147 "Medidores Estáticos de Energía Activa. Especificaciones Metrológicas para clase 0.2S y 0.5S" y NTC 4052 "Medidores Estáticos de Energía Activa para corriente alterna clase 1 y 2".

El índice de clase es el número que expresa el límite de error porcentual admisible para todos los valores de corriente entre 0,1 veces la corriente

básica y la corriente máxima ó entre 0.05 veces la corriente nominal y la corriente máxima con un $\text{Cos } \theta = 1$.

1.2.4.4 De acuerdo con la conexión de red

- **Medidor monofásico bifilar**

Se utiliza para el registro de consumo en una acometida que tenga un solo conductor activo o fase y un conductor no activo o neutro.

- **Medidor monofásico trifilar**

Se utiliza para el registro del consumo de una acometida monofásica de fase partida (120/240 V) donde se tienen dos conductores activos y uno no activo o neutro.

- **Medidor bifásico trifilar**

Se utiliza para el registro del consumo de energía de una acometida en B.T de dos fases y tres hilos, alimentadas de la red de B.T de distribución trifásica.

- **Medidor trifásico tetrafilar**

Se utiliza para el consumo de energía de una acometida trifásica en B.T de tres fases y cuatro hilos.

- **Medidor trifásico trifilar**

Se utiliza para el registro de consumo de energía de una acometida trifásica de tres fases sin neutro.

1.2.5 Tipos de Potencia²

Del mayor o menor retraso o adelanto que provoque un equipo eléctrico cualquiera en la corriente (I) que fluye por un circuito, en relación con el voltaje o tensión (V), así será el factor de potencia o $\text{Cos } \theta$ que tenga dicho equipo.

En un circuito eléctrico de corriente alterna se pueden llegar a encontrar tres tipos de potencias eléctricas diferentes:

- Potencia activa (P) (resistiva)
- Potencia reactiva (Q) (inductiva)
- Potencia aparente (S) (total)

1.2.5.1 Potencia activa o resistiva (P)

Cuando se conecta una resistencia (R) o carga resistiva en un circuito de corriente alterna, el trabajo útil que genera dicha carga determinará la potencia activa que tendrá que proporcionar la fuente de fuerza electromotriz (FEM). La potencia activa se representa por medio de la letra (P) y su unidad de medida es el watt (W).

La fórmula matemática para hallar la potencia activa que consume un equipo eléctrico cualquiera cuando se encuentra conectado a un circuito, monofásico de corriente alterna es la siguiente:

$$P = V \cdot I \cdot \text{Cos } \varphi \quad (\text{ec. 1.2})$$

De donde:

P = Potencia de consumo eléctrico, expresada en watios (**WN**)

² www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_factor_potencia/ke_factor_potencia_1.htm

I = Intensidad de la corriente que fluye por el circuito, en amperios (**A**)

$\cos \varphi$ = Valor del factor de potencia o coseno de “fi”

En los dispositivos que poseen solamente carga resistiva, el factor de potencia es siempre igual a “1”, mientras que en los que poseen carga inductiva ese valor será siempre menor de “1” .

1.2.5.2 Potencia reactiva o inductiva (**Q**)

Esta potencia la consumen los circuitos de corriente alterna que tienen conectadas cargas reactivas, como pueden ser motores, transformadores de voltaje y cualquier otro dispositivo similar que posea bobinas o enrollados. Esos dispositivos no sólo consumen la potencia activa que suministra la fuente de **FEM**, sino también potencia reactiva.

La potencia reactiva o inductiva no proporciona ningún tipo de trabajo útil, pero los dispositivos que enrollados de alambre de cobre, requieren ese tipo de potencia para poder producir el campo magnético con el cual funcionan. La unidad de medida de la potencia reactiva es el **volt-ampere reactivo (VAR)**.

La fórmula matemática para hallar la potencia reactiva de un circuito eléctrico es la siguiente:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (\text{ec. 1.3})$$

De donde:

Q = Valor de la carga reactiva o inductiva, en volt-ampere reactivo (VAR)

S = Valor de la potencia aparente o total, expresada en volt-ampere (VA)

P = Valor de la potencia activa o resistiva, expresada en watt (W)

1.2.5.3 Potencia aparente o total (S)

La potencia aparente (S), llamada también “potencia total”, es el resultado de la suma geométrica de las potencias activa y reactiva. Esta potencia es la que realmente suministra una planta eléctrica cuando se encuentra funcionando al vacío, es decir, sin ningún tipo de carga conectada, mientras que la potencia que consumen las cargas conectadas al circuito eléctrico es potencia activa (P).

La potencia aparente se representa con “**S**” y su unidad de medida es el volt-ampere (**VA**). La fórmula matemática para hallar el valor de este tipo de potencia es la siguiente:

$$S = V \cdot I \quad (\text{ec. 1.4})$$

De donde:

S = Potencia aparente o total, expresada en volt-ampere (VA)

V = Voltaje de la corriente, expresada en volt

I = Intensidad de la corriente eléctrica, expresada en ampere (A)

1.2.6 Factor de Potencia

1.2.6.1 Triángulo de Potencias

El llamado triángulo de potencias es la mejor forma de ver y comprender de forma gráfica que es el factor de potencia o coseno de “fi” ($\text{Cos } \varphi$) y su estrecha relación con los restantes tipos de potencia presentes en un circuito eléctrico de corriente alterna como muestra la figura 1.2.

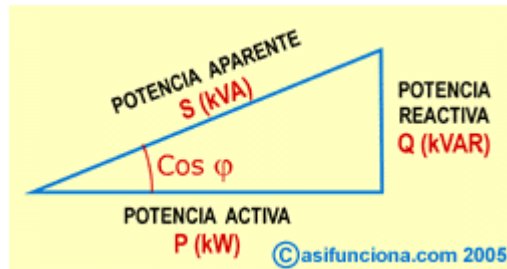


Figura 1.2 Triángulo de Potencias

Como se puede observar en el triángulo de la ilustración, el factor de potencia representa el valor del ángulo que se forma al representar gráficamente la potencia activa (P) y la potencia aparente (S), es decir, la relación existente entre la potencia real de trabajo y la potencia total consumida por la carga o el consumidor conectado a un circuito eléctrico de corriente alterna. Esta relación se puede representar también, de forma matemática, por medio de la ecuación (ec. 1.4).

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \quad (\text{ec. 1.5}).$$

El resultado de esta operación será “1” o un número fraccionario menor que “1” en dependencia del factor de potencia que le corresponde a cada equipo o dispositivo en específico. Ese número responde al valor de la función trigonométrica “coseno”, equivalente a los grados del ángulo que se forma entre las potencias (P) y (S).

Si el número que se obtiene como resultado de la operación matemática es un decimal menor que “1” (ejemplo 0.95), dicho número representa el factor de potencia correspondiente al desfase en grados existente entre la intensidad de la corriente eléctrica y la tensión o voltaje en el circuito de corriente alterna.

Lo ideal sería que el resultado fuera siempre igual a “1”, pues así habría una mejor optimización y aprovechamiento del consumo de energía

eléctrica, o sea, habría menos pérdida de energía no aprovechada y una mayor eficiencia de trabajo en los generadores que producen esa energía.

En los circuitos de resistencia activa, el factor de potencia siempre es “1”, porque en ese caso no existe desfase entre la intensidad de la corriente y la tensión o voltaje. Pero en los circuitos inductivos, como ocurre con los motores, transformadores de voltaje y la mayoría de los dispositivos o aparatos que trabajan con algún tipo de enrollado o bobina, el valor del factor de potencia se muestra con una fracción decimal menor que “1” (como por ejemplo 0,8), lo que indica el retraso o desfase que produce la carga inductiva en la senoide correspondiente a la intensidad de la corriente con respecto a la senoide de la tensión o voltaje. Por tanto, un motor de corriente alterna con un factor de potencia o $\text{Cos } \phi = 0,95$, por ejemplo, será mucho más eficiente que otro que posea un $\text{Cos } \phi = 0,85$.

1.3 TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN RF³

Radiofrecuencia (abreviada RF, rf o r.f.), es un término que se refiere a la corriente alterna (AC) con características tales que, si ésta es alimentada a una antena, se genera un campo electromagnético adecuado para la transmisión de datos de modo inalámbrico. Estas frecuencias cubren un rango significativo del espectro de radiación electromagnética, desde 3 Hertz (3Hz), frecuencia que se encuentra todavía dentro del rango captable por el oído humano, 300 Ghz.

Según se incrementa la frecuencia de las ondas electromagnéticas mas allá del espectro de RF, su energía toma la forma de ondas infrarrojas (IR), visibles, ultravioletas (UV), rayos X y rayos gama, los que se muestran en la figura 1.3.

³ www.tec-mex.com.mx

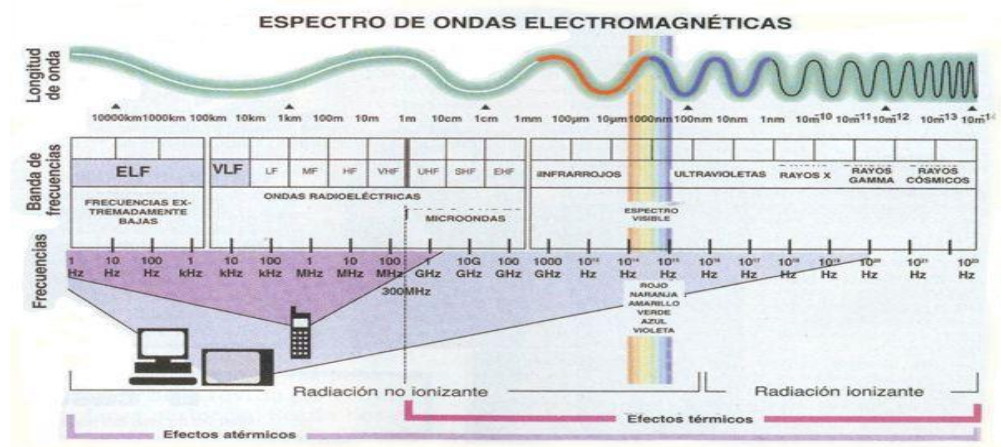


Figura 1.3 Espectro Electromagnético⁴

Muchos tipos de dispositivos inalámbricos emplean los campos RF, tal es el caso de teléfonos inalámbricos y celulares, radios y televisiones, sistema de comunicación vía satélite y servicios de radio con comunicación bi-direccional.

Algunos dispositivos inalámbricos operan en frecuencias infrarrojas o visibles, como la mayoría de controles remotos de TV, algunos teclados, ratones para computadora y unos cuantos audífonos inalámbricos.

Con las tecnologías de radiofrecuencia se pueden crear de manera sencilla y segura redes inalámbricas para transmitir información incluso de un edificio a otro, de hecho, muchas compañías ya las utilizan para agilizar sus procesos y eliminar las limitaciones y el peligro que representa el uso de cables en actividades industriales.

Por otra parte, las aplicaciones RF, igual que el resto de tecnología electrónica, han venido experimentando una reducción de precios a favor de los usuarios.

⁴ [www.Monografias.com/manipulación de ondas de Radio Frecuencia \(R_F\)_ Fundamentos Electrónica Unicrom.mht](http://www.Monografias.com/manipulación de ondas de Radio Frecuencia (R_F)_ Fundamentos Electrónica Unicrom.mht)

1.3.1 Manipulación de las ondas de R.F.

Al tomar como ejemplo un transmisor Morse, debe quedar claro que la onda del oscilador en sí no transmitiría nada; cuando se manipula esa onda es cuando se consigue que se transmita información. A la onda que genera el oscilador y que sirve para llevar la información es a lo que se denomina onda portadora.

Al poner solo la onda portadora en la antena, en los receptores podía ocurrir o que no se escuchase nada o que se escuche un pitido (dependiendo del tipo de receptor). Esto se produce porque en el receptor otro oscilador está trabajando a la misma frecuencia que el oscilador del transmisor, a esta adecuación de frecuencias es a lo que se le conoce como sintonización del receptor.

Cuando se produce la sintonización, ambos osciladores están en la misma frecuencia, en el receptor una de las etapas amplificadoras se va a encargar de tratar la onda portadora, bien anulándola (caso del receptor con sonido nulo), bien amplificando solo la portadora que está sintonizada y anulando el resto de las que llegan a la antena.

La manipulación sobre la portadora se hace poniendo en antena trozos más o menos grandes de esta portadora. Este tipo de transmisión se suele utilizar en comunicaciones a largas distancias. Una variante de este tipo de comunicación es la transmisión por onda continua modulada, empleada principalmente en comunicaciones de emergencia; la única diferencia entre los dos estriba en que en este último tipo se utilizan dos osciladores: el de R.F., que genera la portadora, y el de Audio Frecuencia (A.F.).

Las señales de los osciladores, en este tipo de transmisores se mezclan de forma que la señal de A.F. se monta sobre la señal de R.F.

(modulación). Lo que se transmite son trozos de portadora convenientemente modulada.

En la figura 1.4 se representa la señal que se tendrá en la etapa final de R.F., donde se observa "trozos de portadora (convenientemente modulada) y espacios de silencio o ausencia de portadora (los trazos grises y azul no se verían), la señal de salida será únicamente el trazo rojo.

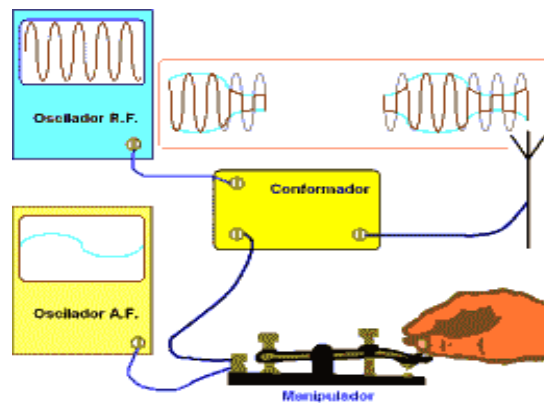


Figura 1.4 Señal de RF⁵

1.3.2 Métodos para la transmisión del sonido y la imagen

1.3.2.1 Transmisión por modulación de amplitud

Esta no difiere de la transmisión por onda continua modulada, en este caso el oscilador de A.F. se sustituye por los sonidos de este tipo recogidos por un micrófono, un dispositivo de música, una cámara, etc.

La señal captada por estos dispositivos se amplifica convenientemente y se utiliza para modular la portadora; si se conectara un osciloscopio en la etapa final de R.F. se verá una señal parecida a la figura 1.5. En este caso, en la transmisión, siempre se tiene portadora, cuando el micrófono

⁵ [www.Monografias.com/manipulación de ondas de Radio Frecuencia \(R_F\)_ Fundamentos Electrónica Unicom.mht](http://www.Monografias.com/manipulación%20de%20ondas%20de%20Radio%20Frecuencia%20(R_F)_Fundamentos%20Electrónica%20Unicom.mht)

capte un sonido, la portadora se modulará (tramos más estrechos) y en los silencios la portadora se transmitirá con toda su amplitud.

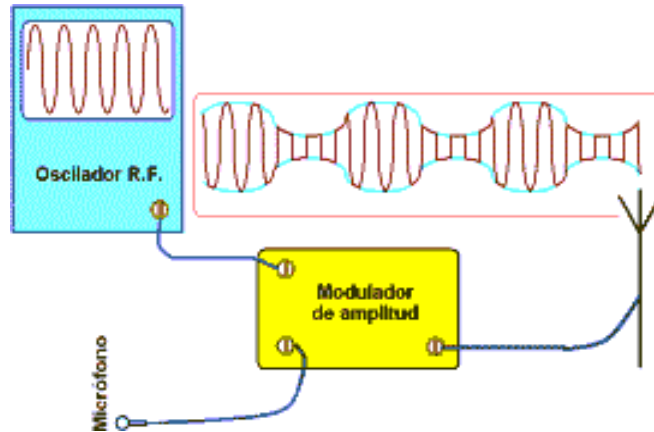


Figura 1.5 Transmisión por modulación de amplitud⁶

1.3.2.2 Transmisión por modulación de frecuencia

Esta transmisión consiste en modular la portadora de forma que la señal de entrada le haga aumentar o disminuir su frecuencia (no su amplitud como en el caso anterior).

En este caso, también, la portadora se está irradiando continuamente por la antena: en los silencios la portadora saldrá con la frecuencia del oscilador, cuando el dispositivo de sonido o imagen capte una señal, ésta modulará la portadora haciéndole variar su frecuencia.

Un osciloscopio colocado en la etapa final de R.F. vería "acortamientos y estiramientos continuos" de la portadora. (En la figura 1.6, el tramo azul, sí forma parte de la señal, está representado así para resaltar la modulación).

⁶ [www.Monografias.com/manipulación de ondas de Radio Frecuencia \(R_F\)_ Fundamentos Electrónica Unicrom.mht](http://www.Monografias.com/manipulación de ondas de Radio Frecuencia (R_F)_ Fundamentos Electrónica Unicrom.mht)

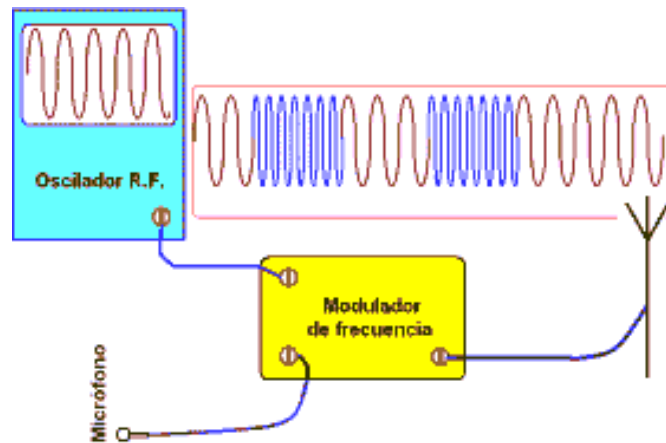


Figura 1.6 Transmisión por modulación de frecuencia⁷

1.4 OPTOACOPLADORES⁸

1.4.1 Definición

Son conocidos como optoaisladores o dispositivos de acoplamiento óptico, basan su funcionamiento en el empleo de un haz de radiación luminosa para pasar señales de un circuito a otro sin conexión eléctrica. Estos son muy útiles cuando se utilizan por ejemplo, Microcontroladores PICs y/o PICAXE, PC y se requiere proteger estos dispositivos de la etapa de potencia. En general pueden sustituir los relés ya que tienen una velocidad de conmutación mayor, así como, la ausencia de rebotes.

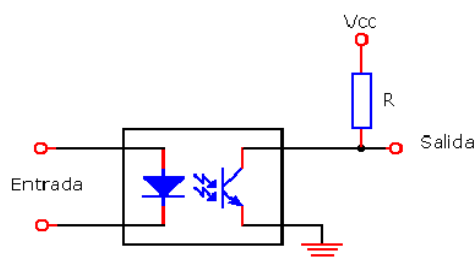


Figura 1.7 Circuito típico con optoacoplador

⁷ [www.Monografias.com/manipulación de ondas de Radio Frecuencia \(R_F_\)_ Fundamentos Electrónica Unicrom.mht](http://www.Monografias.com/manipulación de ondas de Radio Frecuencia (R_F_)_ Fundamentos Electrónica Unicrom.mht)

⁸ <http://electronred.iespana.es/optoacopla.htm>

La gran ventaja de un optoacoplador reside en el aislamiento eléctrico que puede establecerse entre los circuitos de entrada y salida. Fundamentalmente este dispositivo está formado por una fuente emisora de luz, y un fotosensor de silicio, que se adapta a la sensibilidad espectral del emisor luminoso, todos estos elementos se encuentran dentro de un encapsulado que por lo general es del tipo DIP.



Figura1.8 Optoacopladores

1.4.2 Tipos de Optoacopladores

Existen varios tipos de optoacopladores cuya diferencia entre sí depende de los dispositivos de salida que se inserten en el componente. Según esto se tiene los siguientes tipos:

1.4.2.1 Fototransistor: se compone de un optoacoplador con una etapa de salida formada por un transistor BJT. Los más comunes son el 4N25 y 4N35.

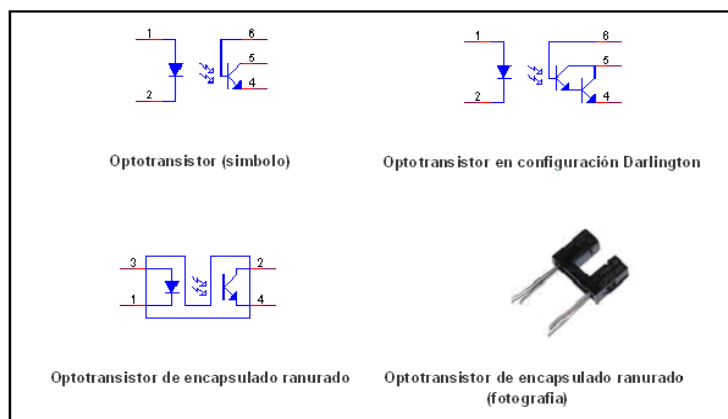


Figura 1.9 Tipos de Optotransistores⁹

⁹ <http://electronred.iespana.es/optoacopla.htm>

1.4.2.2 Fototriac: se compone de un optoacoplador con una etapa de salida formada por un triac.

- **Fototriac de paso por cero:** Optoacoplador en cuya etapa de salida se encuentra un triac de cruce por cero. El circuito interno de cruce por cero conmuta al triac sólo en los cruce por cero de la corriente alterna.

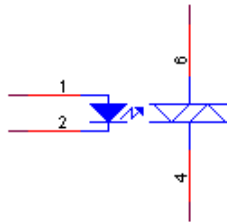


Figura 1.10 Fototriac de paso por cero

1.4.3 Características Eléctricas:

- Al realizar un acople entre dos sistemas mediante la transmisión de energía radiante (fotones), se elimina la necesidad de una tierra común, es decir que ambas partes acopladas pueden tener diferente voltajes de referencia, lo cual constituye la principal ventaja de los optoacopladores.
- La señal de entrada es aplicada al fotoemisor y la salida es tomada del fotorreceptor.
- Los optoacopladores son capaces de convertir una señal eléctrica en una señal luminosa modulada y volver a convertirla en una señal eléctrica.
- La gran ventaja de un optoacoplador reside en el aislamiento eléctrico que puede establecerse entre los circuitos de entrada y salida.

- Los fotoemisores que se emplean en los optoacopladores de potencia son diodos que emiten rayos infrarrojos (IRED) y los fotorreceptores pueden ser tiristores o transistores.
- Cuando aparece una tensión sobre los terminales del diodo IRED, este emite un haz de rayos infrarrojo que se transmite a través de una pequeña guía-ondas de plástico o cristal hacia el fotorreceptor, la energía luminosa que incide sobre el fotorreceptor hace que este conmute la tensión eléctrica a su salida. Este responde a las señales de entrada, que podrían ser pulsos de tensión.

1.4.3.1 Las características más usadas por los diseñadores son las siguientes:

1.- Aislamiento de alto voltaje. El aislamiento de alto voltaje entre las entradas y las salidas es obtenido por el separador físico entre el emisor y el receptor. Este aislamiento es posiblemente el más importante avance de los optoacopladores. Estos dispositivos pueden resistir grandes diferencias de potencial, dependiendo del tipo de acople medio y la construcción del empaquetado. El vidrio IR separa el emisor y el receptor en el TIL1027TIL103 Y TIL1207TIL121 tienen una capacidad de aislamiento de 1000 voltios, la resistencia de aislamiento es mayor que 10^{12} ohmios.

2. Aislamiento de ruido: El ruido eléctrico en señales digitales recibidas en la entrada del optoacoplador es aislado desde la salida por el acople medio, desde el diodo de entrada el ruido de modo común es rechazado.

3. Ganancia de corriente: La ganancia de corriente de un optoacoplador es en gran medida determinada por la eficiencia de los sensores npn y por el tipo de transmisión media usado. Para el TIL103 ganancia de corriente es mayor que uno, el cual, en algunos casos, elimina la necesidad de

amplificadores de corriente en la salida. Sin embargo ambos el TIL102/TIL103 y el TIL120/TIL121, tienen niveles de salida de corriente que son compatibles con las entradas de circuitos integrados como 54/74TTL.

4. Tamaño: Las dimensiones de estos dispositivos permiten ser usados en tarjetas impresas estándares. Los empaquetados de los optoacopladores son por lo general del tamaño de los transistores.

1.5 TIPOS INTERFASES DE COMUNICACIÓN

1.5.1 Universal Serial Bus¹⁰

El Universal Serial Bus (bus universal en serie) abreviado comúnmente USB, es un puerto que sirve para conectar periféricos a una computadora. Fue creado en 1996 por siete empresas: IBM, Intel, Northern Telecom, Compaq, Microsoft, Digital Equipment Corporation y NEC.

El estándar incluye la transmisión de energía eléctrica al dispositivo conectado. Algunos dispositivos requieren una potencia mínima, así que se pueden conectar varios sin necesitar fuentes de alimentación extra. La gran mayoría de los concentradores incluyen fuentes de alimentación que brindan energía a los dispositivos conectados a ellos, pero algunos dispositivos consumen tanta energía que necesitan su propia fuente de alimentación. Los concentradores con fuente de alimentación pueden proporcionarle corriente eléctrica a otros dispositivos sin quitarle corriente al resto de la conexión (dentro de ciertos límites).

El diseño del puerto USB tenía en mente eliminar la necesidad de adquirir tarjetas separadas para poner en los puertos bus ISA o PCI, y

¹⁰ www.monografias.com/trabajos11/usbmem/usbmem.shtml

mejorar las capacidades plug-and-play permitiendo a esos dispositivos ser conectados o desconectados al sistema sin necesidad de reiniciar. Cuando se conecta un nuevo dispositivo, el servidor lo enumera y agrega el software necesario para que pueda funcionar.

El puerto USB puede conectar los periféricos como ratones, teclados, escáneres, cámaras digitales, teléfonos móviles, reproductores multimedia, impresoras, discos duros externos, tarjetas de sonido, sistemas de adquisición de datos y componentes de red. Para dispositivos multimedia como escáneres y cámaras digitales, el USB se ha convertido en el método estándar de conexión. Para impresoras, el USB ha crecido tanto en popularidad que ha desplazado a un segundo plano a los puertos paralelos porque el USB hace mucho más sencillo el poder agregar más de una impresora a una computadora personal.

En el caso de los discos duros, es poco probable que el USB reemplace completamente a los buses (el ATA (IDE) y el SCSI), pues el USB tiene un rendimiento más lento que esos otros estándares. Sin embargo, el USB tiene una importante ventaja en su habilidad de poder instalar y desinstalar dispositivos sin tener que abrir el sistema, lo cual es útil para dispositivos de almacenamiento externo. Hoy en día, una gran parte de los fabricantes ofrece dispositivos USB portátiles que ofrecen un rendimiento casi indistinguible en comparación con los ATA (IDE).

Por el contrario, el nuevo estándar Serial ATA permite tasas de transferencia de hasta aproximadamente 150/300 MB por segundo, y existe también la posibilidad de extracción en caliente e incluso una especificación para discos externos llamada eSATA. En la figura 1.11a y 1.11b se indica el símbolo y el conector del puerto USB.

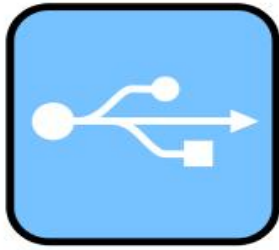


Figura 1.11a Símbolo de USB. Figura 1.11b Conector USB tipo A, Macho.

1.5.1.1 Características de transmisión

Los dispositivos USB se clasifican en cuatro tipos según la velocidad de transferencia de datos:

- **Baja velocidad (1.0):** Tasa de transferencia de hasta 1.5 Mbps (192 KB/s). Utilizado en su mayor parte por dispositivos de interfaz humana (*Human interface device*, en inglés) como los teclados, los ratones y los joysticks.
- **Velocidad completa (1.1):** Tasa de transferencia de hasta 12 Mbps (1'5 MB/s). Ésta fue la más rápida antes de la especificación USB 2.0, y muchos dispositivos fabricados en la actualidad trabajan a esta velocidad. Estos dispositivos dividen el ancho de banda de la conexión USB entre ellos, basados en un algoritmo de búferes FIFO.
- **Alta velocidad (2.0):** Tasa de transferencia de hasta 480 Mbps (60 MB/s).
- **Súper alta velocidad (3.0):** Actualmente en fase experimental y con tasa de transferencia de hasta 4.8 Gbps (600 MB/s). La velocidad del bus será diez veces más rápida que la del USB 2.0, debido a la que han incluido 5 conectores extra, desechando el conector de fibra óptica propuesto inicialmente, y será compatible con los estándares anteriores. Se espera que los productos fabricados con esta tecnología lleguen al consumidor entre 2009 o 2010. En la tabla 1.1 se indica la descripción de pines del puerto USB.

Tabla 1.1 Descripción de pines del puerto USB

| Pin | Nombre | Color del cable | Descripción |
|-----|--------|-----------------|-------------|
| 1 | VCC | Rojo | +5v |
| 2 | D- | Blanco | Data - |
| 3 | D+ | Verde | Data + |
| 4 | GND | Negro | Tierra |

Las señales del USB se transmiten en un cable de par trenzado con impedancia de $90 \Omega \pm 15\%$, cuyos hilos se denominan D+ y D- (figura 1.11). Estos, colectivamente, utilizan señalización diferencial en half-dúplex para combatir los efectos del ruido electromagnético en enlaces largos. D+ y D- suelen operar en conjunto y no son conexiones simples.

Los niveles de transmisión de la señal varían de 0 a 0,3 V para bajos (ceros) y de 2,8 a 3,6 V para altos (unos) en las versiones 1.0 y 1.1, y en ± 400 mV en alta velocidad (2.0).

En las primeras versiones, los alambres de los cables no están conectados a masa, pero en el modo de alta velocidad se tiene una terminación de 45Ω a tierra o un diferencial de 90Ω para acoplar la impedancia del cable. Este puerto sólo admite la conexión de dispositivos de bajo consumo, es decir, que tengan un consumo máximo de 100 mA por cada puerto; sin embargo, en caso de que estuviese conectado un dispositivo que permite 4 puertos por cada salida USB (extensiones de máximo 4 puertos), entonces la energía del USB se asignará en unidades de 100 mA hasta un máximo de 500 mA por puerto.

1.5.1.2 Compatibilidad y conectores

El estándar USB especifica tolerancias para impedancia y de especificaciones mecánicas relativamente bajas para sus conectores, intentando minimizar la incompatibilidad entre los conectores fabricados por

distintas compañías. El estándar USB, a diferencia de otros estándares también define tamaños para el área alrededor del conector de un dispositivo, para evitar el bloqueo de un puerto adyacente por el dispositivo en cuestión.

Las especificaciones USB 1.0, 1.1 y 2.0 definen dos tipos de conectores A y B para conectar dispositivos al servidor. Sin embargo, la capa mecánica ha cambiado en algunos conectores. Por ejemplo, el IBM UltraPort es un conector USB privado localizado en la parte superior del LCD de las computadoras portátiles de IBM. Utiliza un conector mecánico diferente mientras mantiene las señales y protocolos característicos del USB.



Fig. 1.12 Tipos diferentes de conectores USB (de izquierda a derecha): micro USB macho, mini USB tipo B macho, Tipo B macho, Tipo A hembra, Tipo A macho¹¹

1.5.2 El Bus I²C¹²

Este es un sistema de intercambio de información a través de tan solo dos cables que permite a circuitos integrados y módulos OEM interactuar entre sí a velocidades relativamente lentas. Emplea comunicación serie, utilizando un conductor para manejar el timing (pulsos de reloj) y otro para intercambiar datos.

Este bus se basa en tres señales:

¹¹ www.monografias.com/trabajos11/usbmem/usbmem.shtml

¹² [http://valetron.eresmas.net/bus_i2c\(Bus%20de%20datos\).htm](http://valetron.eresmas.net/bus_i2c(Bus%20de%20datos).htm)

- **SDA (System Data)** por la cual viajan los datos entre los dispositivos.
- **SCL (System Clock)** por la cual transitan los pulsos de reloj que sincronizan el sistema.
- **GND (Masa)** Interconectada entre todos los dispositivos "enganchados" al bus.

Las líneas SDA y SCL son del tipo drenador abierto, similares a las de colector abierto pero asociadas a un transistor de efecto de campo (ó FET). Se deben poner en estado alto (conectar a la alimentación por medio de resistores Pull-Up) para construir una estructura de bus tal que se permita conectar en paralelo múltiples entradas y salidas.

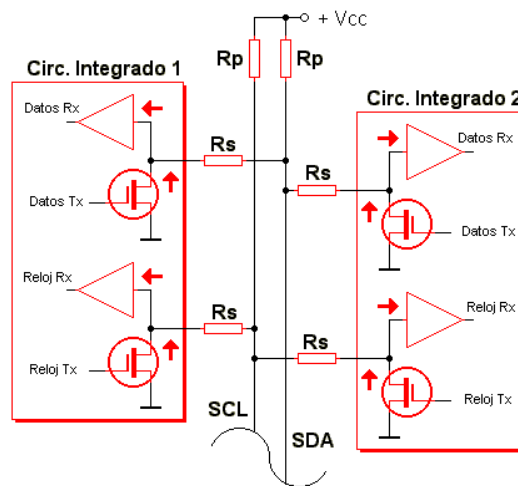


Fig. 1.13 Conexión Bus I2C¹³

En la figura 1.13 se observa la configuración eléctrica básica del bus. Las dos líneas de comunicación disponen de niveles lógicos altos cuando están inactivas. Inicialmente el número de dispositivos que se puede conectar al bus es ilimitado, pero obsérvese que las líneas tienen una especificación máxima de 400pF en lo que respecta a capacidad de

¹³ [http://valetron.eresmas.net/bus_i2c\(Bus%20de%20datos\).htm](http://valetron.eresmas.net/bus_i2c(Bus%20de%20datos).htm)

carga. La máxima velocidad de transmisión de datos que se puede obtener es de aproximadamente 100Kbits por segundo.

Las definiciones o términos utilizados en relación con las funciones del bus I²C son las siguientes:

- **Maestro (Master):** Dispositivo que determina la temporización y la dirección del tráfico de datos 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):** Cualquier dispositivo conectado al bus incapaz de generar pulsos de reloj. Reciben señales de comando y de reloj proveniente del dispositivo maestro.
- **Bus Desocupado (Bus Free):** Estado en el cual ambas líneas (SDA y SCL) están inactivas, presentando un estado lógico alto. Únicamente en este momento es cuando un dispositivo maestro puede comenzar a hacer uso del bus.
- **Comienzo (Start):** Sucede cuando un dispositivo maestro hace ocupación del bus, generando esta 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 toma un estado lógico alto mientras que la de reloj permanece también en ese estado.

- **Dato Válido (Valid Data):** Sucede cuando un dato presente en la línea SDA es estable mientras la línea SCL está a nivel lógico alto.
- **Formato de Datos (Data Format):** La transmisión de datos a través de este bus consta de 8 bits de datos (ó 1 byte). A cada byte le sigue un noveno pulso de reloj durante el cual el dispositivo receptor del byte debe generar un pulso de reconocimiento, conocido como ACK (del inglés Acknowledge). Esto se logra situando la línea de datos a un nivel lógico bajo mientras transcurre el noveno pulso de reloj.
- **Dirección (Address):** Cada dispositivo diseñado para funcionar en este bus dispone de su propia y única dirección de acceso, que viene pre-establecida por el fabricante. Hay dispositivos que permiten establecer externamente parte de la dirección de acceso. Esto permite que una serie del mismo tipo de dispositivos se puedan conectar en un mismo bus sin problemas de identificación. La dirección 00 es la denominada "de acceso general", por la cual responden todos los dispositivos conectados al bus.
- **Lectura/Escritura (Bit R/W):** Cada dispositivo dispone de una dirección de 7 bits. El octavo bit (el menos significativo ó LSB) enviado durante la operación de direccionamiento corresponde al bit que indica el tipo de operación a realizar. Si este bit es alto el dispositivo maestro lee información proveniente de un dispositivo esclavo.

En cambio, si este bit fuese bajo el dispositivo maestro escribe información en un dispositivo esclavo.

1.5.2.1 Protocolo del Bus

Para iniciar una comunicación entre dispositivos conectados al bus I²C se debe respetar un protocolo. Tan pronto como el bus esté libre, un

dispositivo maestro puede ocuparlo generando una condición de inicio. El primer byte transmitido después de la condición de inicio contiene los siete bits que componen la dirección del dispositivo de destino seleccionado y un octavo bit correspondiente a la operación deseada (lectura o escritura).

Si el dispositivo cuya dirección se apuntó en los siete bits está presente en el bus, éste responde enviando el pulso de reconocimiento ó ACK. Seguidamente puede comenzar el intercambio de información entre los dispositivos.

Cuando la señal R/W está previamente a nivel lógico bajo, el dispositivo maestro envía datos al dispositivo esclavo hasta que deja de recibir los pulsos de reconocimiento, o hasta que se hayan transmitido todos los datos.

En el caso contrario, es decir cuando la señal R/W estaba a nivel lógico alto, el dispositivo maestro genera pulsos de reloj durante los cuales el dispositivo esclavo puede enviar datos. Luego de cada byte recibido el dispositivo maestro (que en este momento está recibiendo datos) genera un pulso de reconocimiento.

El dispositivo maestro puede dejar libre el bus generando una condición de parada (Stop). Si se desea seguir transmitiendo, el dispositivo maestro puede generar otra condición de inicio el lugar de una condición de parada. Esta nueva condición de inicio se denomina "inicio repetitivo" y se puede emplear para direccionar un dispositivo esclavo diferente ó para alterar el estado del bit de lectura/escritura (R/W).

1.6 CARACTERÍSTICAS Y ARQUITECTURA DEL PIC 16F876 ¹⁴

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

¹⁴ PIC16F87X Data Sheet – 2003 Microchip Technology Inc.

E/S. Un microcontrolador difiere de una CPU normal, debido a que es más fácil convertirla en una computadora en funcionamiento, con un mínimo de chips externos de apoyo.

La idea es que el chip se coloque en el dispositivo, enganchado a la fuente de energía y de información que necesite. Son diseñados para disminuir el costo económico y el consumo de energía de un sistema en particular.

1.6.1 Características Técnicas

- ❖ μ C de 8 bits.
- ❖ RAM usuario de 368 bytes.
- ❖ EEPROM 256 bytes.
- ❖ 8K EEPROM Flash.
- ❖ 22 líneas E/S (33 para 40p).
- ❖ 2 timer de 8 bits (TMR0 y TMR2).
- ❖ 1 timer de 16 bits (TMR1).
- ❖ 1 temporizador interno WATCHDOG.
- ❖ Convertidor A/D de 5 canales (8 para 40p).
- ❖ 2 módulos de captura y comparación (PWM).
- ❖ 1 puerto serie síncrono con SPI e I2C.
- ❖ 1 USART.
- ❖ 1 puerta paralela esclava para 40patillas.
- ❖ Frecuencia 20 MHz.
- ❖ Alimentación 2 a 5,5v.
- ❖ 35 instrucciones, de 14 bits.
- ❖ 14 fuentes de interrupción externas e internas.
- ❖ Pila de 8 niveles.

Figura 1.14 Arquitectura del PIC 16F876

1.6.3 Distribución de Pines

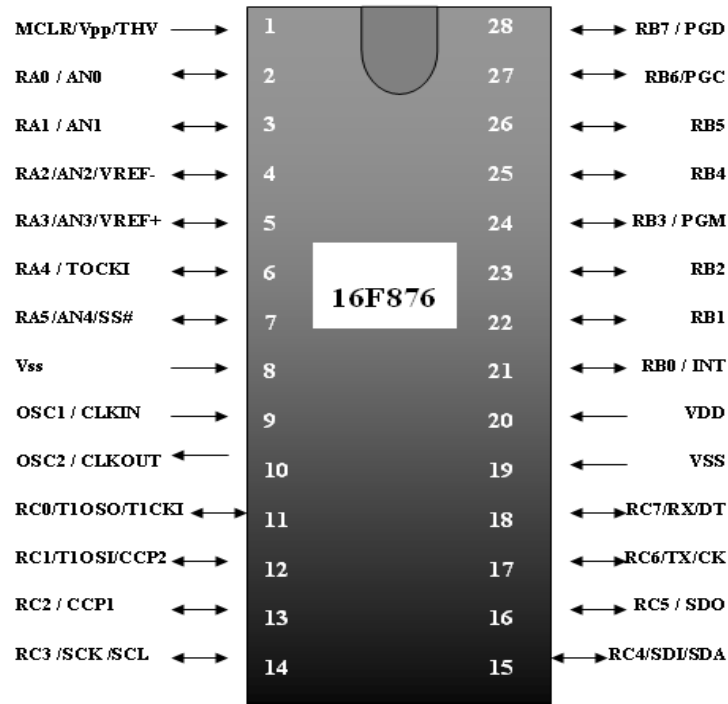


Fig. 1.15 Pines del PIC 16F876¹⁵

1.6.4 Organización de la Memoria

Se divide en:

- ✓ Memoria de Programas
- ✓ Memoria de datos

1.6.5 Configuración de los principales registros del PIC 16F876

1.6.5.1 Registro de estado (Status)

| | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|---|----|---|
| IRP | RPI | RP0 | TO# | PD# | Z | DC | C |
|-----|-----|-----|-----|-----|---|----|---|

C, se pone a "1" cuando existe acarreo en el 8º bit.

DC, se pone a "1" cuando existe acarreo en el 4º bit.

Z, señalizador de cero a "1".

¹⁵ PIC16F87X Data Sheet – 2003 Microchip Technology Inc.

PD#, se pone a “0” al ejecutar la instrucción de SLEEP, vuelve a “1” al conectar la alimentación o refrescar el WDT.

TO#, se pone a “0” al desbordarse el WDT, vuelve a “1” al conectar la alimentación, refrescar el WDT o ejecutar SLEEP.

RP0-1, seleccionan los bancos de memoria RAM.

- 00 - Banco 0
- 01 - Banco 1
- 10 - Banco2
- 11 - Banco 3

IRP, selecciona el banco de RAM en direccionamiento indirecto (“0” bancos 0 y 1, “1” bancos 2 y 3).

1.6.5.2 Registro de opciones (Option)

| | | | | | | | |
|------|--------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| RBP# | INTDEG | TOCS | TOSE | PSA | PS2 | PS1 | PS0 |
|------|--------|------|------|-----|-----|-----|-----|

PS0-2, determinan el valor con el que actúa el divisor de frecuencia (tabla1.2):

Tabla 1.2 Valores con los que actúa el divisor de frecuencia

| PS0 | PS1 | PS2 | TMR0 | WDT |
|-----|-----|-----|--------|--------|
| 0 | 0 | 0 | 1: 2 | 1: 2 |
| 0 | 0 | 1 | 1: 4 | 1: 2 |
| 0 | 1 | 0 | 1: 8 | 1: 4 |
| 0 | 1 | 1 | 1: 16 | 1: 8 |
| 1 | 0 | 0 | 1: 32 | 1: 16 |
| 1 | 0 | 1 | 1: 64 | 1: 32 |
| 1 | 1 | 0 | 1: 128 | 1: 64 |
| 1 | 1 | 1 | 1: 256 | 1: 128 |

PSA, asigna el divisor de frecuencias al WDT si es 0 ó al TMR0 si es 1.

TOSE, determina el flanco para el incremento del TMR0, ascendente a 0 y descendente a 1.

INTDEG, indica el flanco de la interrupción externa, ascendente a 1 y descendente a 0.

RBPU#, a 0 activa las resistencias de Pull-Up de la puerta B.

1.6.5.3 Registro de control de interrupciones (Intcon – 0BH)

| | | | | | | | |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| GIE | PEIE | TOIE | INTE | RBIE | TOIF | INTF | RBIF |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|

GIE, “1” permite todas las interrupciones.

PEIE, “1” da permiso de interrupción a los periféricos no controlados por INTCON.

TOIE, “1” permite interrupción del TMR0.

INTE, “1” permite interrupción externa INT.

RBIE, “1” permite interrupción por cambio RB4-7.

TOIF, “1” señala desbordamiento en TMR0.

INTF, “1” señala activación de la patilla de interrupción externa INT.

RBIF, “1” señala activación por cambio de RB4-7.

1.6.5.4 Registro de permiso de interrupciones (PIE1- 8CH)

| | | | | | | | |
|-------|------|------|------|-------|-------|--------|--------|
| PSPIE | ADIE | RCIE | TXIE | SSPIE | CCPIE | TMR2IE | TMR1IE |
|-------|------|------|------|-------|-------|--------|--------|

PSPIE, permiso interrupción puerta paralela esclava en modelos de 40 patillas.

ADIE, permiso interrupción para el convertidor A/D al finalizar la conversión.

RCIE, permiso interrupción para el receptor USART al llenarse el buffer.

TXIE, permiso interrupción para el transmisor USART al vaciarse el buffer.

SSPIE, permiso interrupción para la puerta serie síncrona.

CCP1IE, permiso interrupción para el módulo CCP1 al producirse captura o comparación.

TMR2IE, permiso interrupción para desbordamiento del TMR2.

TMR1IE, permiso interrupción para desbordamiento TMR1.

1.6.5.5 Registro de permiso de interrupciones (PIE2- 8DH)

| | | | | | | | |
|---|---|---|------|-------|---|---|--------|
| — | 0 | — | EEIE | BCLIE | — | — | CCP2IE |
|---|---|---|------|-------|---|---|--------|

EEIE, permiso interrupción por fin de escritura en la EEPROM de datos.

BCLIE, permiso interrupción por colisión del bus SSP al transferir dos o más maestros al mismo tiempo.

CCP2IE, permiso interrupción en el módulo CCP2.

1.6.6 Timers - Counters

- El **TMR0** se programa igual que en el 16F84: temporizador/contador de 8 bits.
- El **TMR1** es un temporizador/contador (síncrono-asíncrono) de 16 bits.
- El **TMR2** es un temporizador de 8 bits con predivisor y postdivisor.

1.6.7 Comunicación Serie Síncrona

Utiliza dos registros para la comunicación:

- **SSPBUF**, para cargar desde el bus interno la palabra a transmitir o llevar a este bus la leída.
- **SSPSR**, para desplazar al exterior los bits a transmitir o introducir los que son recibidos.

Aparecen dos indicadores:

- **BF**, a “1” indica que la información ha pasado a SSPBUF.

- **SSPIF**, flag de interrupción a “1” cuando la información ha pasado a SSPBUF.
- **WCOL**, se debe poner a “1” para ignorar cualquier escritura en SSPBUF durante la transferencia de información, una vez completada se debe poner a “0”.

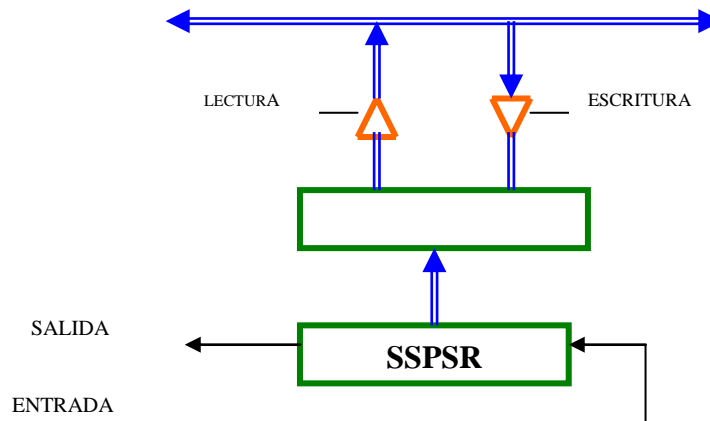


Fig. 1.16 Comunicación serie síncrona.

1.6.7.1 Modo SPI (Serial Peripheral Interface)

- Permite transmitir y recibir datos de 8 bits en serie de forma síncrona y simultánea.
- Utiliza tres líneas:
 1. **SDO**, salida de datos.
 2. **SDI**, entrada de datos.
 3. **SCK**, reloj.
 - 4.
- Si se utiliza en modo esclavo la patilla SS# se llevaría a masa.
- Para comenzar la comunicación se deben programar los registros **SSPCON** y **SSPSTAT**.

1.6.7.2 MODO I2C

- Utiliza dos líneas bidireccionales que además deben estar conectadas a +Vcc con carga **pull-up**:
- **SDA**, para los datos.
- **SCL**, para el reloj generado por el maestro.
- Si el bus está libre, las líneas estarán a “1”.
- Cada dispositivo se identifica por una dirección
- Permite el funcionamiento multimaestro con arbitraje y sincronización.
- Velocidad hasta 100Kbits/s.

1.7 CARACTERÍSTICAS Y ARQUITECTURA DEL PIC 16F62X ¹⁶

1.7.1 Características de la CPU

Posee las siguientes características

- 35 instrucciones RISC.
- EEPROM 128x8.
- Memoria flash de 2024x14.
- Velocidad de operación
 - DC-20Mhz
 - DC-200ns (ciclo)
- Interrupciones.
- Modo de direccionamiento directo, indirecto y relativo.
- 16 funciones especiales de hardware.

¹⁶ PIC16F62X Data Sheet – 2003 Microchip Technology Inc.

1.7.2 Características especiales del microcontrolador:

- Opción de de definición del oscilador interno o externo
 - Interno : 4MHz de fábrica
 - Externo: osciladores de cristal
- Modo SLEEP
- Voltaje de operación –2.0V a 5.5V
- WDT
- MCLR
- Pull-ups
- Protección de código
- Comunicación serial

1.7.3 Características de los periféricos

- 15 Líneas de entrada/salida con direccionamiento individual.
- Módulos de comparadores analógicos.
- Módulo ADC.
 - 10 bit de resolución.
 - Programable en 4 canales de entrada.
- Timer0 de 8 bits.
- Timer1:
 - 16 bits.
 - Se puede usar para uso de oscilador externo.
- Timer0 de 8 bits con 8 bits de registro.
- Módulo PWM.
- Módulo USART.
- 16 bytes de memoria RAM

1.7.4 Diagrama de Pines

La figura 1.17 indica los pines del microcontrolador PIC 16F62X.

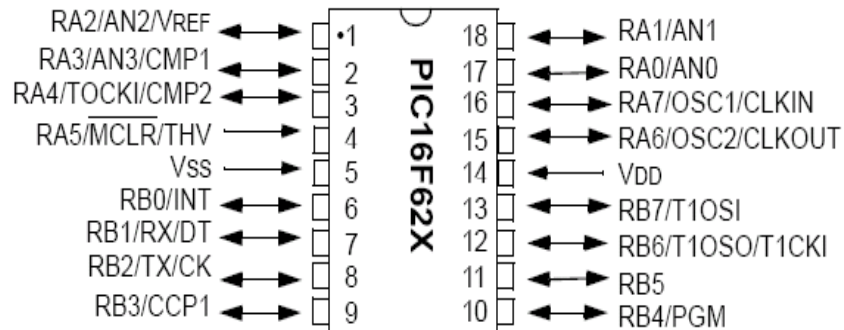


Fig. 1.17 Diagrama de pines¹⁷

1.7.4.1 Descripción general

El PIC16F62X cuenta con dos puertos PORTA y PORTB, algunos pines de estos puertos de entrada/salida son multiplexados con una función alternativa de los periféricos del dispositivo. Cuando un periférico es activado, el pin no puede ser usado para propósitos generales de entrada/salida.

El PORTA es un puerto de entrada de 8 bits. El pin RA4 está multiplexado con la entrada de reloj T0CKI. El pin RA5 es un disparador Schmitt sólo de entrada y no cuenta con controladores de salida. El resto de los pines de los puertos tienen un disparador Schmitt con todos los niveles de entrada de datos y controladores de salida. Todos los pines tienen bits de dirección de datos (registros TRIS), mediante los cuales se los puede configurar como entradas o salidas.

Un '1' en el registro TRISA corresponde a poner el controlador correspondiente de la salida en modo de alta impedancia, es decir, los

¹⁷ PIC16F62X Data Sheet – 2003 Microchip Technology Inc.

pinos de PORTA se configuran como entradas de datos. Un '0' en el registro TRISA pone el contenido de la salida en el pin seleccionado, en otras palabras los pines del puerto se configuran para salida de datos.

Cuando se lee el registro PORTA este muestra el estado de los pines mientras que se le escriba, este escribirá en el puerto. Todas las operaciones de escritura son operaciones de lectura – modificación – escritura. La escritura al puerto implica que los pines del puerto sean leídos primero y después ese valor será modificado y escrito en la salida del puerto.

Los pines del PORTA son multiplexados por un comparador y un voltaje de referencia. La operación de estos pines se selecciona por el control de bits en el registro CMCON (comparator control register) y el registro VRCON (voltage reference control register). Cuando se selecciona como entrada el comparador, los pines leerán como 0's.

TRISA controla la dirección de los pines RA, inclusive cuando este comienza a usarse como entrada en el comparador. El usuario debe asegurarse de mantener los pines configurados como entradas, al usarlas como entradas del comparador. La dirección 0x05 hace referencia a la dirección de PORTA el cual reside en el BANCO 0 y el TRISA reside en la misma dirección pero del BANCO 1.

El PORTB es un puerto bidireccional de 8 bits. Su registro de datos correspondiente es TRISB. Un '1' in el registro TRISB pone el dispositivo de salida correspondiente en modo de alta impedancia. Un '0' en el registro TRISB pone el contenido de la salida en el pin seleccionado. Esto es justo lo mismo que ocurre en el TRISA. El PORTB es multiplexado con interrupciones externas, tales como USART, el módulo CCP y el reloj de entrada/salida TMR1.

1.8 MEMORIA EEPROM EXTERNA ¹⁸

La memoria EEPROM es programable y borrrable eléctricamente y su nombre proviene de la sigla en inglés Electrical Erasable Programmable Read Only Memory.

Actualmente estas memorias se construyen con transistores de tecnología MOS (Metal Oxide Silice) y MNOS (Metal Nitride-Oxide Silicon). Las celdas de memoria en las EEPROM son similares a las celdas EPROM y la diferencia básica se encuentra en la capa aislante alrededor de cada compuesta flotante, la cual es más delgada y no es fotosensible.

Las memorias EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) son memorias no volátiles y eléctricamente borrrables a nivel de bytes. La posibilidad de programar y borrrar las memorias a nivel de bytes supone una gran flexibilidad, pero también una celda de memoria más compleja. Además del transistor de puerta flotante anterior, es preciso un segundo transistor de selección. El tener 2 transistores por celda hace que las memorias EEPROM sean de baja densidad y mayor coste. La programación requiere de tiempos que oscilan entre $157 \mu s$ y $625 \mu s$ =byte. Frente a las memorias EPROM, presenta la ventaja de permitir su borrrado y programación en placa, aunque tienen mayor coste debido a sus dos transistores por celda.

Estas memorias se presentan, en cuanto a la organización y asignación de patillas, como la UVPROM cuando están organizadas en palabras de 8 bits. Se programan de forma casi idéntica pero tienen la posibilidad de ser borrradas eléctricamente. Esta característica permite que puedan ser programadas y borrradas “en el circuito”.

Debido a que la celda elemental de este tipo de memorias es más complicada que sus equivalentes en EPROM o PROM (y por ello bastante más cara), este

¹⁸ <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/2000477/lecciones/100301.htm>

tipo de memoria no dispone en el mercado de una variedad tan amplia, y es habitual tener que acudir a fabricantes especializados en las mismas (ejemplo: Xicor).



Fig. 1.19 Memoria EEPROM

En cuanto a la forma de referenciar los circuitos, estas memorias suelen comenzar con el prefijo 28, de forma que la 2864 indica una memoria EEPROM de 64Kbytes. Una ventaja adicional de este tipo de memorias radica en que no necesitan de una alta tensión de grabado, sirven los 5 voltios de la tensión de alimentación habitual.

La figura 1.20 indica la configuración en bloques de la memoria EEPROM 24LC01B y la forma de lectura y escritura de la memoria se indica en la tabla 1.2.

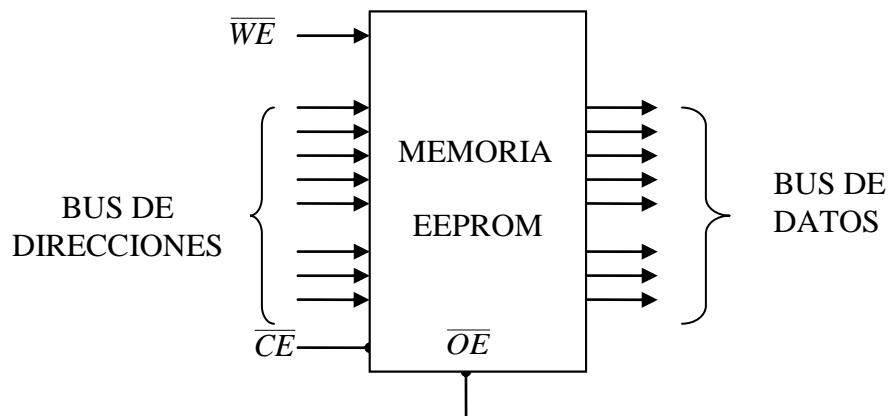


Fig. 1.20 Configuración en bloques de la memoria EEPROM

CE = CHIP ENABLE: Permite Activar el Circuito Integrado

OE = OUTPUT ENABLE: Permite Activar La Salida Del Bus De Datos

| | \overline{CE} | \overline{OE} | \overline{WE} |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|
| LECTURA | 0 | 0 | 1 |
| ESCRITURA | 0 | 1 | 0 |

Tabla. 1.2 Tabla de R/W

1.8.1 Ventajas de la EEPROM:

- La programación y el borrado pueden realizarse sin la necesidad de una fuente de luz UV y unidad programadora de PROM, además de poder hacerse en el mismo circuito gracias a que el mecanismo de transporte de cargas mencionado en el párrafo anterior requiere corrientes muy bajas.
- Las palabras almacenadas en memoria se pueden borrar de forma individual.
- Para borrar la información no se requiere luz ultravioleta.
- Las memorias EEPROM no requieren programador.
- De manera individual puedes borrar y reprogramar eléctricamente grupos de caracteres o palabras en el arreglo de la memoria.
- El tiempo de borrado total se reduce a 10ms en circuito donde su antepasado inmediato requería media hora bajo luz ultravioleta externa.
- El tiempo de programación depende de un pulso por cada palabra de datos de 10 ms, versus los 50 ms empleados por una ROM programable y borrrable.
- Se pueden reescribir aproximadamente unas 1000 veces sin que se observen problemas para almacenar la información.
- Para reescribir no se necesita hacer un borrado previo.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS Y DISEÑO

2.1 ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DEL SISTEMA

La implementación de un sistema de medición del consumo de energía eléctrica inalámbrico permitirá tomar las lecturas de los medidores de forma rápida y eficiente disminuyendo de esta manera la interacción de los empleados de la empresa eléctrica con éstos equipos contribuyendo así al desarrollo de la Empresa.

El desarrollo de prototipos que puedan simplificar y automatizar las tareas comunes, constituyen un ahorro de tiempo, mejoramiento y confiabilidad de los sistemas que generalmente utiliza el ser humano. El proceso de automatización deberá cumplir los siguientes objetivos:

- Sustituir el registro de lectura de energía eléctrica manual por un registro automático.
- Disponer de un software que interprete los datos obtenidos en el registro de lectura de energía eléctrica.
- El sistema creado deberá ser confiable, seguro y en un entorno amigable para el usuario.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema deberá cumplir los siguientes parámetros:

- Distancia máxima para la transmisión de datos 50 metros
- La descarga de datos se la realizará al final de la jornada de trabajo con la condición de que sea un trabajador a la vez.

- La capacidad de almacenamiento inicial es de 512 Kbit con la posibilidad de ser expandida.
- Para la facturación y almacenamiento de datos de todo el sistema se requerirá de un computador con Windows XP, disco duro de 80 Gb o superior y puertos USB.

En los puntos siguientes se describirán el hardware y software implementado que permite cumplir los objetivos propuestos.

2.2.1 Diagrama de bloques general

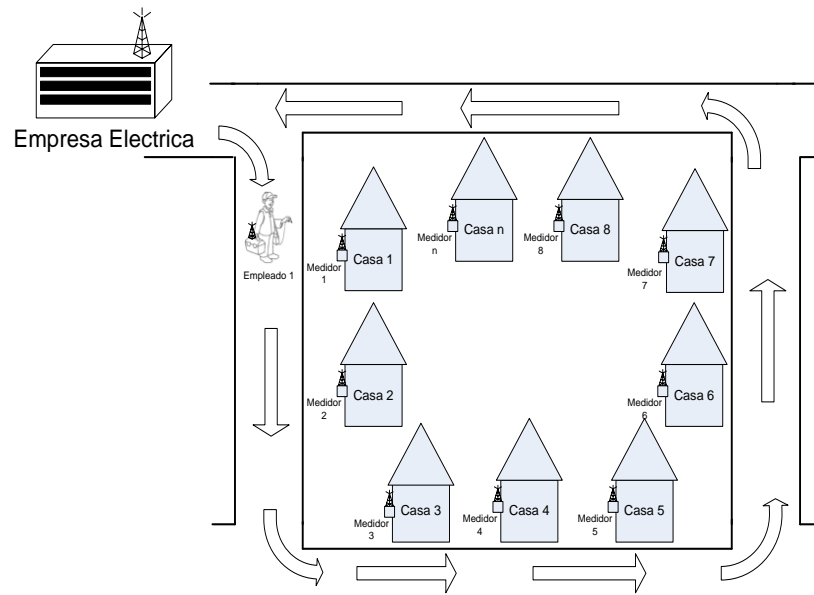


Figura 2.1 Diagrama de bloques principal

La figura 2.1 muestra el diagrama principal del sistema el cual consta de:

- **Empresa Eléctrica:** es el punto de partida y llegada del empleado, en la cual se recibirá, almacenará e interpretará los datos obtenidos durante todo el recorrido de lectura.
- **Casas 1,2,3,..n:** son los lugares donde el empleado registrará la lectura de los medidores de energía eléctrica.

- **Empleado 1,2,3, ...** : Son las personas que van a registrar las lecturas del consumo de energía eléctrica en cada domicilio.

2.3 Diagrama de bloques del acondicionamiento del medidor de energía eléctrica.

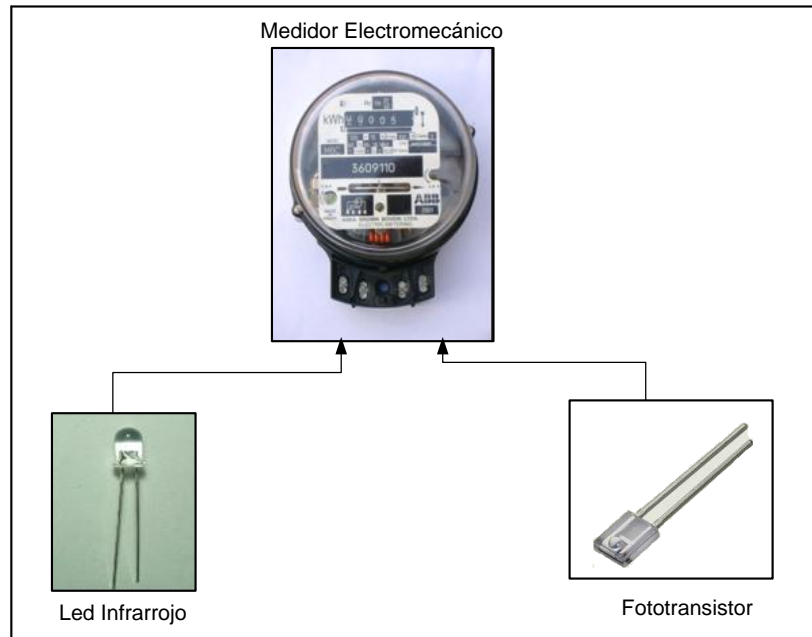


Figura 2.2 Diagrama de bloques del acondicionamiento del medidor

- **Medidor Electromecánico de Energía Eléctrica:** es el equipo que será acondicionado para medir la potencia consumida y transmitir los datos de la lectura.
- **Led Infrarrojo:** este led ubicado en el disco del medidor de energía se encarga de emitir constantemente luz infrarroja para que pueda ser captada por un fototransistor.
- **Fototransistor:** también ubicado en el disco del medidor, tiene la función de recibir la luz emitida por el led infrarrojo para convertirla en un pulso y tratarlo en el circuito principal.

2.4 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL MÓDULO TRANSMISOR

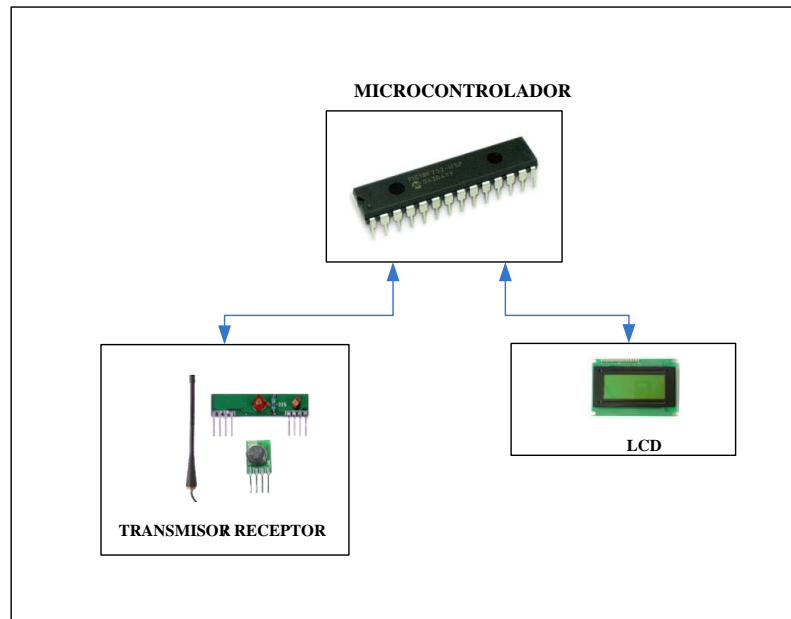


Figura 2.3 Diagrama de bloques del módulo transmisor

- **Microcontrolador:** es un circuito integrado PIC que se encarga de manejar todos los datos obtenidos en la lectura y los almacena para luego enviarlos al módulo receptor.
- **Transmisor/receptor:** envía y recibe el dato necesario almacenado en el microcontrolador para que este de las órdenes a los periféricos de salida.
- **LCD:** es la interfaz gráfica de los datos cuantizados.

2.5 SELECCIÓN DEL HARDWARE PARA EL MÓDULO DE TRANSMISIÓN

2.5.1 Medidor Electromecánico Monofásico M8C¹⁹

Los medidores monofásicos a inducción para registro de energía activa se ajustan a los lineamientos y requerimientos técnicos de la

¹⁹ www.asia-meter.com.ar/

norma **IEC 521**. Son fabricados en establecimiento con aseguramiento de calidad **ISO 9001**.

Su diseño convencional y construcción minuciosa aseguran confiabilidad y la exactitud de sus prestaciones. El sistema de medición es apto para sobrecargas de 4 veces la intensidad nominal y una corriente de arranque del 0,5% de la misma.

2.5.1.1 CARACTERÍSTICAS:

- Tensión nominal: 110v
- Corriente nominal: 15A
- Corriente máxima: 100A
- Unidad: kwh
- Frecuencia Nominal: 50Hz
- Clase 2
- Constante disco: 1.8 watt/rev
- Número de fases: 1
- Número de hilos: 2
- Registrador: ciclo métrico
- Descanso: magnético
- Cubierta: vidrio
- Base: metálica

2.5.2 Características del Microcontrolador 16F628²⁰

Es un microcontrolador CMOS FLASH de 8 bits de arquitectura RISC capaz de operar con frecuencias de reloj hasta de 20 MHz, fácil de programar y disponible en cápsulas DIP (Doble hilera de pines) y SOIC (Montaje superficial en forma cuadrada) de 18 pines.

²⁰ Anexo B Hojas de especificaciones técnicas del integrado

Posee internamente un oscilador de 4 MHz y un circuito de Power-On Reset que eliminan la necesidad de componentes externos y expanden a 16 el número de pines que pueden ser utilizados como líneas I/O (entrada/salida; Input/ Output) de propósito general, a diferencia con el PIC16F84 que sólo puede utilizar 13 pines como entradas o salidas en sus dos puertos.

Adicionalmente, sin olvidar su arquitectura Harvard con instrucciones RISC, el PIC16F628 proporciona una memoria de datos EEPROM de 128x8 (128 Bytes), una memoria de programa FLASH de 2048x14 (2K con 14 bits por localidad), una memoria de datos RAM de propósito general de 224x8, un módulo CCP (captura/comparación/PWM), un USART, 3 comparadores análogos, una referencia de voltaje programable y tres temporizadores.

- Frecuencia de operación DC a 20 Mhz
- Memoria de programa 3.5K
- Número de instrucciones 2048
- RAM 224 bytes
- EEPROM 128 bytes
- Módulo CCP 1
- Comparadores 2
- Power On Reset Yes
- Comunicación serie USART
- Timers 1x16-bit 2x8-bit
- WDT W/RC
- Tensión de Referencia Vref Yes
- In-Circuit Serial Program Yes

Estas y otras características lo hacen ideal en aplicaciones automotrices, industriales, y de electrónica de consumo, así como en equipos e instrumentos programables de todo tipo.

2.5.3 Transmisor²¹

Estos dispositivos son importantes puesto que de ellos depende el correcto funcionamiento del sistema, dichos dispositivos deben ser confiables y seguros para la transmisión y recepción de datos. El dispositivo transmisor seleccionado es el **TWS-434** y el dispositivo receptor es **RWS-434**, los cuales tienen comunicación half-duplex con modulación ASK por defecto de un sólo canal. Las principales características de los dispositivos se presentan en la tabla 2.1

| CARACTERÍSTICAS | TWS-434 | RWS-434 |
|----------------------------------|---|---------------|
| Voltaje de operación | 2 – 12 VDC | 4.5 – 5.5 VDC |
| Frecuencia de operación | 433.92 MHz | |
| Data Rate máximo | 3KBps | |
| Potencia de transmisión | Vcc = 9-12 16dBm Vcc = 5-6 14dBm | NA |
| Sensibilidad de recepción máxima | NA | -106 dBm |

Tabla 2.1 Características TWS-434 y RWS-434

2.5.4 LCD TS1620A-21(17)²²

Para poder visualizar el número de usuario, consumo de energía eléctrica, fijaciones de parámetros en general y varios mensajes se necesita un indicador que brinde las facilidades necesarias al usuario, se optó por utilizar el módulo **LCD TS1620A-21(17)**.

²¹ Anexo B Hojas de especificaciones técnicas del transmisor y receptor

²² www.intercomercialsac.com

Este módulo LCD es un display de cristal líquido de 16x2 de bajo consumo. La tabla 2.6 da las principales características del LCD.

| CARACTERÍSTICAS | LCD TS1620A-21(17) |
|------------------------|---------------------------|
| Voltaje de operación | + 5V |
| Tipo de LCD | STN Blue |
| Formato | 16 caracteres x 2 líneas |
| Ventana Display | 65.0 x 11.5 mm |
| Backlight | Blanco |

Tabla 2.2 Características del LCD TS1620A-21(17)

2.5.5 Diodo emisor de luz

2.5.5.1 Características

Para obtener una buena intensidad luminosa debe escogerse bien la corriente que atraviesa el LED; para ello, hay que tener en cuenta que el voltaje de operación va desde 1,8 hasta 3,8 voltios aproximadamente (lo que está relacionado con el material de fabricación y el color de la luz que emite) y la gama de intensidades que debe circular por él, varía, según su aplicación. Valores típicos de corriente directa de polarización de un LED corriente están comprendidos entre los 10 y los 40 mA.

En general, los LEDs suelen tener mejor eficiencia cuanto menor es la corriente que circula por ellos, con lo cual, en su operación de forma optimizada, se suele buscar un compromiso entre la intensidad luminosa que producen (mayor cuanto más grande es la intensidad que circula por ellos) y la eficiencia (mayor cuanto menor es la intensidad que circula por ellos).

2.5.6 Fototransistor²³

Se llama fototransistor a un transistor sensible a la luz, normalmente a los infrarrojos. La luz incide sobre la región de base, generando portadores en ella. Esta carga de base lleva el transistor al estado de conducción. El fototransistor es más sensible que el fotodiodo por el efecto de ganancia propio del transistor.

Un fototransistor es igual a un transistor común, con la diferencia que el primero puede trabajar de 2 formas:

1. Como transistor normal con la corriente de base I_b (modo común).
2. Como fototransistor, cuando la luz que incide en este elemento hace las veces de corriente de base. I_p (modo de iluminación).

Puede utilizarse de las dos en formas simultáneamente, aunque el fototransistor se utiliza con el pin de la base sin conectar.

2.5.6.1 Características:

- Corriente del colector: On state $I_c(\min)= 2.0$ (mA) $I_c(\max)= 1.0$ (mA).
- Corriente del colector a oscuras: $I_{co} = 100$ nA para $V_{ce}= 10$ V.
- Voltaje de saturación colector-emisor: $V_{ce}(\text{sat})= 0.4$ V con $I_c= 0.4$ mA.
- Voltaje colector-emisor $V_{ce}= 5$ V da un pico de emisión a 890nm y 1.7mW/cm²:

2.6 DISEÑO DEL SOFTWARE PARA EL MICROCONTROLADOR DEL MÓDULO DE TRANSMISIÓN

En el programa principal se configuran los puertos A y B como salidas y entradas respectivamente, de acuerdo a los requerimientos del programa.

²³ www.wikipedia.fototransistor.com

Dentro de las subrutinas se desarrolla todo el programa cuando éstas sean requeridas, las subrutinas van a ser detalladas posteriormente. La figura 2.4 nos detalla el programa principal con sus respectivas subrutinas.

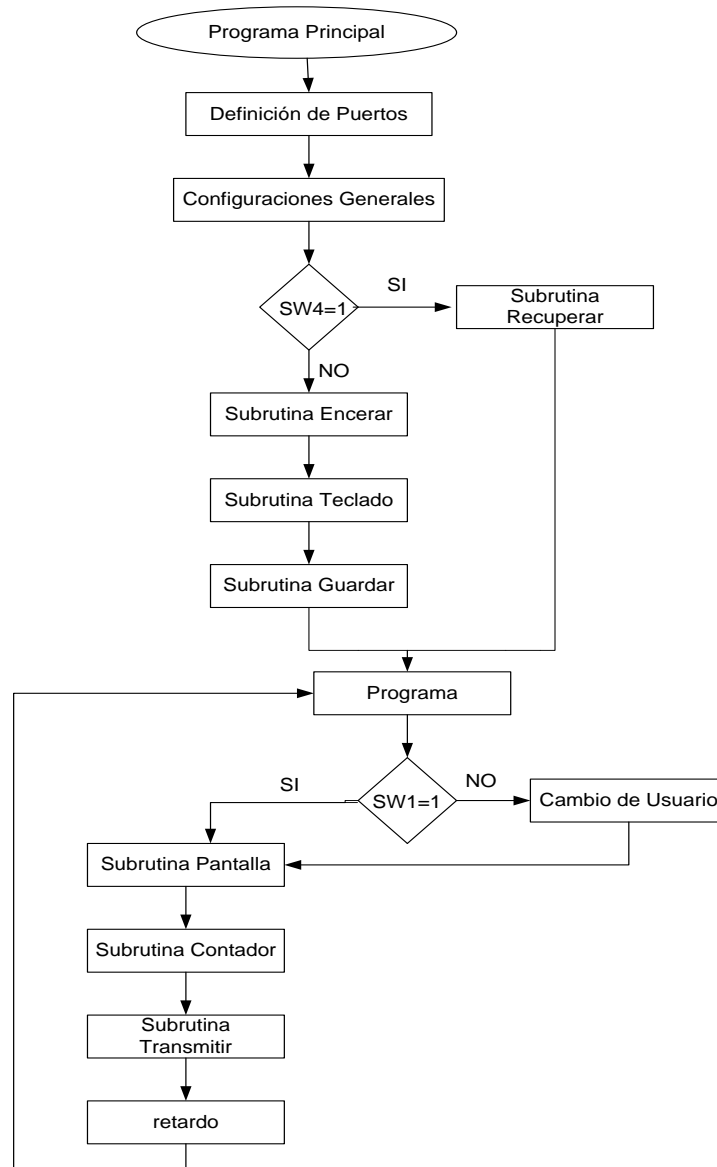


Figura 2.4 Diagrama de bloques del programa principal.

2.6.1 Subrutina Encerar

Esta subrutina permite inicializar las variables con un valor de 0 y posteriormente ingresar los valores que el usuario requiera. La figura 2.5 muestra las variables enceradas.

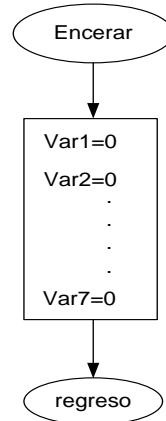


Figura 2.5 Diagrama para encerar las variables.

2.6.2 Subrutina Recuperar.

En esta subrutina es posible recuperar los valores de lectura del medidor guardados en la memoria del microcontrolador y mostrar en el LCD, esto sirve como respaldo para que no se pierdan los datos en el caso que se desconecte el suministro de energía eléctrica. La figura 2.6 indica la recuperación de los datos.

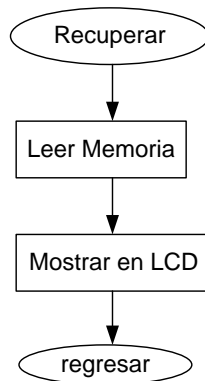


Figura 2.6 Diagrama de recuperación de los datos

2.6.3 Subrutina Teclado

Una vez enceradas las variables de la subrutina, el teclado permite ingresar los valores en kilowatios de la lectura del consumo de energía eléctrica del medidor para que desde ese instante empiece o continúe el conteo de los Kilowatios que pasan por el medidor.

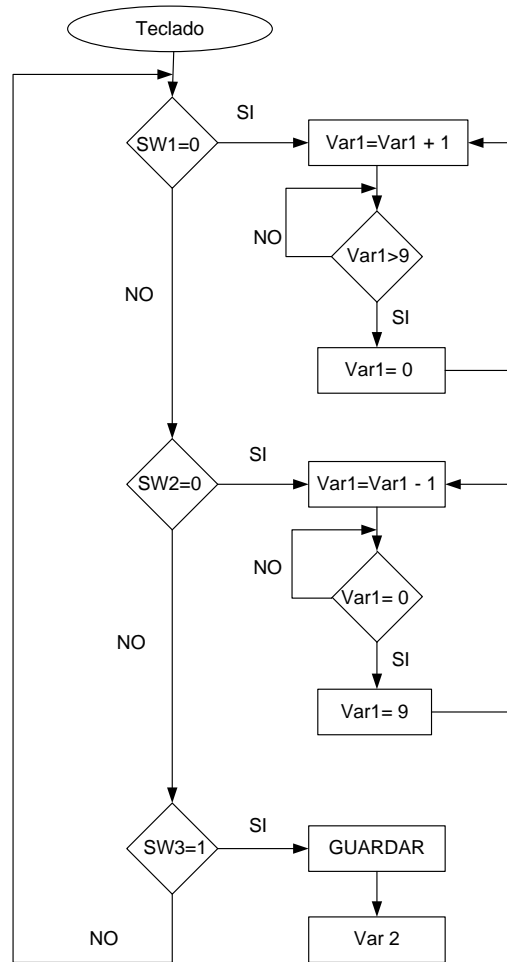


Figura 2.7 Diagrama de Ingreso de datos

2.6.4 Subrutina Guardar

Esta subrutina permite almacenar en la memoria del microcontrolador los datos de la lectura del consumo de energía, para posteriormente recuperarlos y mostrarlos en la pantalla del LCD en caso de ser necesario. La Figura 2.8 indica el almacenamiento de los datos.

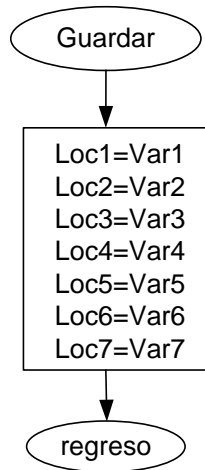


Figura 2.8 Diagrama del almacenamiento de datos

2.6.5 Subrutina Pantalla

Esta subrutina permite mostrar en el LCD el número de usuario y el valor de los kilowatios consumidos. En la figura 2.9 se muestra el diagrama de bloques.

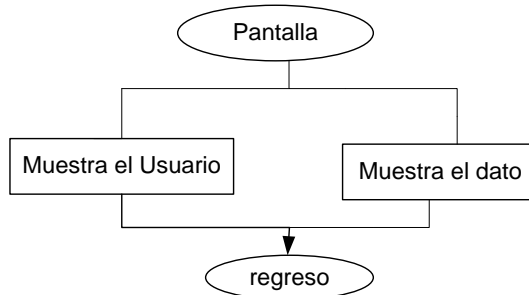


Figura 2.9 Diagrama de la subrutina pantalla

2.6.6 Subrutina Contador

En esta subrutina se realiza el conteo de los kilowatios que pasan por el medidor de energía mediante el giro del disco lo que permite que se siga incrementando la medición y mostrándose en el LCD. En la figura 2.10 se muestra el diagrama del contador.

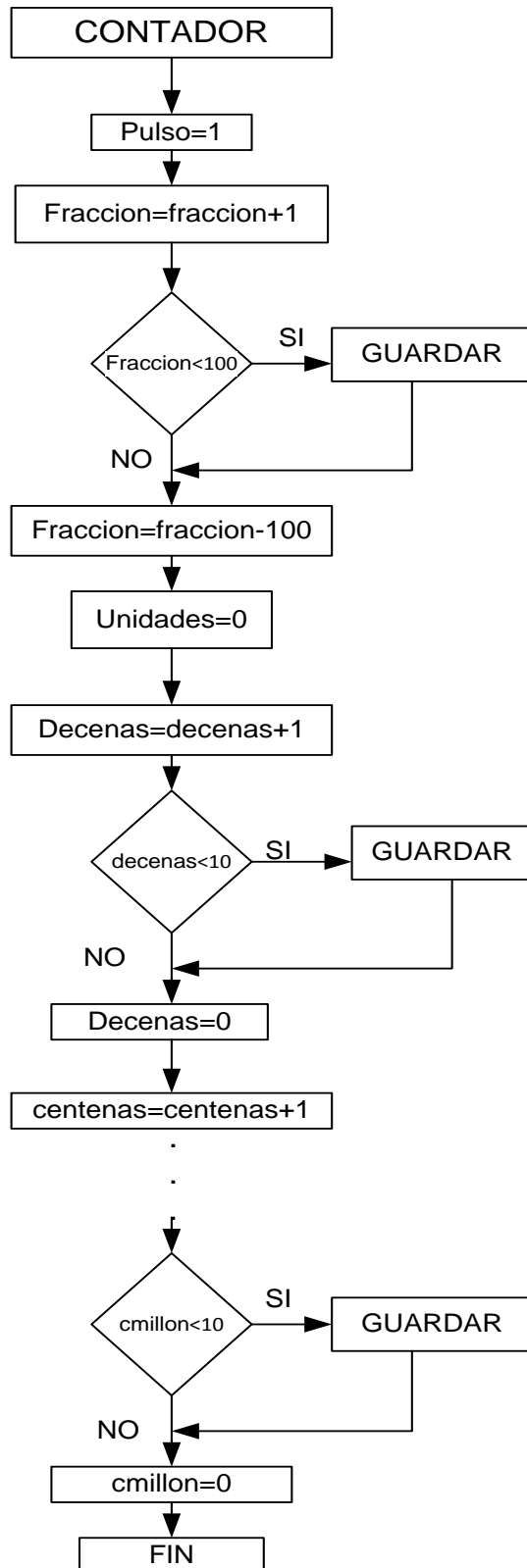


Figura 2.10 Diagrama de la subrutina contador

2.6.7 Subrutina Transmitir

Esta subrutina permite realizar la lectura de los valores y su transmisión de forma inalámbrica a un módulo receptor. La figura 2.11 muestra su diagrama.

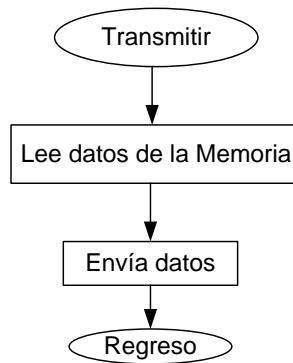


Figura 2.11 Diagrama de la transmisión

2.7 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL MÓDULO RECEPTOR

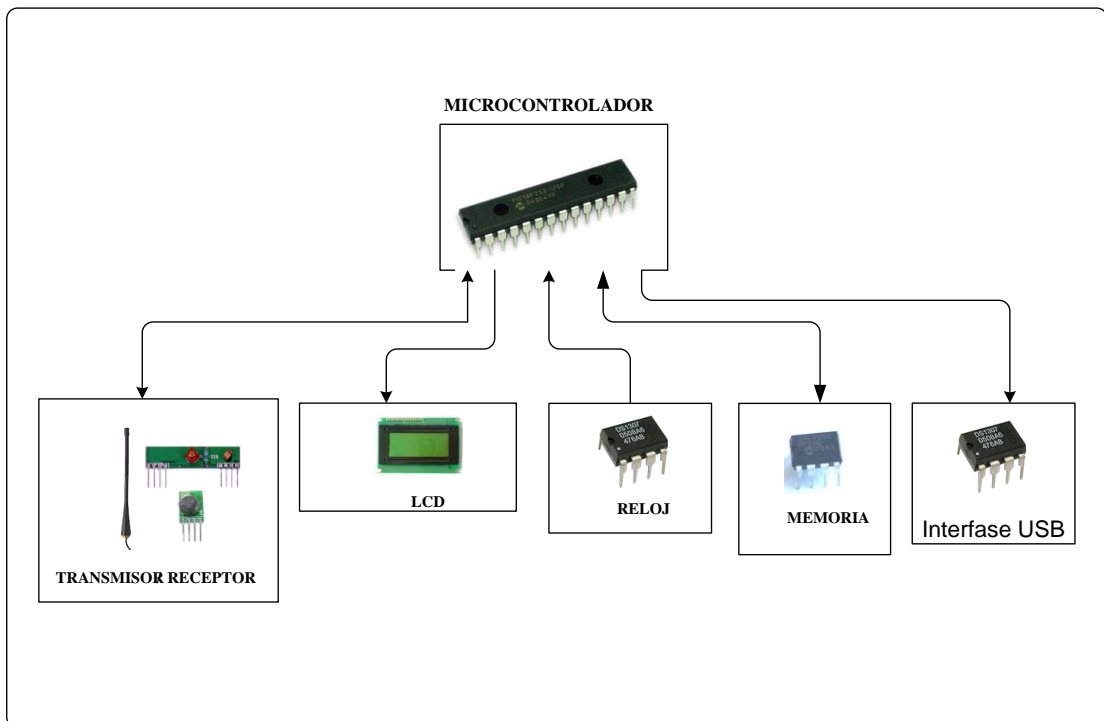


Figura 2.12 Diagrama de bloques del registro de lectura del medidor

La figura 2.12 presenta el diagrama del registro de tiempos en la unidad, el que contiene:

- **Microcontrolador:** es un circuito integrado PIC que se encarga de manejar todos los periféricos de entrada y salida de datos.
- **Transmisor/receptor:** envía y recibe el dato necesario para que el microcontrolador de las órdenes a los periféricos.
- **Memoria:** escribe y lee los datos analizados por el microcontrolador.
- **Reloj:** genera la hora y fecha del sistema.
- **LCD:** es la interfaz gráfica de los datos cuantizados.

2.8 SELECCIÓN DEL HARDWARE PARA EL MÓDULO RECEPTOR²⁴

2.8.1 Características del Microcontrolador 16F876

- μ C de 8 bits.
- RAM usuario de 368 bytes.
- EEPROM 256 bytes.
- 8K EEPROM Flash.
- 22 líneas E/S (33 para 40p).
- timer de 8 bits (TMR0 y TMR2).
- 1 timer de 16 bits (TMR1).
- 1 temporizador interno WATCHDOG.
- Convertidor A/D de 5 canales (8 para 40p).
- Módulos de captura y comparación (PWM).
- 1 puerto serie síncrono con SPI e I2C.
- 1 USART.
- 1 puerta paralela esclava para 40patillas.
- Frecuencia 20 MHz.
- Alimentación 2 a 5,5v.

²⁴ Anexo B Hojas de especificaciones técnicas del integrado

- 35 instrucciones, de 14 bits.
- 14 fuentes de interrupción externas e internas.
- Pila de 8 niveles.

2.8.2 Reloj²⁵

Por necesidades del control de tiempos, el reloj debe ser exacto por lo que se optó por utilizar un reloj externo mediante comunicación I2C, el reloj que cumple estos requisitos es el circuito integrado **DS1307**.

El DS1307 es un reloj/calendario de tiempo real con una fuente de bajo consumo y codificado en BCD. El reloj/calendario provee segundos, minutos, horas, día, fecha, mes e información del año.

Al final de cada mes se ajusta automáticamente por meses, incluyendo correcciones por el año bisiesto. El reloj opera en dos formatos 24 horas o 12 horas.

El DS1307 tiene una fuente de poder incorporada que detecta fallas de poder y automáticamente cambia al modo backup o de abastecimiento.

La tabla 2.5 muestra las principales características del circuito integrado.

| CARACTERÍSTICAS | DS1307 |
|----------------------|------------------------------|
| Voltaje de operación | 4.5 – 5.5 VDC |
| Voltaje de batería | 2.0 – 3.5 VDC |
| Comunicación | I2C |
| Frecuencia nominal | 32.768 KHz |
| Encapsulado | 8 – pin PDIP 8 – pin SOIC |

Tabla 2.3 Características del reloj DS1307

²⁵ Anexo B Hojas de especificaciones técnicas integrado

2.8.3 Memoria EEPROM 24LC128 ²⁶

Dado que el microcontrolador posee una memoria muy limitada se determinó la necesidad de utilizar una memoria externa de tipo EEPROM la cual almacena los datos creando un historial de los mismos. Se seleccionó la memoria EEPROM **24LC128** de marca Microchip dado que es compatible con todos los microcontroladores PIC mediante el protocolo I2C. Las características más relevantes se indican en la tabla 2.4.

| CARACTERÍSTICAS | 24LC512 |
|---|---------------|
| Tensión de suministro | 2.5 – 5.5 VDC |
| Reloj | 0.4 MHz |
| Interfaz | I2C |
| Tamaño de memoria | 128 K bits |
| Organización | 16Kx8 |
| Rango de temperaturas de funcionamiento | -40 → +85°C |
| Encapsulado | SOIC8 |

Tabla 2.4 Características de la memoria EEPROM 24LC512

2.9 DISEÑO DEL SOFTWARE PARA EL MICROCONTROLADOR DEL MÓDULO DE RECEPCIÓN

En el programa principal se configuran los puertos B y C como entradas y salidas respectivamente, además se define la comunicación I2C de acuerdo a los requerimientos del programa.

Dentro de las subrutinas se desarrolla todo el programa cuando éstas sean requeridas, las subrutinas van a ser detalladas posteriormente. La figura 2.13 nos detalla el programa principal con sus respectivas subrutinas.

²⁶ Anexo B Hojas de especificaciones técnicas de la memoria

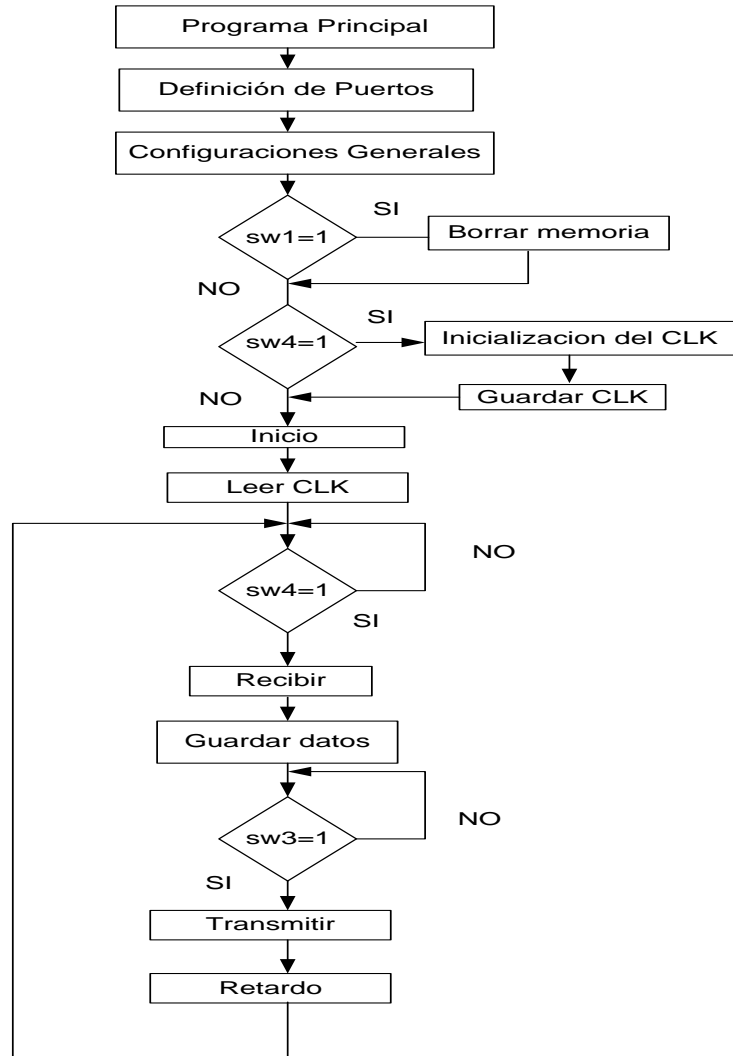


Figura 2.13 Diagrama de bloques del Programa Principal

2.9.1 Subrutina Borrar Memoria

Utilizando comunicación I2C esta subrutina permite borrar los datos de lectura almacenados en la memoria EEPROM después de haber sido descargados con el software correspondiente, de esta manera tener disponible la todas las localidades de memoria para almacenar nuevos datos.

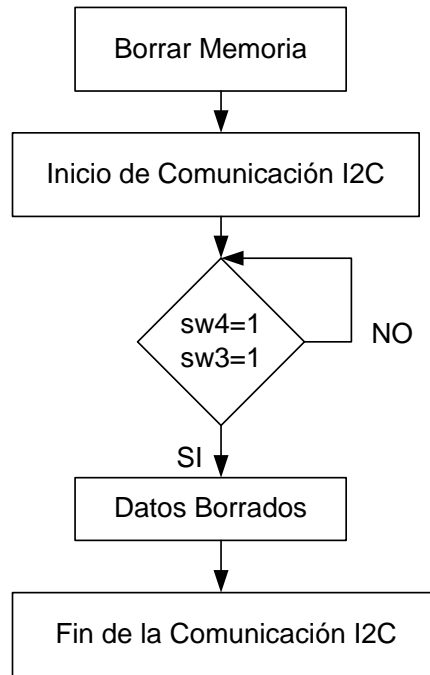


Figura 2.14 Diagrama de bloques de la Subrutina Borrar Memoria

2.9.2 Subrutina de Inicialización del Reloj

Esta subrutina permite sincronizar el reloj para que las lecturas tomadas del medidor sean instantáneas, al igual que la subrutina anterior ésta también utiliza el protocolo I2C para la comunicación entre el microcontrolador y el reloj.

La escritura de los datos del reloj se ejecuta mediante un contador de 8 ciclos el cual lee un byte a la vez los cuales contienen la información de los segundos, minutos, hora, día de la semana, día del mes, mes y año.

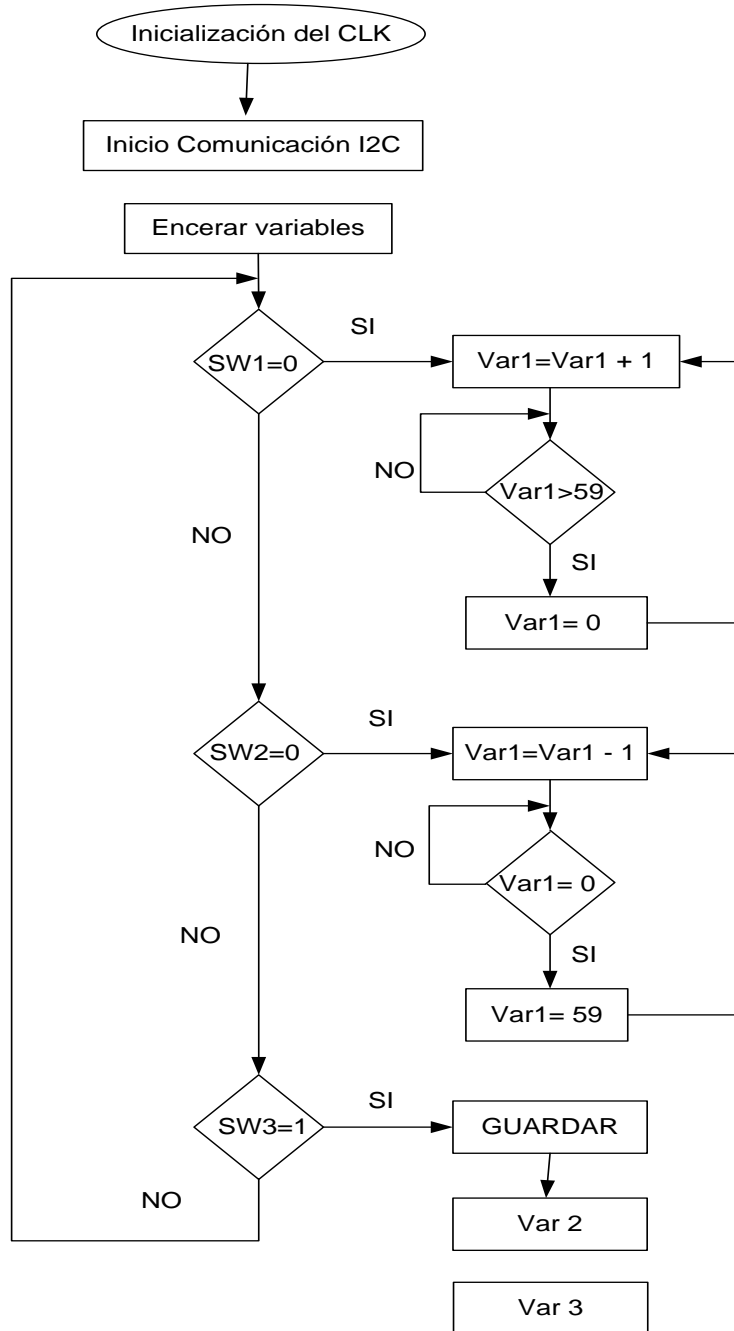


Figura 2.15 Diagrama de bloques de la Inicialización del reloj

2.9.3 Subrutina Leer Reloj

En el momento en que los datos llegan al receptor, el microcontrolador los almacena en la memoria EEPROM con la hora y fecha exacta en la que se realizó la lectura para lo cual necesita leer el reloj.

Al igual que la escritura, la lectura de datos del reloj se realiza mediante la comunicación I2C, utilizando un contador de 8 ciclos el cual lee un byte a la vez, los cuales contienen la información de los segundos, minutos, hora, día de la semana, día del mes, mes y año.

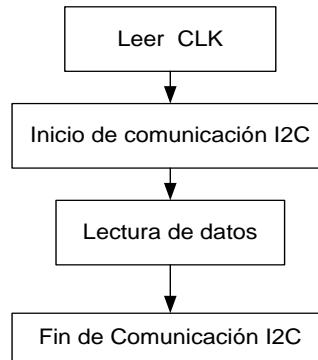


Figura 2.16 Diagrama de bloques de la lectura del reloj

2.9.4 Subrutina recibir y guardar datos

Esta subrutina permite recibir los datos del transmisor cuando el usuario lo requiera, para luego mediante la comunicación I2C almacenarlos en la memoria EEPROM, adicionalmente existe un buzzer que se activa automáticamente en el instante que se pide datos al transmisor y se desactiva cuando estos llegan al receptor y se visualizan en el LCD.

Para guardar el dato se utiliza un contador de 8 ciclos es decir se lee un byte a la vez el cual contiene la información del usuario y la lectura del medidor.

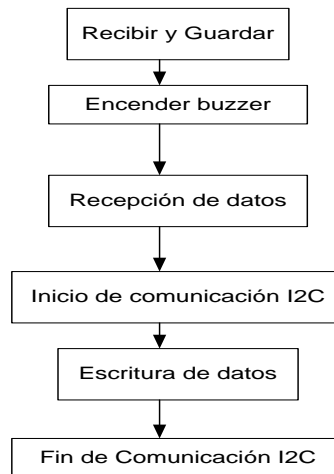


Figura 2.17 Diagrama de bloques de la recepción y almacenamiento de datos

2.9.5 Subrutina Transmitir

La subrutina Transmitir permite descargar los datos almacenados en la memoria EEPROM a una PC, para lo cual utiliza un contador el que se incrementa y pasa a la siguiente localidad de la memoria para leer todos los datos guardados hasta encontrar un carácter "U", el que indica que es el último dato almacenado y está listo para ser enviado mediante la comunicación serie a un conversor RS-232 a USB.

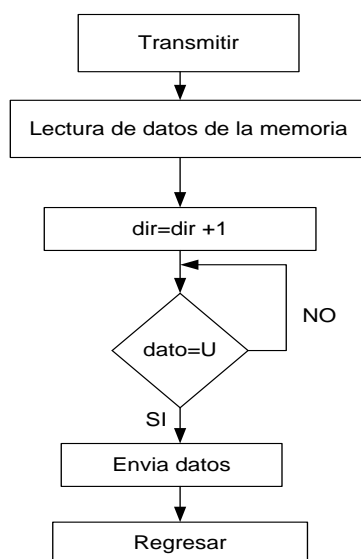


Figura 2.18 Diagrama de bloques de la subrutina transmitir

2. 10 DISEÑO DE LA INTERFASE CON EL USUARIO

2.10.1 Programa principal

El programa principal está diseñado totalmente en LABVIEW 8.6 el cual recopila diferentes Sub-VI, es decir utiliza seis subrutinas que son:

- Tomar datos
- Histórico 1 y 2
- BCU 1 y 2
- Datos 1
- Ccon 1
- U1 y U2

Inicialmente el programa recibe la trama de datos enviados por el PIC almacenados en la memoria EEPROM externa, esta trama contiene el número de usuario, consumo en kilowatios y la fecha y hora, para guardarlos en una base de datos generada por LABVIEW para finalmente mostrar y desplazar en Word una hoja de facturación y otra de información de los usuarios.

La figura 2.18 presenta el diagrama de bloques principal.

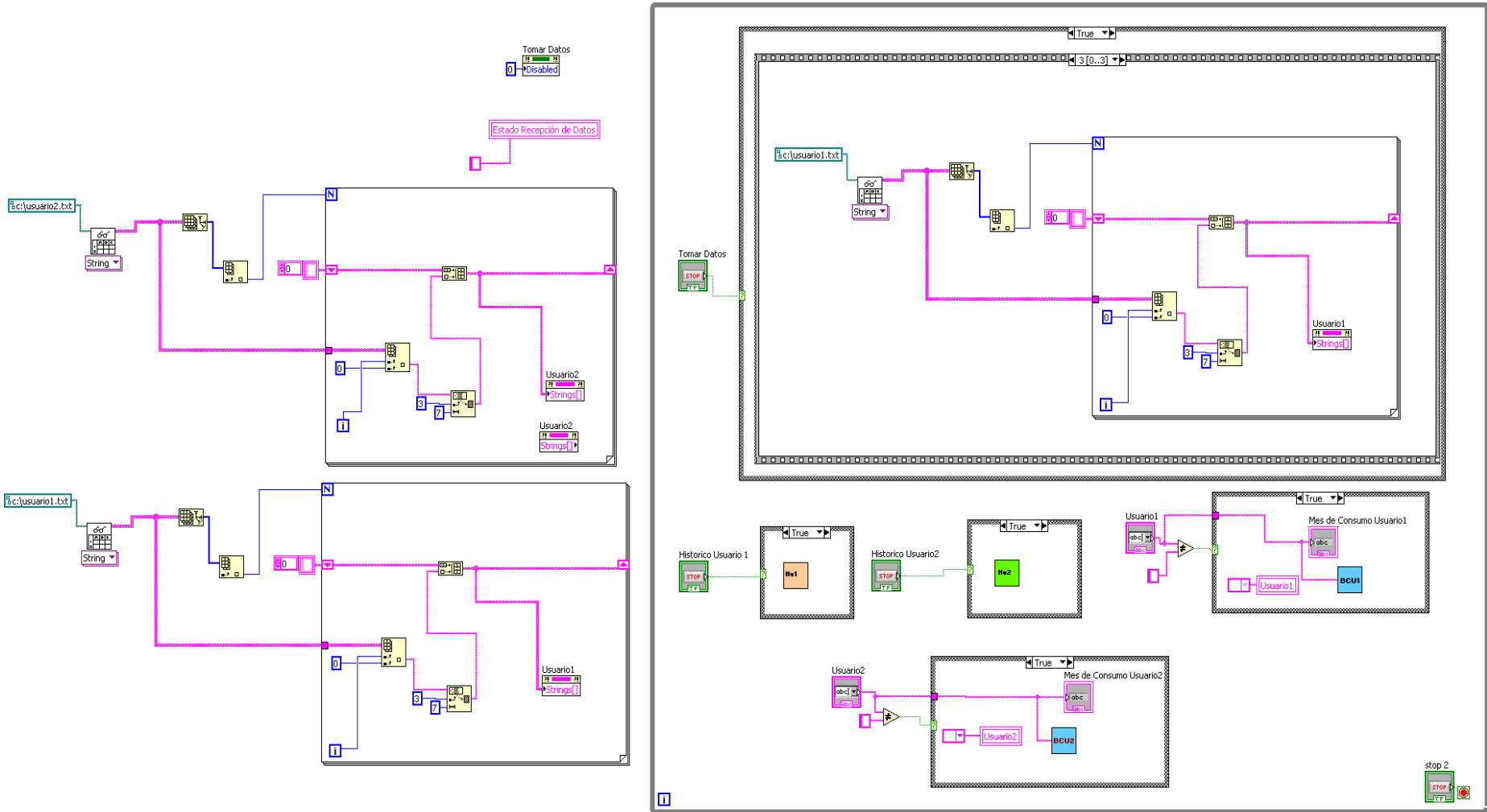


Figura 2.19 Diagrama de bloques principal

2.10.1.1 Subrutina Tomar Datos

Este Sub-VI es el encargado de pedir y recibir datos mediante el puerto USB del computador hasta que llega una trama que indica que es el último dato y se detiene la recepción. Simultáneamente se genera un archivo .txt en donde se guardan estos datos.

La figura 2.20 muestra el diagrama de bloques de Tomar Datos.

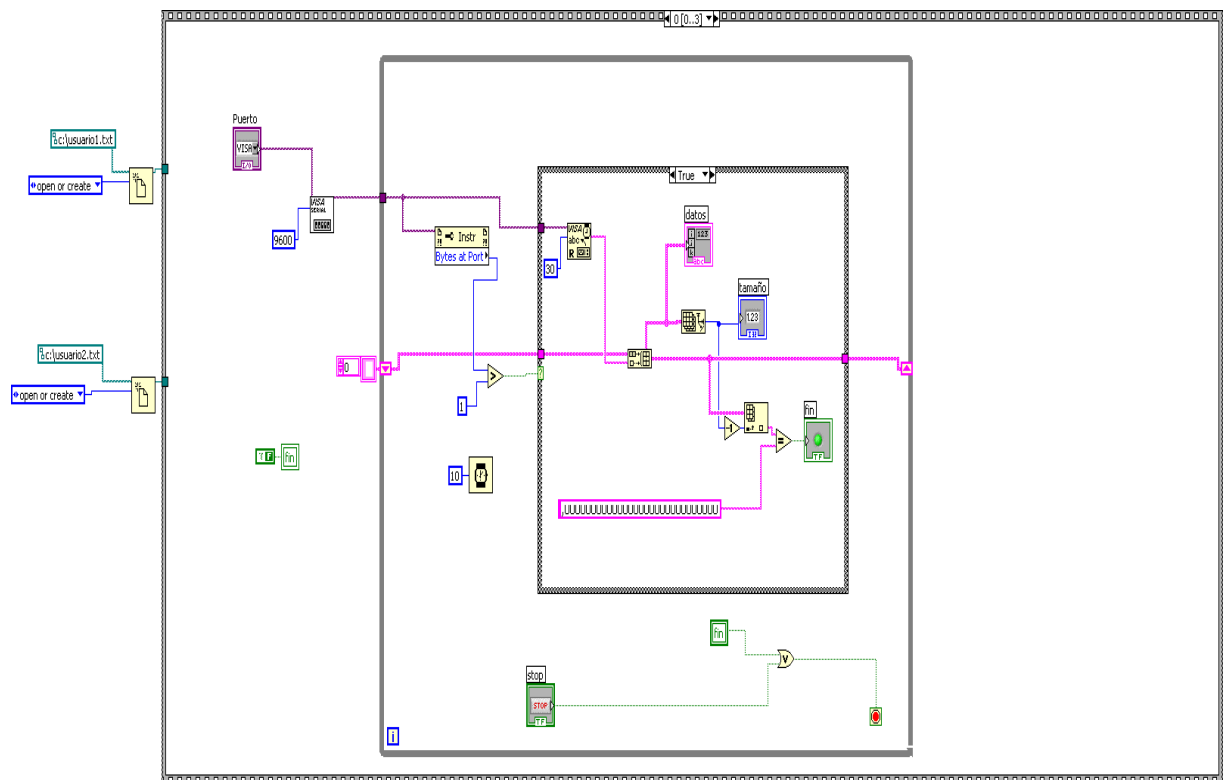


Figura 2.20 Diagrama de bloques de la subrutina Tomar Datos

2.10.1.2 Subrutina Datos 1

Una vez que llegan los datos, este Sub-VI es el encargado de separar el usuario, consumo, fecha y hora de la trama para utilizarlos en las siguientes subrutinas del programa.

La figura 2.21 muestra el diagrama de bloques Datos1.

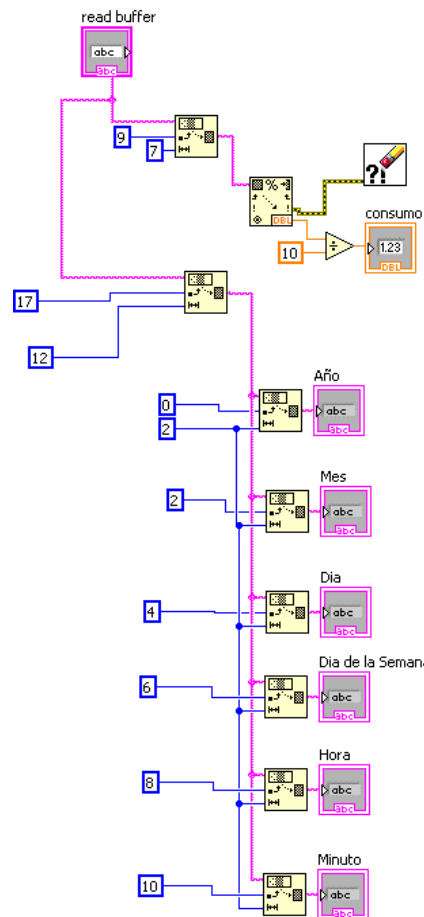


Figura 2.21 Diagrama de bloques de la subrutina Datos1

2.10.1.3 Subrutinas Histórico 1 y 2

Este Sub-VI sirve para generar una base de datos en Word de los usuarios, la cual contiene los datos personales y el historial del consumo de todos los meses. A esta subrutina se accede solo si el operador lo desea caso contrario solo guarda datos.

La figura 2.22 muestra el diagrama de bloques de Histórico 1 y 2.

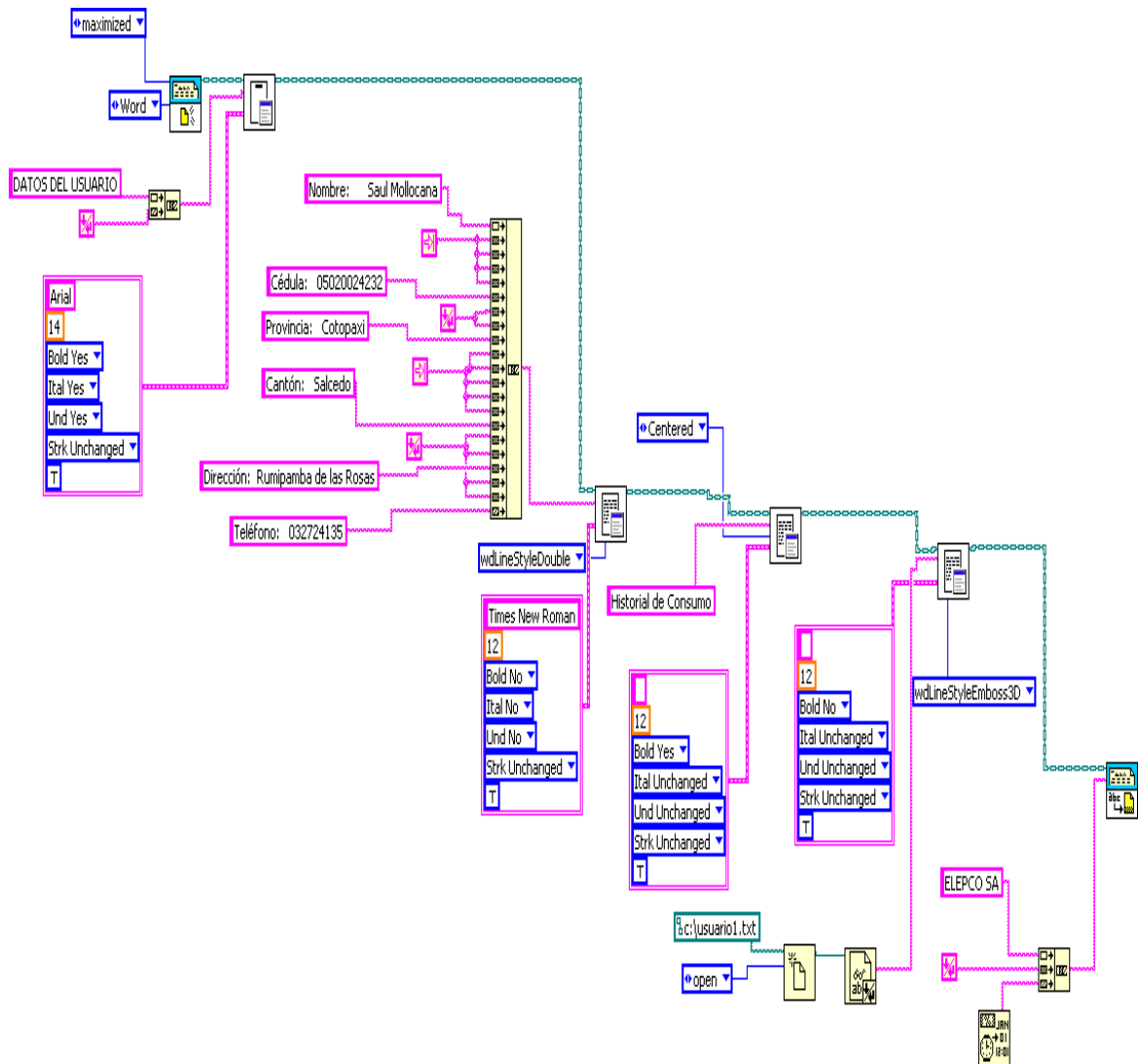


Figura 2.22 Diagrama de bloques de la subrutina Histórico 1 y 2

2.10.1.4 Subrutinas BCU 1 y BCU2

En esta subrutina se realiza una resta del consumo actual y el anterior para obtener los kw-h consumidos por el usuario, además se calcula el valor a pagar de los Kw-h según los valores estándares de la Empresa Eléctrica.

La figura 2.23 muestra el diagrama de bloques de BCU 1 y 2.

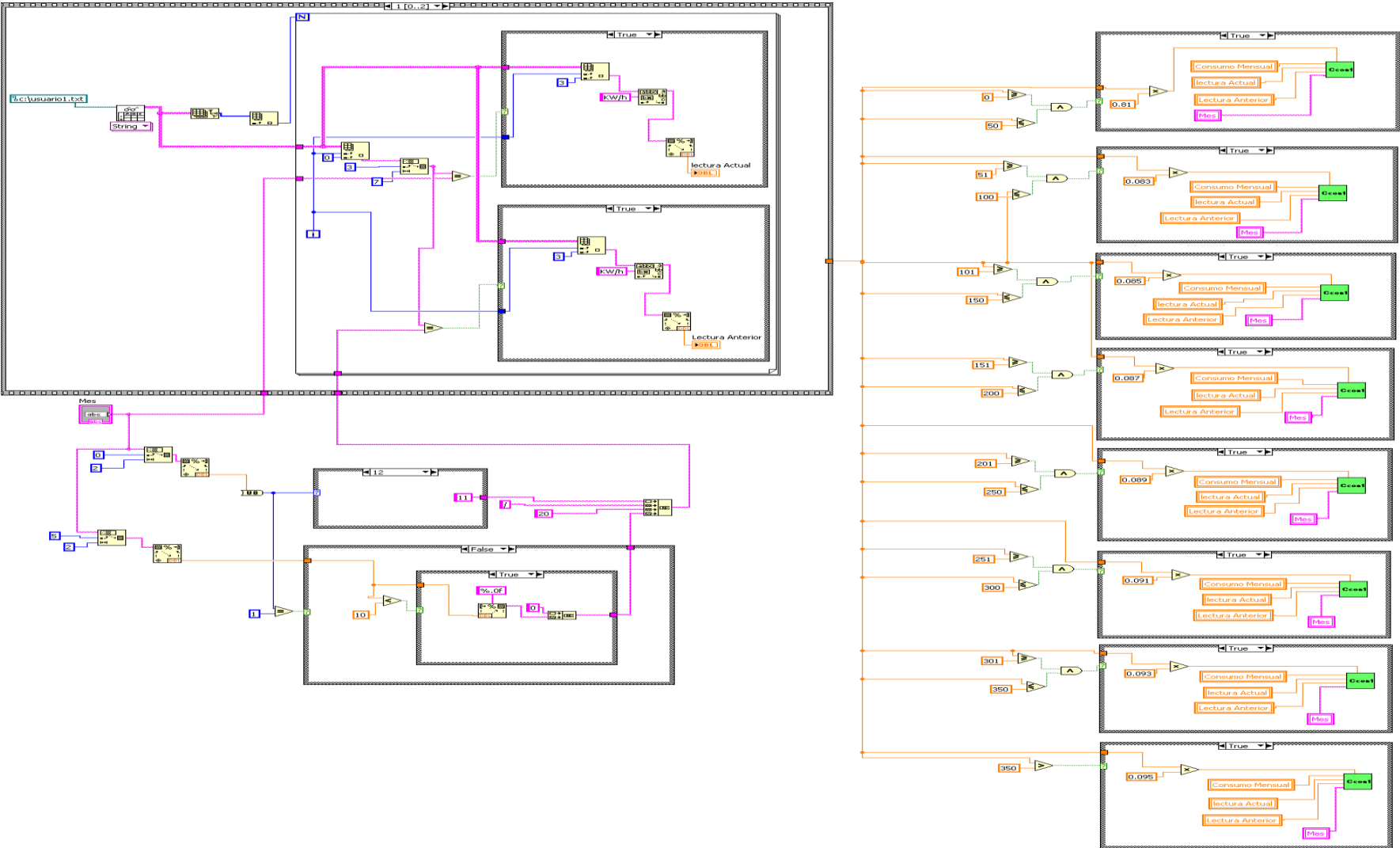


Figura 2.23 Diagrama de bloques de la subrutina BCU 1 y 2

2.10.1.5 Subrutinas Ccon1

En esta subrutina se suman el valor calculado en la subrutina anterior del consumo con los diferentes valores adicionales estandarizados por la Empresa Eléctrica tales como: Contribución a bomberos, alumbrado público y comercialización.

Una vez obtenido el valor total a pagar se genera una hoja de facturación con la información del usuario.

La figura 2.24 muestra el diagrama de bloques de Ccon1

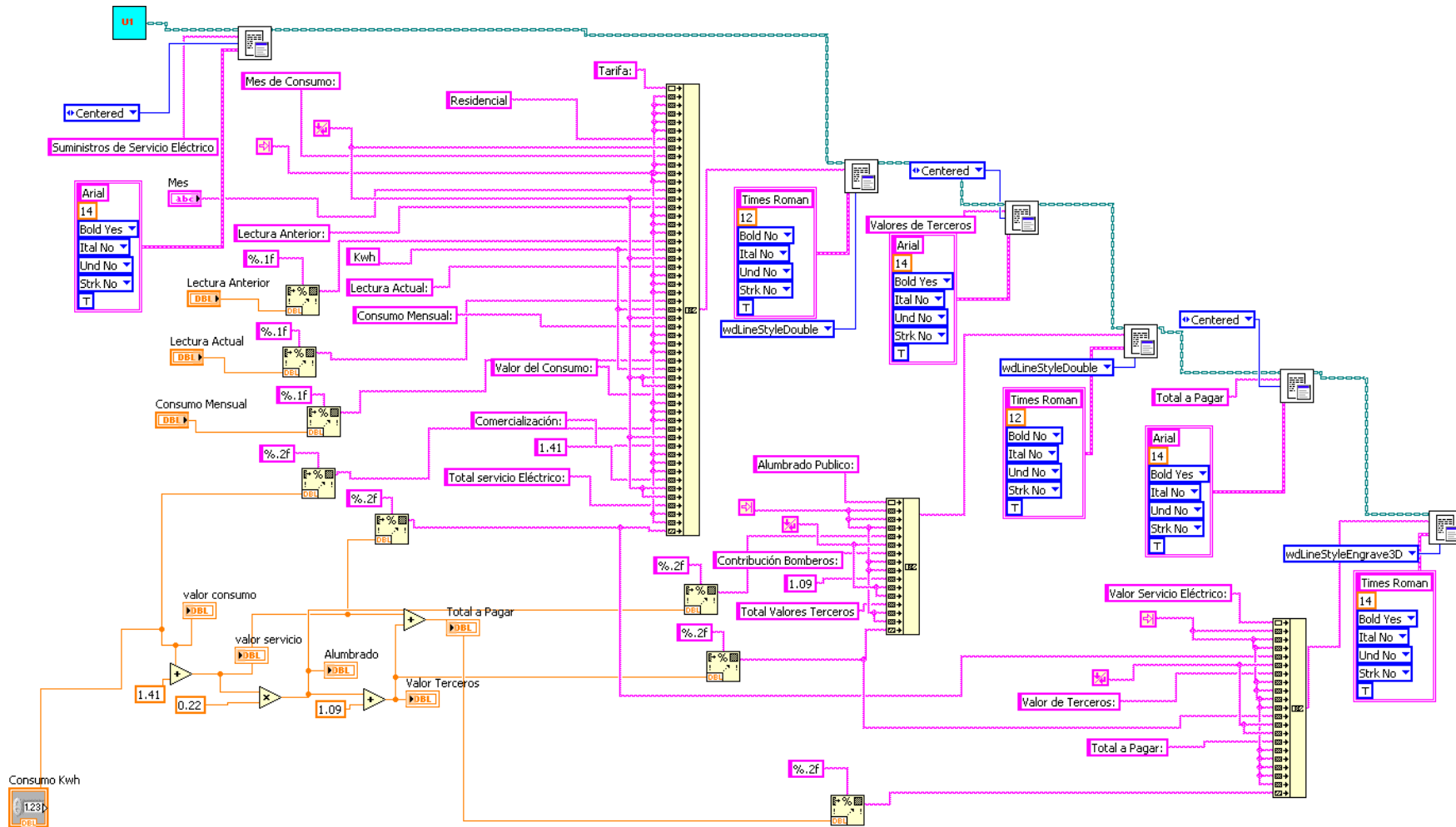


Figura 2.24 Diagrama de bloques de la subrutina Ccon1

2.10.1.6 Subrutinas U1 y U2

En este Sub-VI se genera una base de datos adicional con la información del usuario, a la que se accede en el momento de la facturación.

La figura 2.25 muestra el diagrama de bloques de U1 y U2

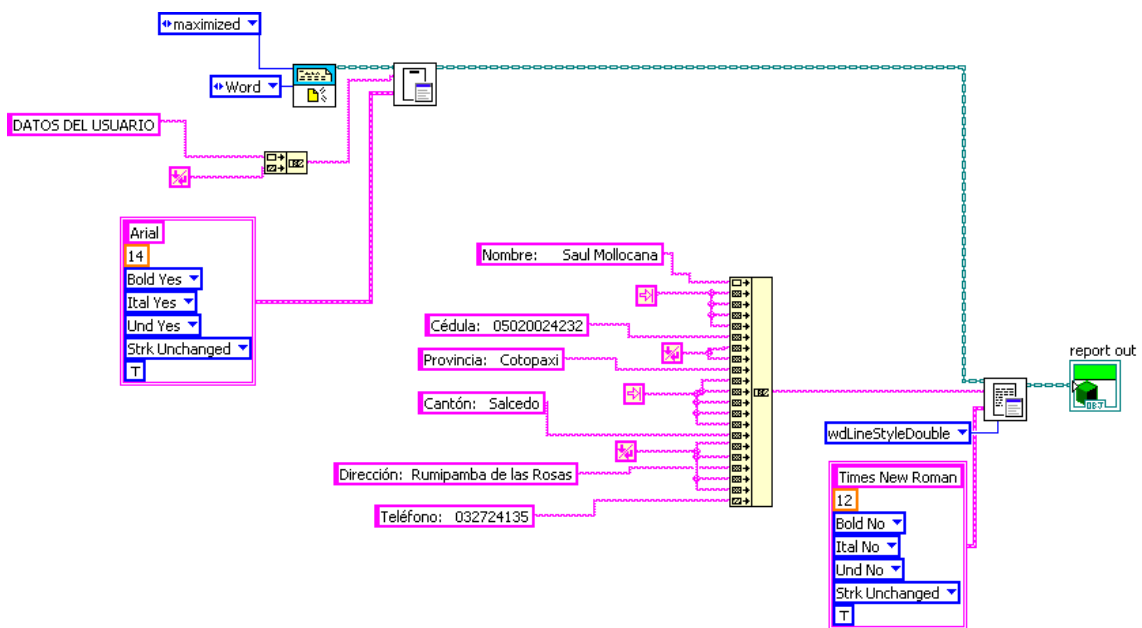


Figura 2.25 Diagrama de bloques de la subrutina U1 y U2

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.1 Pruebas de comunicación Transmisor-Receptor vía inalámbrica.

Las pruebas de comunicación se las realizó durante 6 días enviando y recibiendo datos con y sin línea de vista, con diferentes distancias, variando la velocidad de transmisión y a diferentes condiciones climáticas.

En las pruebas tomadas cada día obtuvimos los siguientes resultados de eficiencia:

Desde el gráfico 3.1 hasta el gráfico 3.6 se indican los resultados obtenidos en estas pruebas.

Primer día: Nublado

| Velocidad de transmisión (bps) | Eficiencia (%) |
|--------------------------------|----------------|
| 2400 | 25 |
| 1200 | 75 |
| 900 | 50 |

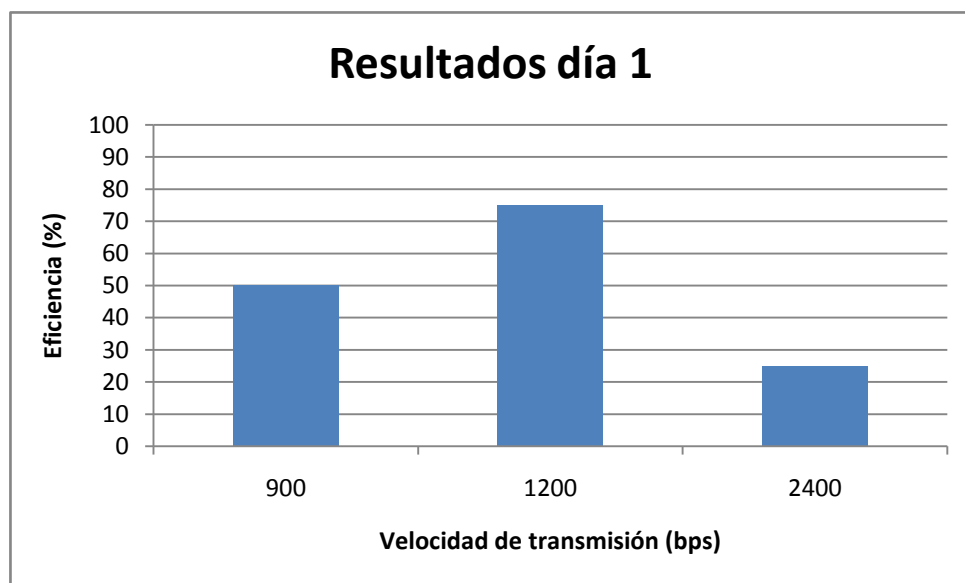


Gráfico 3.1 Prueba de Comunicación Tx-Rx.

Segundo día: Despejado

| Velocidad de transmisión (bps) | Eficiencia (%) |
|--------------------------------|----------------|
| 2400 | 33.3 |
| 1200 | 83.3 |
| 900 | 58.3 |

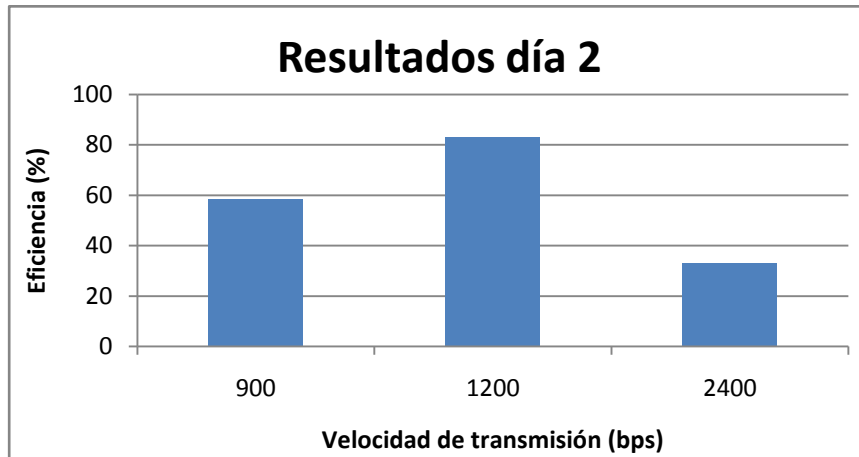


Gráfico 3.2 Prueba de Comunicación Tx-Rx.

Tercer día: Despejado.

| Velocidad de transmisión (bps) | Eficiencia (%) |
|--------------------------------|----------------|
| 2400 | 8.3 |
| 1200 | 66.6 |
| 900 | 33.3 |

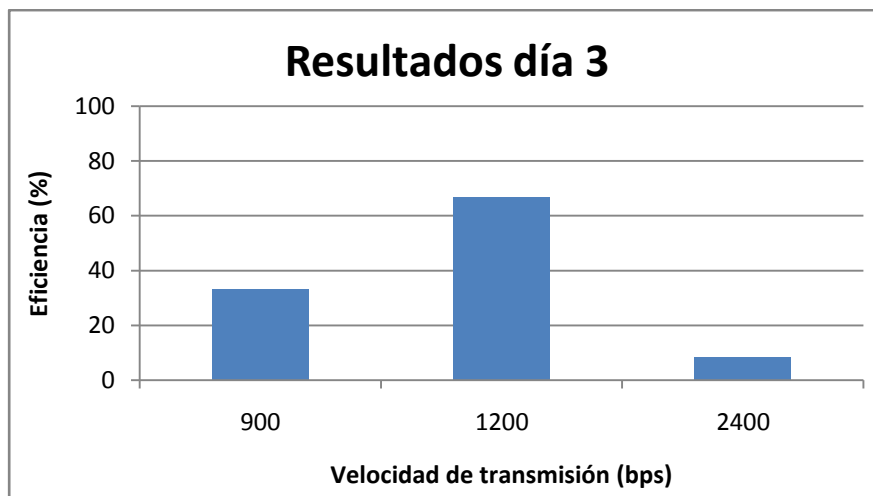


Gráfico 3.3 Prueba de Comunicación Tx-Rx.

Cuarto día: Con lluvia.

| Velocidad de transmisión (bps) | Eficiencia (%) |
|--------------------------------|----------------|
| 2400 | 25 |
| 1200 | 66.6 |
| 900 | 41.6 |

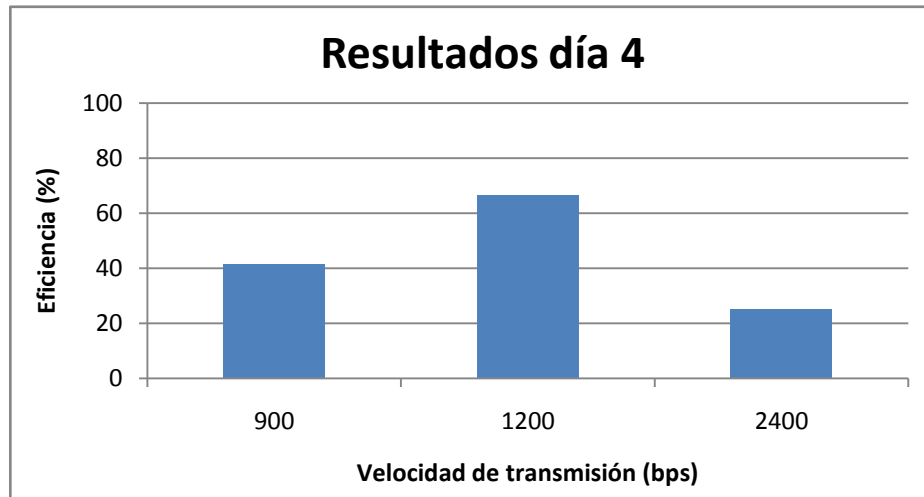


Gráfico 3.4 Prueba de Comunicación Tx-Rx.

Quinto día: Con lluvia.

| Velocidad de transmisión (bps) | Eficiencia (%) |
|--------------------------------|----------------|
| 2400 | 16.6 |
| 1200 | 58.3 |
| 900 | 41.6 |

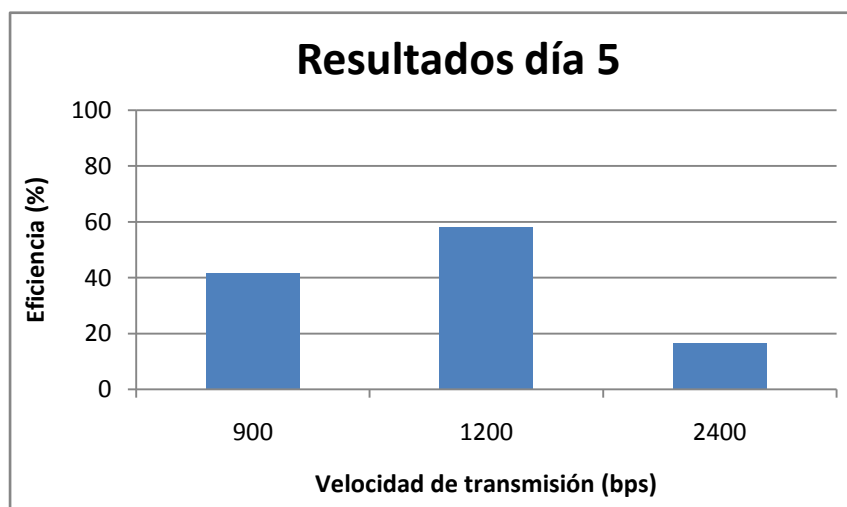


Gráfico 3.5 Prueba de Comunicación Tx-Rx

Sexto día: Nublado.

| Velocidad de transmisión (bps) | Eficiencia (%) |
|---------------------------------------|-----------------------|
| 2400 | 25 |
| 1200 | 91.6 |
| 900 | 58.3 |

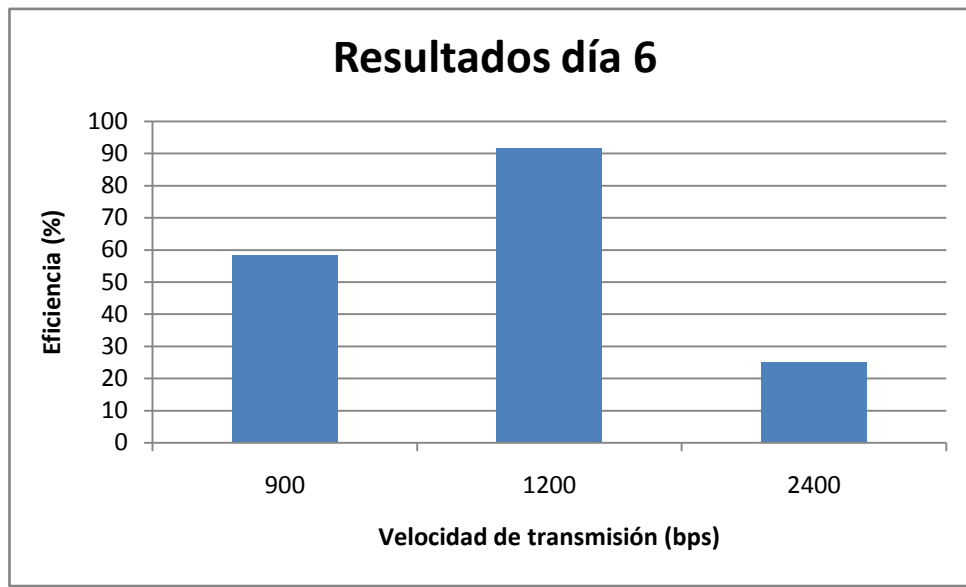


Gráfico 3.6 Prueba de Comunicación Tx-Rx.

3.1.1 Análisis de resultados de las pruebas de comunicación Tx-Rx.

- Después de analizar estos resultados se optó por transmitir y recibir a una velocidad de 1200bps, ya que se obtuvo un 73.5% de eficiencia en 72 muestras tomadas.
- En las gráficas podemos apreciar que el clima no afecta mucho la transmisión de datos por lo que se puede decir que la misma es confiable.
- El rango de transmisión es de 60-80 metros lo que nos da una distancia considerable para la toma de lecturas.

3.2 Pruebas de comunicación Receptor -PC

Para estas pruebas el receptor debe estar conectado con la PC mediante el puerto USB.

Esta prueba (RECEPTOR - PC) consiste en transmitir desde el receptor el paquete de datos almacenados en la memoria EEPROM (durante las lecturas) hacia la PC para ser tratados en un lenguaje de alto nivel.

Prueba 1:

Datos enviados

15

Eficiencia (%)

0

Prueba 2:

Datos enviados

15

Eficiencia (%)

0

Prueba 3:

Datos enviados

15

Eficiencia (%)

26.66

Prueba 4:

Datos enviados

15

Eficiencia (%)

53.33

Prueba 5:

Datos enviados

15

Eficiencia (%)

100

Prueba 6:

Datos enviados

15

Eficiencia (%)

100

Prueba 7:

Datos enviados

15

Eficiencia (%)

100

En el gráfico 3.7 se indican los resultados obtenidos en estas pruebas.

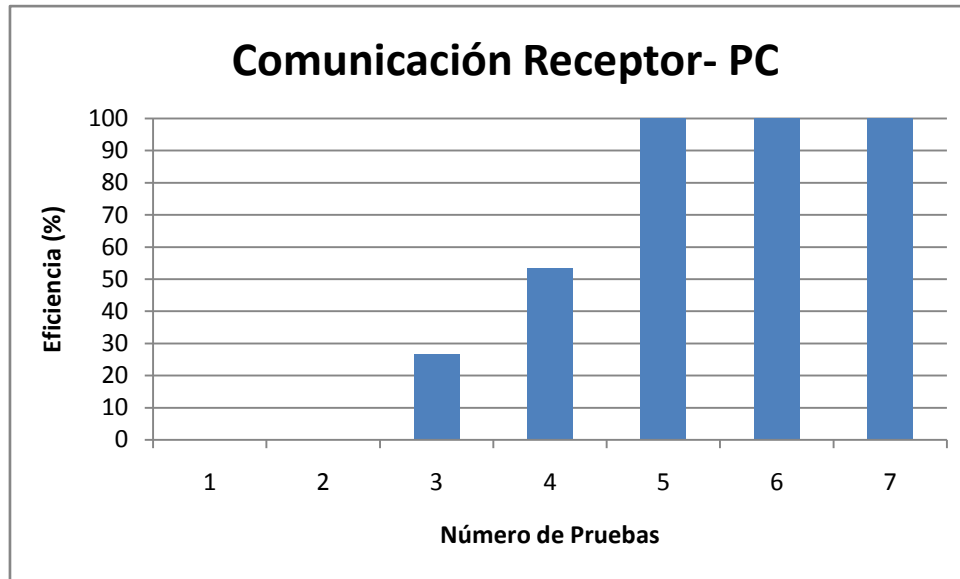


Gráfico 3.7 Prueba de Comunicación Receptor - PC

3.2.1 Análisis de resultados de las pruebas de comunicación Rx-PC.

- Para el envío de la trama de datos desde el módulo receptor hacia la PC se utilizó el puerto USB resultando ser muy seguro ya que en este tipo de comunicación no existió pérdida de datos.
- Para obtener una recepción eficiente es necesario seleccionar correctamente el puerto USB, además se debe instalar el driver necesario para el funcionamiento adecuado del mismo.
- Las pruebas realizadas con todas sus correcciones indican que la transmisión RECEPTOR - PC es confiable y segura.

3.3 Pruebas de confiabilidad del software y la base de datos

Para la realización de estas pruebas se toma en cuenta la recepción en el computador mediante el programa creado tomando como muestras el número de usuario, la lectura del medidor, fecha y hora exacta y la creación de la base de datos para cada usuario.

Prueba 1:

| Envío de datos | Eficiencia (%) |
|-----------------------|-----------------------|
| Número de usuario | 100 |
| Lectura del medidor | 100 |
| Fecha y Hora | 100 |
| Base de Datos | 100 |

En el gráfico 3.8 se indican los resultados obtenidos en estas pruebas

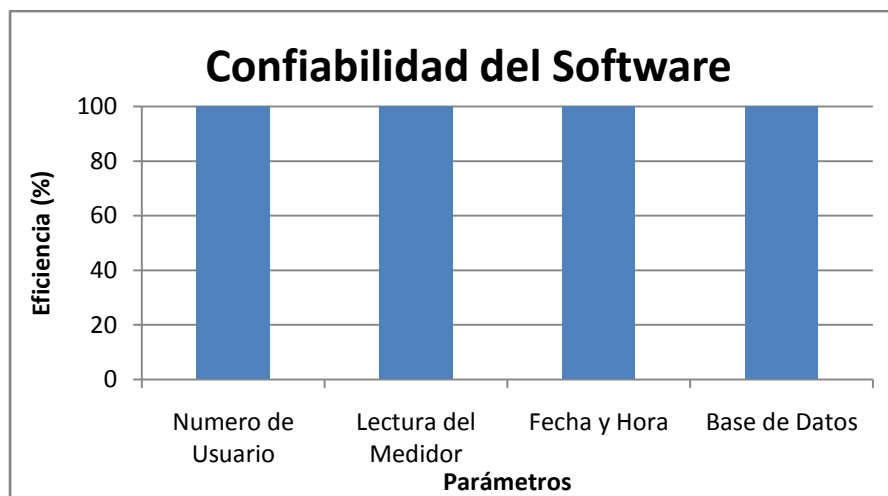


Gráfico 3.8 Pruebas de Confiabilidad del Software

3.3.1 Análisis de resultados de las pruebas de la Confiabilidad del Software y la base de datos.

- Para realizar el HMI empleamos LABview 8.6, gracias a las herramientas existentes en este software se facilitó el desarrollo del mismo.

- En LABview 8.6 existe una opción llamada TOOL KIT diseñada para la creación de la base de datos, ésta nos ayudó a generar la información detallada del usuario.
- Al finalizar las pruebas se obtiene como resultado que el software creado es confiable al igual que la base de datos.

3.4 Pruebas de confiabilidad de todo el sistema

Las pruebas de confiabilidad de todo el sistema deben contemplar el correcto funcionamiento del mismo con todas las comunicaciones que existen en los diferentes dispositivos.

PRUEBA

| Envío de datos | Eficiencia (%) |
|-----------------------|-----------------------|
| Lectura del medidor | 100 |
| Transmisor - Receptor | 100 |
| Receptor – Software | 100 |
| Base de datos | 100 |

En el gráfico 3.9 se indican los resultados obtenidos en estas pruebas

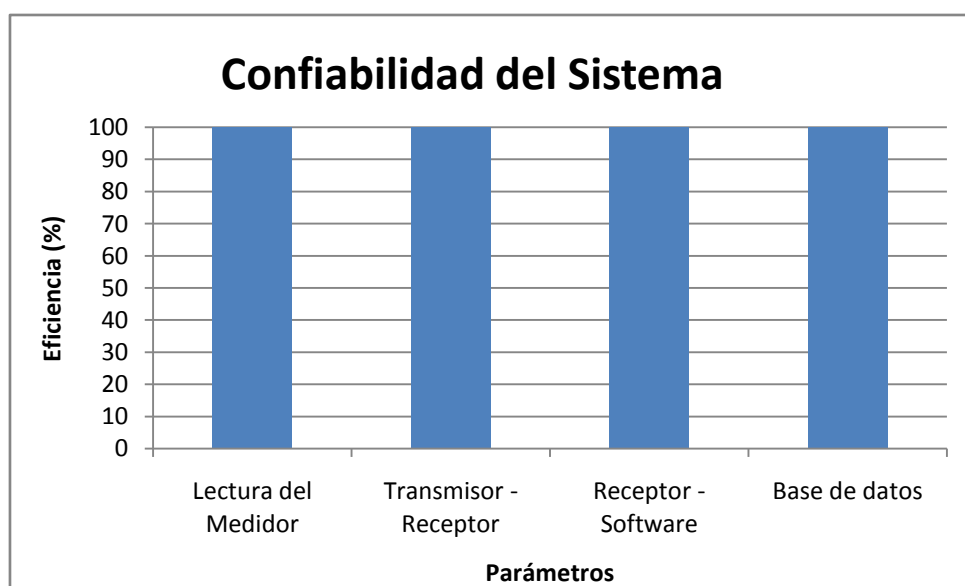


Gráfico 3.9 Prueba de Confiabilidad del Sistema

3.4.1 Análisis de resultados de Confiabilidad del Sistema.

- Para que todas las comunicaciones sean correctas se debe sincronizar los módulos y la PC con sus diferentes parámetros.
- El hardware y software seleccionado para el desarrollo de este proyecto reúne las características necesarias para el funcionamiento adecuado del mismo.
- Al finalizar las pruebas se obtiene como resultado que todo el sistema es totalmente confiable y seguro.

3.5 Alcance y Limitaciones

Los alcances y limitaciones del sistema abarcan varias opciones de funcionamiento y aplicación.

Dentro de los alcances se pueden citar:

- La medición de la energía eléctrica es totalmente confiable y exacta.
- La lectura del consumo se puede realizar hasta una distancia de 60 metros y en condiciones favorables llega a 80 metros.
- Proporciona una facturación rápida y eficiente gracias al software que se utilizó.
- La toma de lectura es inmediata ya que el transmisor está enviando datos constantemente.

Para el buen funcionamiento del sistema se han tomado en cuenta las siguientes limitaciones:

- Por seguridad la descarga de datos debe ser centralizada para evitar manipulación de la información.

- No es posible aumentar medidores al sistema.
- La descarga de datos es individual (una sola unidad a la vez).
- La revisión de la batería de respaldo del reloj debe ser cada 2 años.
- La duración de la batería del modulo receptor es muy limitada.

3.6 Análisis técnico-Financiero

Los elementos utilizados en la construcción de las placas para el sistema están disponibles en el mercado local y están garantizados por su fabricante.

Las tablas 3.61 3.33 y 3.34 muestran el valor económico de cada una de las placas utilizadas en el sistema.

Tabla 3.23 Costo de la placa para el módulo transmisor.

| COMPONENTE | TRANSMISOR | |
|--------------------------|------------|-----------------|
| | CANTIDAD | VALOR |
| Microcontrolador 16F628A | 1 | \$ 5.00 |
| Transmisor | 1 | \$ 20.00 |
| Placas | 1 | \$ 10.00 |
| Osciladores | 1 | \$ 1.50 |
| LCD | 1 | \$ 15.00 |
| transformador | 1 | \$ 5.00 |
| Reguladores 7805 | 1 | \$ 1.00 |
| Varios | - | \$ 5.00 |
| TOTAL | | \$ 62.50 |

Tabla 3.24 Costo de la placa para el módulo receptor.

| COMPONENTE | RECEPTOR | |
|-------------------------|----------|------------------|
| | CANTIDAD | VALOR |
| Microcontrolador 16F876 | 1 | \$ 10.00 |
| Receptor | 1 | \$ 20.00 |
| Memoria | 1 | \$ 8.00 |
| LCD | 1 | \$ 15.00 |
| Placas | 1 | \$ 25.00 |
| Convertor RS232-USB | 1 | \$ 30.00 |
| DS1307 | 1 | \$ 13.00 |
| Oscilador | 1 | \$ 1.50 |
| Reguladores 7805 | 1 | \$ 1.00 |
| Varios | - | \$ 10.00 |
| TOTAL | | \$ 133.50 |

Tabla 3.25 Costo de la implementación del medidor.

| COMPONENTE | MEDIDOR | |
|----------------|----------|-----------------|
| | CANTIDAD | VALOR |
| Medidor | 1 | \$ 30.00 |
| Led Infrarrojo | 1 | \$ 2.00 |
| Fototransistor | 1 | \$ 2.50 |
| Caja térmica | 1 | \$ 25.00 |
| Varios | - | \$ 10.00 |
| TOTAL | | \$ 69.50 |

Al analizar los costos que conlleva la elaboración de cada una de las placas se encuentra que el sistema es técnica y económicamente recomendable y cumple con los requerimientos solicitados por la empresa.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al término del desarrollo del presente trabajo realizado, se ponen a consideración las conclusiones y recomendaciones obtenidas en el proyecto al fin de aportar a futuros proyectos.

4.1 CONCLUSIONES

- Se logró cumplir el objetivo principal del proyecto: “Diseñar y Construir un Prototipo de Sistema de Medición del Consumo de Energía Eléctrica Domiciliaria Mediante Transmisión Inalámbrica.”
- El diseño debe incluir sistemas confiables. El transmisor TWS-434 y el receptor RWS-434 ofrecen mucha confiabilidad en el envío y recepción de datos a cortas y medianas distancias con un único inconveniente, el tener una comunicación unidireccional (half duplex).
- Las señales debe ser adaptadas de acuerdo a las necesidades del diseño. Se acondicionó un medidor electromecánico monofásico modelo M8C categoría 8899C05G87 con la utilización de un optoacoplador para medir la cantidad de Kw-h que pasan por el mismo.
- Es conveniente, por razones económicas, integrar sistemas que pueden disminuir costos en su uso. Se comprobó que al utilizar por separado un led infrarrojo y un fototransistor se puede formar un optoacoplador con las mismas características de funcionamiento que uno ya fabricado.
- El diseño de cada uno de los subsistemas del proyecto permiten incrementar los conocimientos adquiridos. Se analizó la arquitectura, capacidad de memoria, puertos de entrada y salida y demás características

del PIC 16F628 y PIC 16F876 para su correcto funcionamiento, con lo que se afianzó el conocimiento de los microcontroladores.

- Las mediciones deben ser sincronizadas de tal manera que no se produzcan errores de operación. Se logró sincronizar la medición propia del medidor con el acondicionamiento implementado por nosotros en el mismo, de manera que las dos mediciones son reales sin ningún margen de error.
- Los protocolos de comunicación que se utilicen deben ser eficientes y de fácil aplicación. Con la utilización de protocolo I2C se implementó la comunicación entre el PIC y los otros dispositivos utilizados, tales como la memoria externa y el reloj de tiempo real, este protocolo es de fácil utilización y entendimiento para el programador.
- Muchos sistemas integrados, dan facilidades de diseño. Se utilizó un reloj en tiempo real DS1307 que posee una configuración sencilla, su punto de inicio es el 01/01/2001 y posee correcciones automáticas para años bisiestos, siendo de mucha ayuda ya que fue posible darle al sistema una fecha y hora exacta de la toma de lecturas, además tiene una pila como fuente de energía incluida en el caso de fallar el voltaje de alimentación del sistema.
- En muchos casos debe recurrirse a circuitos externos que permitan incrementar la capacidad del microcontrolador. Se logró aumentar la capacidad de almacenamiento del PIC con la ayuda de una memoria externa 24LC128 de fácil manejo y gran utilidad, permitiendo de esta manera guardar una cantidad de datos mucho mayor.
- Es necesario incluir los circuitos que permitan la operación eficiente del sistema. Se implementó un módulo de conversión RS232-USB para el envío de datos almacenados en la memoria externa hacia la PC.
- El software que se utilice debe ser el adecuado para la interconexión con los datos que entrega el hardware. Gracias a las herramientas que posee

LABview 8.6, se logró implementar un programa que nos permite recibir los datos del módulo receptor para interpretarlos en el mismo y realizar una facturación del consumo de energía eléctrica y generar una base de datos con la información del usuario.

- Es importante desarrollar este tipo de proyectos en beneficio de la colectividad, los mismos que ayudan al crecimiento del cantón y la provincia.

4.2 RECOMENDACIONES

- Si se quiere aumentar el número de medidores al sistema no es posible ya que el mismo está diseñado para un medidor. En el caso de querer hacerlo se recomienda realizar un transceiver, que permitirá tomar las lecturas de varios medidores.
- Se debe seleccionar los elementos de acuerdo a las necesidades del sistema a diseñarse, además verificar que las herramientas necesarias para su programación y compilación estén disponibles.
- Es aconsejable utilizar LCD`s con back light (luz de fondo) porque permite una mejor visualización.
- Se recomienda utilizar indicadores luminosos o sonoros en la transmisión y recepción para verificar su funcionamiento.
- Hay que tener en cuenta que para volver a escribir en el LCD primero se debe borrar lo escrito anteriormente puesto que de no hacerlo se sobre escribe y quedan caracteres sobrantes.
- Para garantizar una óptima recepción de datos se recomienda enviar varias veces el dato deseado.

- Para la realización de las pruebas de confiabilidad se debe tomar en cuenta todos los aspectos posibles como clima, línea de vista, etc.
- Se debe analizar y acatar las sugerencias de los datos técnicos de los fabricantes de elementos para evitar errores y demoras de funcionamiento.
- Se recomienda continuar las investigaciones relacionadas al desarrollo de este proyecto ya que es una iniciativa muy importante para mejorar el sistema de la Empresa Eléctrica Cotopaxi.
- Es aconsejable que la Empresa Eléctrica Cotopaxi realice estudios del uso del sistema implementado ya que puede ser beneficioso para facilitar su trabajo.
- Se recomienda que los estudiantes desarrollen este tipo de proyectos en beneficio personal, institucional y de la comunidad en general.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- Electrónica aplicada a las altas frecuencias/F. de Dieuleveult, Madrid: Paraninfo, 2000.
- Sistemas Electrónicos de Comunicaciones/Roy Blake. —2ª .ed. —México, D.F: Thomsom, 2004.
- Electrónica de Comunicaciones/Manuel Sierra Pérez..(et al) – Madrid: Pearson Educación, S.A, 2003.
- http://espanol.geocities.com/robototem/Modulo_RF.htm
- http://www.tesisRF\Comunicación inalámbrica - Monografias_com.htm
- <http://www.studies.ac.upc.edu/EPSC/SED/Apuntes/RS232%20Y%20RS-485.ppt>.
- La-Guia-MetAs-03-03-Ener.pdf
- www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_factor_potencia/ke_factor_potencia_1.htm.
- www.tec-mex.com.mx
- [www.Monografias.com/manipulación de ondas de Radio Frecuencia \(R_F_\)_ Fundamentos Electrónica Unicrom.mht](http://www.Monografias.com/manipulación de ondas de Radio Frecuencia (R_F_)_ Fundamentos Electrónica Unicrom.mht)
- <http://electronred.iespana.es/optoacopla.htm>
- www.monografias.com/trabajos11/usbmem/usbmem.shtml
- [http://valetron.eresmas.net/bus_i2c\(Bus%20de%20datos\).htm](http://valetron.eresmas.net/bus_i2c(Bus%20de%20datos).htm)

ANEXOS

ANEXO A
GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

Acoplamiento: Conexión de la señal de salida de un circuito al punto de entrada de otro.

Aislamiento: Aislar o separar partes de máquinas, aparatos o instalaciones con diferencia de potencial.

Amperios: Unidad de medida de la corriente eléctrica.

Amplificador: Aumenta la amplitud o intensidad de un fenómeno.

Asíncrono: Se dice del proceso o del efecto que no ocurre en completa correspondencia temporal con otro proceso u otra causa.

Automatización: Proceso de mecanización para reducir la mano de obra.

B

Bidireccional: Se orienta en dos direcciones.

BJT: Transistor de juntura bipolar.

Bobinas: Cilindro de hilo conductor devanado.

Buffer: Lugar de almacenamiento temporal para adquisición o generación de datos.

Bus: Conjunto de líneas conductoras de señales utilizadas para la transmisión de datos entre los componentes de un sistema informático.

C

Campo Magnético: Campo de fuerzas creado por cargas eléctricas en movimiento.

Checksum: Error en la transmisión o recepción de datos.

Compilador: Programa que convierte el lenguaje informático empleado por el usuario en lenguaje propio del computador, del microprocesador o del microcontrolador.

Comunicación: Transmisión de señales mediante un código común al emisor y al receptor.

Confiabilidad: Probabilidad de buen funcionamiento de algún dispositivo.

Conmutación: Cambiar, permutar una cosa por otra.

Consumo Eléctrico: Watios por hora que pasan por un conductor.

Convertor análogo digital (A/D): Dispositivo electrónico que convierte señales analógicas en datos digitales.

D

Digital: En contraposición a 'analógico' (continuo), forma de representar la información con valores numéricos (discretos).

Driver: Conjuntos de rutinas para poder ejecutar un programa.

E

EEPROM: Memoria de datos, se la utiliza para programación en el microcontrolador.

Eficacia: Capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera.

Espectro Electromagnético: Resultado obtenido al desdoblar un haz heterogéneo de radiación.

Estándar: Que sirve como tipo, modelo, norma, patrón o referencia.

E/S ó e/s ó I/O: Abreviaturas de Entrada-Salida.

F

Fiabilidad: Probabilidad de buen funcionamiento de algo.

Formato: Conjunto de características técnicas y de presentación de una publicación periódica o de un programa de televisión o radio.

Fototransistor: Transistor sensible a la luz.

Full-Duplex: Comunicación dual, es decir al mismo tiempo (por ejemplo el teléfono).

H

Half-duplex: Comunicación de una sola vía, es decir uno a la vez (por ejemplo radio motorola).

Hertz: Unidad de frecuencia correspondiente a un periodo de 1 segundo.

I

I2C: Interface de circuito integrado-interno, se lo utiliza para comunicación del microcontrolador en modo maestro esclavo punto a punto.

Inalámbrico: Sistema eléctrico de comunicación carente de cables.

Índice de refracción: Razón entre las velocidades de propagación de la luz en el vacío y en un determinado medio.

INTCON: Es un registro, que puede ser leído y escrito, el cual contiene varias habilitaciones, prioridades, y valores de banderas.

Intel: Principal fabricante de microprocesadores y circuitos integrados. Esta compañía fue la inventora del microprocesador que controla una gran parte de los ordenadores o computadoras personales (PC) modernos.

Interconexión: Unir, enlazar, establecer relación, poner en comunicación varios sistemas.

K

Kw-h: Kilowatios consumidos por hora.

L

Labview: Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench. Lenguaje de programación gráfico que utiliza íconos en lugar de línea de texto para crear programas.

Lcd: Pantalla de cristal líquido.

M

Medidor Electromecánico: Medidor del consumo de luz eléctrica mediante dos bobinas y un imán.

Memoria de datos: Lugar destinado para el almacenamiento de datos.

Memoria de programa: Lugar destinado para el almacenamiento de la programación.

Microchip: Casa fabricante de elementos y dispositivos eléctricos y electrónicos.

Microcontrolador: dispositivo que tiene la capacidad de controlar o manejar diferentes periféricos por medio de una programación previa.

Modulación: Variación de las características amplitud, frecuencia y fase.

N

Normalización: Regularizar o poner en orden lo que no lo estaba.

O

Ohm: Unidad de resistencia eléctrica.

Ondas: Perturbación que se propaga desde un punto de un medio a otros del mismo medio.

Oscilador.- Elemento que produce oscilaciones eléctricas.

P

Periférico: Aparato auxiliar e independiente conectado a la unidad central de una computadora.

PIC: Nombre general que se les da a los microcontroladores de la fábrica Microchip.

Potencia: Producto de intensidad de corriente por la diferencia de potencial.

Prioridad: Anterioridad de algo respecto de otra cosa, en tiempo o en orden.

Protocolo: Conjunto de reglas que rigen una comunicación.

Puerto: Interfase de comunicación entre dispositivos.

Pull-up: Conjunto de resistencias internas.

Pulsador: Dispositivo eléctrico que cambia de estado al ser presionado.

R

Radiación: Emisión de ondas por parte de una fuente.

Radiofrecuencia: Cualquiera de las frecuencias de las ondas electromagnéticas empleadas en la radiocomunicación.

Receptor: Todo aparato capaz de recibir señales.

Red de comunicaciones: Enlace entre varios dispositivos.

Registro: Conjunto de datos relacionados entre sí, que constituyen una unidad de información en una base de datos.

Reset: retorna al estado inicial.

Robustez: Capacidad de soportar eventos adversos al normal funcionamiento de un dispositivo.

S

Sensibilidad: Capacidad de respuesta a muy pequeñas variaciones, estímulos o causas.

Setear: Fijar un valor para obtener una determinada configuración.

Síncrono: Que se desarrolla en perfecta correspondencia temporal con otro proceso o causa.

Sintonización: Regular un circuito para que su frecuencia coincida con otro.

Sleep: Modo de bajo consumo de energía.

Software: Conjunto de programas, instrucciones y reglas informáticas para ejecutar ciertas tareas en una computadora.

Subrutinas: Programas para una función específica.

T

Temporizador: Sistema de control de tiempo que se utiliza para abrir o cerrar un circuito en uno o más momentos determinados.

Timer: Registro de control configurable para generar tiempos.

Trama: Conjunto de datos codificados con un propósito específico.

Transmisor: Circuito capaz de emitir señales.

U

USART: Módulo universal síncrono asíncrono de recepción y transmisión, también se lo conoce como una interface de comunicación serial.

W

Windows: Nombre común o coloquial de Microsoft Windows, un entorno multitarea dotado de una interfaz gráfica de usuario, que se ejecuta en computadoras diseñadas para MS-DOS.

ANEXO B
HOJAS DE ESPECIFICACIONES



PIC16F62X

FLASH-Based 8-Bit CMOS Microcontrollers

Devices included in this data sheet:

- PIC16F627 • PIC16F628

Referred to collectively as PIC16F62X .

High Performance RISC CPU:

- Only 35 Instructions to learn
- All single-cycle instructions (200 ns), except for program branches which are two-cycle
- Operating speed:
 - DC - 20 MHz clock input
 - DC - 200 ns instruction cycle

| Device | Memory | | |
|-----------|---------------|----------|-------------|
| | FLASH Program | RAM Data | EEPROM Data |
| PIC16F627 | 1024 x 14 | 224 x 8 | 128 x 8 |
| PIC16F628 | 2048 x 14 | 224 x 8 | 128 x 8 |

- Interrupt capability
- 16 special function hardware registers
- 8-level deep hardware stack
- Direct, Indirect and Relative addressing modes

Peripheral Features:

- 15 I/O pins with individual direction control
- High current sink/source for direct LED drive
- Analog comparator module with:
 - Two analog comparators
 - Programmable on-chip voltage reference (VREF) module
 - Programmable input multiplexing from device inputs and internal voltage reference
 - Comparator outputs are externally accessible
- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with external crystal/clock capability
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Capture, Compare, PWM (CCP) module
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter USART/SCI
- 16 Bytes of common RAM

Special Microcontroller Features:

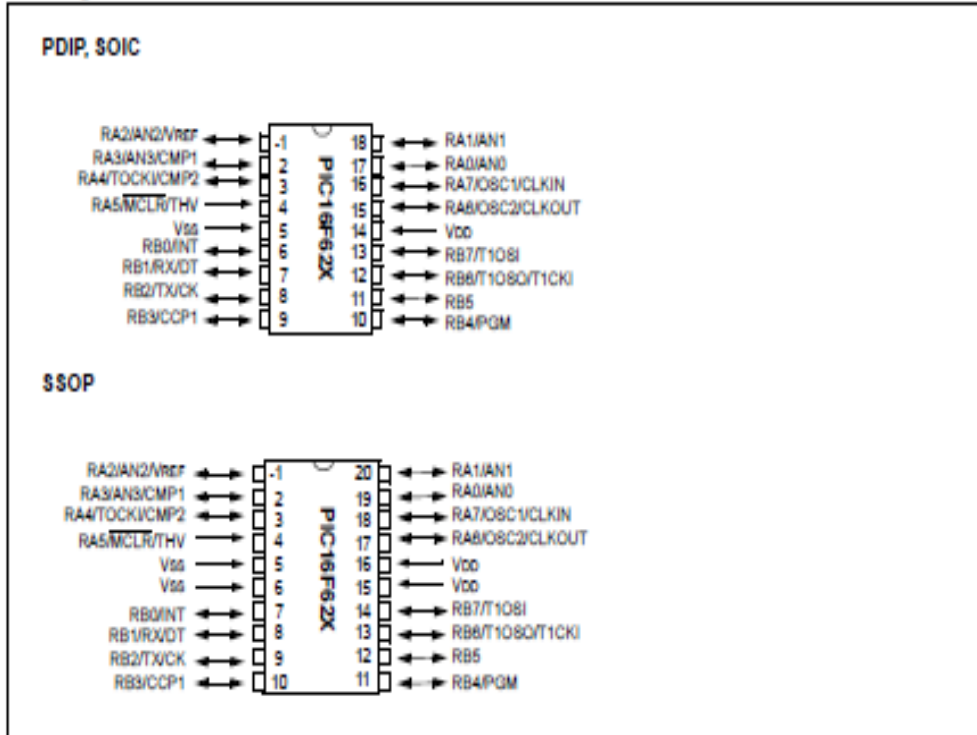
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Brown-out Detect (BOD)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Multiplexed MCLR-pin
- Programmable weak pull-ups on PORTB
- Programmable code protection
- Low voltage programming
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
 - FLASH configuration bits for oscillator options
 - ER (External Resistor) oscillator
 - Reduced part count
 - Dual speed INTRC
 - Lower current consumption
 - EC External Clock Input
 - XT oscillator mode
 - HS oscillator mode
 - LP oscillator mode
- Serial In-circuit programming (via two pins)
- Four user programmable ID locations

CMOS Technology:

- Low-power, high-speed CMOS FLASH technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range
 - PIC16F627 - 3.0V to 5.5V
 - PIC16F628 - 3.0V to 5.5V
 - PIC16LF627 - 2.0V to 5.5V
 - PIC16LF628 - 2.0V to 5.5V
- Commercial, Industrial and extended temperature range
- Low power consumption
 - < 2.0 mA @ 5.0V, 4.0 MHz
 - 15 μ A typical @ 3.0V, 32 kHz
 - < 1.0 μ A typical standby current @ 3.0V

PIC16F62X

Pin Diagrams



Device Differences

| Device | Voltage Range | Oscillator | Process Technology (Microns) |
|------------|---------------|------------|------------------------------|
| PIC16F627 | 3.0 - 5.5 | See Note 1 | 0.7 |
| PIC16F628 | 3.0 - 5.5 | See Note 1 | 0.7 |
| PIC16LF627 | 2.0 - 5.5 | See Note 1 | 0.7 |
| PIC16LF628 | 2.0 - 5.5 | See Note 1 | 0.7 |

Note 1: If you change from this device to another device, please verify oscillator characteristics in your application.

PIC16F62X

1.0 GENERAL DESCRIPTION

The PIC16F62X are 18-Pin FLASH-based members of the versatile PIC16CXX family of low-cost, high-performance, CMOS, fully-static, 8-bit microcontrollers.

All PICmicro[®] microcontrollers employ an advanced RISC architecture. The PIC16F62X have enhanced core features, eight-level deep stack, and multiple internal and external Interrupt sources. The separate instruction and data buses of the Harvard architecture allow a 14-bit wide instruction word with the separate 8-bit wide data. The two-stage instruction pipeline allows all instructions to execute in a single-cycle, except for program branches (which require two cycles). A total of 35 instructions (reduced instruction set) are available. Additionally, a large register set gives some of the architectural innovations used to achieve a very high performance.

PIC16F62X microcontrollers typically achieve a 2:1 code compression and a 4:1 speed improvement over other 8-bit microcontrollers in their class.

PIC16F62X devices have special features to reduce external components, thus reducing system cost, enhancing system reliability and reducing power consumption. There are eight oscillator configurations, of which the single pin ER oscillator provides a low-cost solution. The LP oscillator minimizes power consumption, XT is a standard crystal, INTRC is a self-contained internal oscillator and the HS is for High Speed crystals. The SLEEP (power-down) mode offers power savings. The user can wake up the chip from SLEEP through several external and internal interrupts and reset.

A highly reliable Watchdog Timer with its own on-chip RC oscillator provides protection against software lock-up.

Table 1-1 shows the features of the PIC16F62X mid-range microcontroller families.

A simplified block diagram of the PIC16F62X is shown in Figure 3-1.

The PIC16F62X series fits in applications ranging from battery chargers to low-power remote sensors. The FLASH technology makes customization of application programs (detection levels, pulse generation, timers, etc.) extremely fast and convenient. The small footprint packages make this microcontroller series ideal for all applications with space limitations. Low-cost, low-power, high-performance, ease of use and I/O flexibility make the PIC16F62X very versatile.

1.1 Development Support

The PIC16F62X family is supported by a full-featured macro assembler, a software simulator, an in-circuit emulator, a low-cost development programmer and a full-featured programmer. A Third Party "C" compiler support tool is also available.

PIC16F62X

2.0 PIC16F62X DEVICE VARIETIES

A variety of frequency ranges and packaging options are available. Depending on application and production requirements the proper device option can be selected using the information in the PIC16F62X Product Identification System section at the end of this data sheet. When placing orders, please use this page of the data sheet to specify the correct part number.

2.1 Flash Devices

These devices are offered in the lower cost plastic package, even though the device can be erased and reprogrammed. This allows the same device to be used for prototype development and pilot programs as well as production.

A further advantage of the electrically-erasable Flash version is that it can be erased and reprogrammed in-circuit, or by device programmers, such as Microchip's PICSTART® Plus or PRO MATE® II programmers.

2.2 Quick-Turnaround-Production (QTP) Devices

Microchip offers a QTP Programming Service for factory production orders. This service is made available for users who chose not to program a medium to high quantity of units and whose code patterns have stabilized. The devices are standard FLASH devices but with all program locations and configuration options already programmed by the factory. Certain code and prototype verification procedures apply before production shipments are available. Please contact your Microchip Technology sales office for more details.

2.3 Serialized Quick-Turnaround-Production (SQTP™) Devices

Microchip offers a unique programming service where a few user-defined locations in each device are programmed with different serial numbers. The serial numbers may be random, pseudo-random or sequential.

Serial programming allows each device to have a unique number which can serve as an entry-code, password or ID number.

PIC16F62X

3.0 ARCHITECTURAL OVERVIEW

The high performance of the PIC16F62X family can be attributed to a number of architectural features commonly found in RISC microprocessors. To begin with, the PIC16F62X uses a Harvard architecture, in which, program and data are accessed from separate memories using separate busses. This improves bandwidth over traditional von Neumann architecture where program and data are fetched from the same memory. Separating program and data memory further allows instructions to be sized differently than 8-bit wide data word. Instruction opcodes are 14-bits wide making it possible to have all single word instructions. A 14-bit wide program memory access bus fetches a 14-bit instruction in a single cycle. A two-stage pipeline overlaps fetch and execution of instructions. Consequently, all instructions (35) execute in a single-cycle (200 ns @ 20 MHz) except for program branches.

The Table below lists program memory (Flash, Data and EEPROM).

| Device | Memory | | |
|------------|---------------|----------|-------------|
| | FLASH Program | RAM Data | EEPROM Data |
| PIC16F627 | 1024 x 14 | 224 x 8 | 128 x 8 |
| PIC16F628 | 2048 x 14 | 224 x 8 | 128 x 8 |
| PIC16LF627 | 1024 x 14 | 224 x 8 | 128 x 8 |
| PIC16LF628 | 2048 x 14 | 224 x 8 | 128 x 8 |

The PIC16F62X can directly or indirectly address its register files or data memory. All special function registers including the program counter are mapped in the data memory. The PIC16F62X have an orthogonal (symmetrical) instruction set that makes it possible to carry out any operation on any register using any addressing mode. This symmetrical nature and lack of 'special optimal situations' make programming with the PIC16F62X simple yet efficient. In addition, the learning curve is reduced significantly.

The PIC16F62X devices contain an 8-bit ALU and working register. The ALU is a general purpose arithmetic unit. It performs arithmetic and Boolean functions between data in the working register and any register file.

The ALU is 8-bit wide and capable of addition, subtraction, shift and logical operations. Unless otherwise mentioned, arithmetic operations are two's complement in nature. In two-operand instructions, typically one operand is the working register (W register). The other operand is a file register or an immediate constant. In single operand instructions, the operand is either the W register or a file register.

The W register is an 8-bit working register used for ALU operations. It is not an addressable register.

Depending on the instruction executed, the ALU may affect the values of the Carry (C), Digit Carry (DC), and Zero (Z) bits in the STATUS register. The C and DC bits operate as a Borrow and Digit Borrow out bit, respectively, bit in subtraction. See the *SUBLW* and *SUBWF* instructions for examples.

A simplified block diagram is shown in Figure 3-1, with a description of the device pins in Table 3-1.

Two types of data memory are provided on the PIC16F62X devices. Non-volatile EEPROM data memory is provided for long term storage of data such as calibration values, look up table data, and any other data which may require periodic updating in the field. This data is not lost when power is removed. The other data memory provided is regular RAM data memory. Regular RAM data memory is provided for temporary storage of data during normal operation. It is lost when power is removed.

PIC16F62X

TABLE 3-1: PIC16F62X PINOUT DESCRIPTION

| Name | DIP/ SOIC Pin # | SSOP Pin # | I/O/P Type | Buffer Type | Description |
|-----------------|-----------------------|---------------|---------------|-----------------------|---|
| RA0/AN0 | 17 | 19 | I/O | ST | Bi-directional I/O port/Analog comparator input |
| RA1/AN1 | 18 | 20 | I/O | ST | Bi-directional I/O port/Analog comparator input |
| RA2/AN2/VREF | 1 | 1 | I/O | ST | Bi-directional I/O port/Analog comparator input/VREF output |
| RA3/AN3/CMP1 | 2 | 2 | I/O | ST | Bi-directional I/O port/Analog comparator input/comparator output |
| RA4/T0CKI/CMP2 | 3 | 3 | I/O | ST | Bi-directional I/O port/Can be configured as T0CKI/comparator output |
| RA5/MCLR/THV | 4 | 4 | I | ST | Input port/master clear (reset input/programming voltage input. When configured as MCLR, this pin is an active low reset to the device. Voltage on MCLR/THV must not exceed V _{DD} during normal device operation. |
| RA6/OSC2/CLKOUT | 15 | 17 | I/O | ST | Bi-directional I/O port/Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In ER mode, OSC2 pin outputs CLKOUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate. |
| RA7/OSC1/CLKIN | 16 | 18 | I/O | ST | Bi-directional I/O port/Oscillator crystal input/external clock source input. ER biasing pin. |
| RB0/INT | 6 | 7 | I/O | TTL/ST ⁽¹⁾ | Bi-directional I/O port/external interrupt. Can be software programmed for internal weak pull-up. |
| RB1/RX/DT | 7 | 8 | I/O | TTL/ST ⁽³⁾ | Bi-directional I/O port/ USART receive pin/synchronous data I/O. Can be software programmed for internal weak pull-up. |
| RB2/TX/CK | 8 | 9 | I/O | TTL/ST ⁽³⁾ | Bi-directional I/O port/ USART transmit pin/synchronous clock I/O. Can be software programmed for internal weak pull-up. |
| RB3/CCP1 | 9 | 10 | I/O | TTL/ST ⁽⁴⁾ | Bi-directional I/O port/Capture/Compare/PWM I/O. Can be software programmed for internal weak pull-up. |
| RB4/PGM | 10 | 11 | I/O | TTL/ST ⁽⁵⁾ | Bi-directional I/O port/Low voltage programming input pin. Wake-up from SLEEP on pin change. Can be software programmed for internal weak pull-up. When low voltage programming is enabled, the interrupt on pin change and weak pull-up resistor are disabled. |
| RB5 | 11 | 12 | I/O | TTL | Bi-directional I/O port/Wake-up from SLEEP on pin change. Can be software programmed for internal weak pull-up. |
| RB6/T1OSO/T1CKI | 12 | 13 | I/O | TTL/ST ⁽²⁾ | Bi-directional I/O port/Timer1 oscillator output/Timer1 clock input. Wake up from SLEEP on pin change. Can be software programmed for internal weak pull-up. |
| RB7/T1OSI | 13 | 14 | I/O | TTL/ST ⁽²⁾ | Bi-directional I/O port/Timer1 oscillator input. Wake up from SLEEP on pin change. Can be software programmed for internal weak pull-up. |
| V _{SS} | 5 | 5,6 | P | — | Ground reference for logic and I/O pins. |
| V _{DD} | 14 | 15,16 | P | — | Positive supply for logic and I/O pins. |

Legend: O = output I/O = Input/output P = power
 — = Not used I = Input ST = Schmitt Trigger Input
 TTL = TTL Input I/O D = Input/open drain output

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.

Note 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in serial programming mode.

Note 3: This buffer is a Schmitt Trigger I/O when used in USART/Synchronous mode.

Note 4: This buffer is a Schmitt Trigger I/O when used in CCP mode.

Note 5: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in low voltage program mode.

PIC16F62X

5.0 I/O PORTS

The PIC16F62X have two ports, PORTA and PORTB. Some pins for these I/O ports are multiplexed with an alternate function for the peripheral features on the device. In general, when a peripheral is enabled, that pin may not be used as a general purpose I/O pin.

5.1 PORTA and TRISA Registers

PORTA is an 8-bit wide latch. RA4 is a Schmitt Trigger Input and an open drain output. Port RA4 is multiplexed with the T0CKI clock Input. RA5 is a Schmitt Trigger Input only and has no output drivers. All other RA port pins have Schmitt Trigger input levels and full CMOS output drivers. All pins have data direction bits (TRIS registers) which can configure these pins as input or output.

A '1' in the TRISA register puts the corresponding output driver in a hi-impedance mode. A '0' in the TRISA register puts the contents of the output latch on the selected pin(s).

Reading the PORTA register reads the status of the pins whereas writing to it will write to the port latch. All write operations are read-modify-write operations. So a write to a port implies that the port pins are first read, then this value is modified and written to the port data latch.

The PORTA pins are multiplexed with comparator and voltage reference functions. The operation of these pins are selected by control bits in the CMCON (comparator control register) register and the VRCON (voltage reference control register) register. When selected as a comparator input, these pins will read as '0's.

Note 1: On reset, the TRISA register is set to all inputs. The digital inputs are disabled and the comparator inputs are forced to ground to reduce excess current consumption.

Note 2: When RA6/OSC2/CLKOUT is configured as CLKOUT, the corresponding TRIS bit is overridden and the pin is configured as an output. The PORTA data bit reads 0, and the PORTA TRIS bit reads 0.

TRISA controls the direction of the RA pins, even when they are being used as comparator inputs. The user must make sure to keep the pins configured as inputs when using them as comparator inputs.

The RA2 pin will also function as the output for the voltage reference. When in this mode, the VREF pin is a very high impedance output. The user must configure TRISA<2> bit as an input and use high impedance loads.

In one of the comparator modes defined by the CMCON register, pins RA3 and RA4 become outputs of the comparators. The TRISA<4:3> bits must be cleared to enable outputs to use this function.

EXAMPLE 5-1: INITIALIZING PORTA

```

CLRWF PORTA      ;Initialize PORTA by setting
                  ;output data latches
MOVLW 0x07       ;Turn comparators off and
MOVWF CMCON      ;enable pins for I/O
                  ;functions

BCF  STATUS, RP1
BSF  STATUS, RP0 ;Select Bank1
MOVLW 0x1F       ;Value used to initialize
                  ;data direction
MOVWF TRISA      ;Set RA<4:0> as inputs
                  ;TRISA<7:5> are always
                  ;read as '0'.

```

PIC16F62X

5.2 PORTB and TRISB Registers

PORTB is an 8-bit wide bi-directional port. The corresponding data direction register is TRISB. A '1' in the TRISB register puts the corresponding output driver in a high impedance mode. A '0' in the TRISB register puts the contents of the output latch on the selected pin(s).

PORTB is multiplexed with the interrupt, USART, CCP module and the TMR1 clock input/output. The standard port functions and the alternate port functions are shown in Table 5-3.

Reading PORTB register reads the status of the pins, whereas writing to it will write to the port latch. All write operations are read-modify-write operations. So a write to a port implies that the port pins are first read, then this value is modified and written to the port data latch.

Each of the PORTB pins has a weak internal pull-up ($\approx 200 \mu\text{A}$ typical). A single control bit can turn on all the pull-ups. This is done by clearing the RBPU (OPTION<7>) bit. The weak pull-up is automatically turned off when the port pin is configured as an output. The pull-ups are disabled on Power-on Reset.

Four of PORTB's pins, RB7:RB4, have an interrupt on change feature. Only pins configured as inputs can cause this interrupt to occur (i.e., any RB7:RB4 pin configured as an output is excluded from the interrupt on change comparison). The input pins (of RB7:RB4) are compared with the old value latched on the last read of PORTB. The "mismatch" outputs of RB7:RB4 are OR'ed together to generate the RBIF interrupt (flag latched in INTCON<0>).

This interrupt can wake the device from SLEEP. The user, in the interrupt service routine, can clear the interrupt in the following manner:


- a) Any read or write of PORTB. This will end the mismatch condition.
- b) Clear flag bit RBIF.

A mismatch condition will continue to set flag bit RBIF. Reading PORTB will end the mismatch condition, and allow flag bit RBIF to be cleared.

This interrupt on mismatch feature, together with software configurable pull-ups on these four pins allow easy interface to a key pad and make it possible for wake-up on key-depression. (See AN552 in the Microchip Embedded Control Handbook.)

| |
|---|
| Note: If a change on the I/O pin should occur when the read operation is being executed (start of the Q2 cycle), then the RBIF interrupt flag may not get set. |
|---|

The interrupt on change feature is recommended for wake-up on key depression operation and operations where PORTB is only used for the interrupt on change feature. Polling of PORTB is not recommended while using the interrupt on change feature.



MICROCHIP 24AA128/24LC128/24FC128

128K I²C™ CMOS Serial EEPROM

Device Selection Table

| Part Number | V _{CC} Range | Max. Clock Frequency | Temp. Ranges |
|-------------|-----------------------|------------------------|--------------|
| 24AA128 | 1.7-5.5V | 400 kHz ⁽¹⁾ | I |
| 24LC128 | 2.5-5.5V | 400 kHz | I, E |
| 24FC128 | 1.7-5.5V | 1 MHz ⁽²⁾ | I |

Note 1: 100 kHz for V_{CC} < 2.5V.
 Note 2: 400 kHz for V_{CC} < 2.5V.

Features:

- Single supply with operation down to 1.7V for 24AA128/24FC128 devices, 2.5V for 24LC128 devices
- Low-power CMOS technology:
 - Write current 3 mA, typical
 - Standby current 100 nA, typical
- 2-wire serial interface, I²C™ compatible
- Cascadable up to eight devices
- Schmitt Trigger Inputs for noise suppression
- Output slope control to eliminate ground bounce
- 100 kHz and 400 kHz clock compatibility
- 1 MHz clock for FC versions
- Page write time 5 ms, typical
- Self-timed erase/write cycle
- 64-byte page write buffer <adjust per device>
- Hardware write-protect
- ESD protection >4000V
- More than 1 million erase/write cycles
- Data retention > 200 years
- Factory programming available
- Packages include 8-lead PDIP, SOIC, TSSOP, DFN and MSOP packages
- Pb-free and RoHS compliant

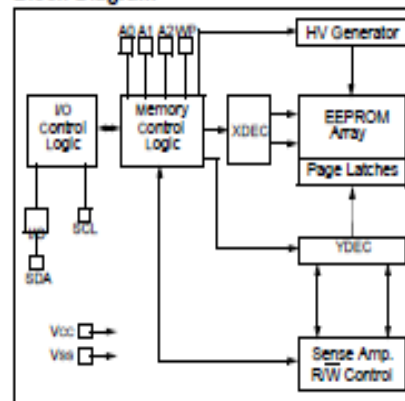
Temperature ranges:

- Industrial (I): -40°C to +85°C
- Automotive (E): -40°C to +125°C

Description:

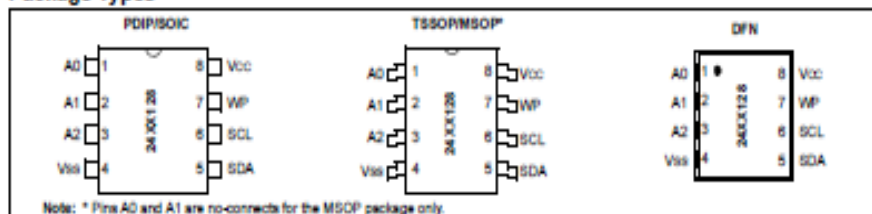
The Microchip Technology Inc. 24AA128/24LC128/24FC128 (24XX128*) is a 16K x 8 (128 Kbit) Serial Electrically Erasable PROM (EEPROM), capable of operation across a broad voltage range (1.7V to 5.5V). It has been developed for advanced, low-power applications such as personal communications or data acquisition. This device also has a page write capability of up to 64 bytes of data. This device is capable of both random and sequential reads up to the 128K boundary. Functional address lines allow up to eight devices on the same bus, for up to 1 Mbit address space. This device is available in the standard 8-pin plastic PDIP, SOIC (3.90 mm and 5.28 mm), TSSOP, MSOP and DFN packages.

Block Diagram



*24XX128 is used in this document as a generic part number for the 24AA128/24LC128/24FC128 devices.

Package Types



24AA128/24LC128/24FC128

1.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Absolute Maximum Ratings^(†)

| | |
|---|--------------------------------|
| V _{CC} | 6.5V |
| All inputs and outputs w.r.t. V _{SS} | -0.6V to V _{CC} +1.0V |
| Storage temperature..... | -65°C to +150°C |
| Ambient temperature with power applied..... | -40°C to +125°C |
| ESD protection on all pins..... | > 4 kV |

† NOTICE: Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operational listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

TABLE 1-1: DC CHARACTERISTICS

| DC CHARACTERISTICS | | Electrical Characteristics: Industrial (I): V _{CC} = +1.7V to 5.5V T _A = -40°C to +85°C Automotive (E): V _{CC} = +2.5V to 5.5V T _A = -40°C to 125°C | | | | |
|--------------------|---|---|----------------------|--|----------|--|
| Param. No. | Sym. | Characteristic | Min. | Max. | Units | Conditions |
| D1 | — | A0, A1, A2, SCL, SDA and WP pins: | — | — | — | — |
| D2 | V _{IH} | High-level input voltage | 0.7 V _{CC} | — | V | — |
| D3 | V _{IL} | Low-level input voltage | — | 0.3 V _{CC} 0.2 V _{CC} | V V | V _{CC} ≥ 2.5V V _{CC} < 2.5V |
| D4 | V _{HYS} | Hysteresis of Schmitt Trigger inputs (SDA, SCL pins) | 0.05 V _{CC} | — | V | V _{CC} ≥ 2.5V (Note 1) |
| D5 | V _{OL} | Low-level output voltage | — | 0.40 | V | I _{OL} = 3.0 mA @ V _{CC} = 4.5V I _{OL} = 2.1 mA @ V _{CC} = 2.5V |
| D6 | I _I | Input leakage current | — | ±1 | μA | V _{IN} = V _{SS} or V _{CC} , WP = V _{SS} V _{IN} = V _{SS} or V _{CC} , WP = V _{CC} |
| D7 | I _{LO} | Output leakage current | — | ±1 | μA | V _{OUT} = V _{SS} or V _{CC} |
| D8 | C _{IN} , C _{OUT} | Pin capacitance (all inputs/outputs) | — | 10 | pF | V _{CC} = 5.0V (Note 1) T _A = 25°C, F _{CLK} = 1 MHz |
| D9 | I _{CC} Read I _{CC} Write | Operating current | — | 400 3 | μA mA | V _{CC} = 5.5V, SCL = 400 kHz V _{CC} = 5.5V |
| D10 | I _{CCS} | Standby current | — | 1 5 | μA μA | T _A = -40°C to +85°C SCL = SDA = V _{CC} = 5.5V A0, A1, A2, WP = V _{SS} T _A = -40°C to 125°C SCL = SDA = V _{CC} = 5.5V A0, A1, A2, WP = V _{SS} |

Note 1: This parameter is periodically sampled and not 100% tested.

24AA128/24LC128/24FC128

TABLE 1-2: AC CHARACTERISTICS

| AC CHARACTERISTICS | | | Electrical Characteristics: | | | |
|--------------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|--|--|
| | | | Industrial (I): | | V _{CC} = +1.7V to 5.5V T _A = -40°C to +85°C | |
| | | | Automotive (E): | | V _{CC} = +2.5V to 5.5V T _A = -40°C to 125°C | |
| Param. No. | Sym. | Characteristic | Min. | Max. | Units | Conditions |
| 1 | FCLK | Clock frequency | — — — — | 100 400 400 1000 | kHz | 1.7V ≤ V _{CC} < 2.5V 2.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V 1.7V ≤ V _{CC} < 2.5V 24FC128 2.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V 24FC128 |
| 2 | THIGH | Clock high time | 4000 600 600 500 | — — — — | ns | 1.7V ≤ V _{CC} < 2.5V 2.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V 1.7V ≤ V _{CC} < 2.5V 24FC128 2.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V 24FC128 |
| 3 | TLOW | Clock low time | 4700 1300 1300 500 | — — — — | ns | 1.7V ≤ V _{CC} < 2.5V 2.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V 1.7V ≤ V _{CC} < 2.5V 24FC128 2.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V 24FC128 |
| 4 | T _{RI} | SDA and SCL rise time (Note 1) | — — — | 1000 300 300 | ns | 1.7V ≤ V _{CC} < 2.5V 2.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V 1.7V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V 24FC128 |
| 5 | T _{RF} | SDA and SCL fall time (Note 1) | — — | 300 100 | ns | All except, 24FC128 1.7V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V 24FC128 |
| 6 | THD:STA | Start condition hold time | 4000 600 600 250 | — — — — | ns | 1.7V ≤ V _{CC} < 2.5V 2.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V 1.7V ≤ V _{CC} < 2.5V 24FC128 2.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V 24FC128 |
| 7 | TSU:STA | Start condition setup time | 4700 600 600 250 | — — — — | ns | 1.7V ≤ V _{CC} < 2.5V 2.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V 1.7V ≤ V _{CC} < 2.5V 24FC128 2.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V 24FC128 |
| 8 | THD:DAT | Data input hold time | 0 | — | ns | (Note 2) |
| 9 | TSU:DAT | Data input setup time | 250 100 100 | — — — | ns | 1.7V ≤ V _{CC} < 2.5V 2.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V 1.7V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V 24FC128 |
| 10 | TSU:STO | Stop condition setup time | 4000 600 600 250 | — — — — | ns | 1.7V ≤ V _{CC} < 2.5V 2.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V 1.7V ≤ V _{CC} < 2.5V 24FC128 2.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V 24FC128 |
| 11 | TSU:WP | WP setup time | 4000 600 600 | — — — | ns | 1.7V ≤ V _{CC} < 2.5V 2.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V 1.7V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V 24FC128 |
| 12 | THD:WP | WP hold time | 4700 1300 1300 | — — — | ns | 1.7V ≤ V _{CC} < 2.5V 2.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V 1.7V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V 24FC128 |

Note 1: Not 100% tested. C_B = total capacitance of one bus line in pF.

- 2: As a transmitter, the device must provide an internal minimum delay time to bridge the undefined region (minimum 300 ns) of the falling edge of SCL to avoid unintended generation of Start or Stop conditions.
- 3: The combined T_{RI} and V_{IHS} specifications are due to new Schmitt Trigger inputs, which provide improved noise spike suppression. This eliminates the need for a T_I specification for standard operation.
- 4: This parameter is not tested but ensured by characterization. For endurance estimates in a specific application, please consult the Total Endurance™ Model, which can be obtained from Microchip's web site at www.microchip.com.

24AA128/24LC128/24FC128

TABLE 1-2: AC CHARACTERISTICS (CONTINUED)

| AC CHARACTERISTICS | | | Electrical Characteristics: Industrial (I): $V_{CC} = +1.7V$ to $5.5V$ $T_A = -40^\circ C$ to $+85^\circ C$ Automotive (E): $V_{CC} = +2.5V$ to $5.5V$ $T_A = -40^\circ C$ to $125^\circ C$ | | | |
|--------------------|-----------|--|---|------------------------------|--------|--|
| Param. No. | Sym. | Characteristic | Min. | Max. | Units | Conditions |
| 13 | T_{AA} | Output valid from clock (Note 2) | — | 3500 — 900 — 400 | ns | $1.7V \leq V_{CC} < 2.5V$ $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ $1.7V \leq V_{CC} < 2.5V$ 24FC128 $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ 24FC128 |
| 14 | T_{BUF} | Bus free time: Time the bus must be free before a new transmission can start | 4700 1300 1300 500 | — — — — | ns | $1.7V \leq V_{CC} < 2.5V$ $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ $1.7V \leq V_{CC} < 2.5V$ 24FC128 $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ 24FC128 |
| 15 | T_{OF} | Output fall time from V_{IH} minimum to V_{IL} maximum $C_b \leq 100$ pF | $10 + 0.1C_b$ | 250 250 | ns | All except, 24FC128 (Note 1) 24FC128 (Note 1) |
| 16 | T_{SP} | Input filter spike suppression (SDA and SCL pins) | — | 50 | ns | All except, 24FC128 (Notes 1 and 3) |
| 17 | T_{WC} | Write cycle time (byte or page) | — | 5 | ms | — |
| 18 | — | Endurance | 1,000,000 | — | cycles | $25^\circ C$ (Note 4) |

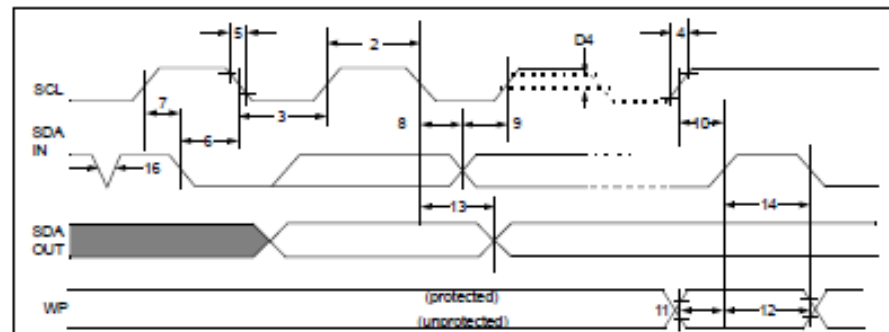
Note 1: Not 100% tested. C_b = total capacitance of one bus line in pF.

2: As a transmitter, the device must provide an internal minimum delay time to bridge the undefined region (minimum 300 ns) of the falling edge of SCL to avoid unintended generation of Start or Stop conditions.

3: The combined T_{SP} and V_{HYS} specifications are due to new Schmitt Trigger inputs, which provide improved noise spike suppression. This eliminates the need for a T_i specification for standard operation.

4: This parameter is not tested but ensured by characterization. For endurance estimates in a specific application, please consult the Total Endurance™ Model, which can be obtained from Microchip's web site at www.microchip.com.

FIGURE 1-1: BUS TIMING DATA



24AA128/24LC128/24FC128

2.0 PIN DESCRIPTIONS

The descriptions of the pins are listed in Table 2-1.

TABLE 2-1: PIN FUNCTION TABLE

| Name | 8-pin PDIP | 8-pin SOIC | 8-pin TSSOP | 8-pin MSOP | 8-pin DFN | Function |
|-----------------|------------|------------|-------------|------------|-----------|---|
| A0 | 1 | 1 | 1 | — | 1 | User Configurable Chip Select |
| A1 | 2 | 2 | 2 | — | 2 | User Configurable Chip Select |
| (NC) | — | — | — | 1, 2 | — | Not Connected |
| A2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | User Configurable Chip Select |
| V _{ss} | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | Ground |
| SDA | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | Serial Data |
| SCL | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | Serial Clock |
| (NC) | — | — | — | — | — | Not Connected |
| WP | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | Write-Protect Input |
| V _{cc} | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | +1.7V to 5.5V (24AA128) +2.5V to 5.5V (24LC128) +1.7V to 5.5V (24FC128) |

2.1 A0, A1, A2 Chip Address Inputs

The A0, A1 and A2 inputs are used by the 24XX128 for multiple device operations. The levels on these inputs are compared with the corresponding bits in the slave address. The chip is selected if the compare is true.

For the MSOP package only, pins A0 and A1 are not connected.

Up to eight devices (two for the MSOP package) may be connected to the same bus by using different Chip Select bit combinations. These inputs must be connected to either V_{cc} or V_{ss}.

In most applications, the chip address inputs A0, A1 and A2 are hard-wired to logic '0' or logic '1'. For applications in which these pins are controlled by a microcontroller or other programmable device, the chip address pins must be driven to logic '0' or logic '1' before normal device operation can proceed.

2.2 Serial Data (SDA)

This is a bidirectional pin used to transfer addresses and data into and out of the device. It is an open drain terminal. Therefore, the SDA bus requires a pull-up resistor to V_{cc} (typical 10 kΩ for 100 kHz, 2 kΩ for 400 kHz and 1 MHz).

For normal data transfer, SDA is allowed to change only during SCL low. Changes during SCL high are reserved for indicating the Start and Stop conditions.

2.3 Serial Clock (SCL)

This input is used to synchronize the data transfer to and from the device.

2.4 Write-Protect (WP)

This pin must be connected to either V_{ss} or V_{cc}. If tied to V_{ss}, write operations are enabled. If tied to V_{cc}, write operations are inhibited but read operations are not affected.

3.0 FUNCTIONAL DESCRIPTION

The 24XX128 supports a bidirectional 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 bus must be controlled by a master device which generates the Serial Clock (SCL), controls the bus access and generates the Start and Stop conditions while the 24XX128 works as a slave. Both master and slave can operate as a transmitter or receiver, but the master device determines which mode is activated.

24AA128/24LC128/24FC128

4.0 BUS CHARACTERISTICS

The following bus protocol has been defined:

- 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 a Start or Stop condition.

Accordingly, the following bus conditions have been defined (Figure 4-1).

4.1 Bus Not Busy (A)

Both data and clock lines remain high.

4.2 Start Data Transfer (B)

A high-to-low transition of the SDA line while the clock (SCL) is high determines a Start condition. All commands must be preceded by a Start condition.

4.3 Stop Data Transfer (C)

A low-to-high transition of the SDA line, while the clock (SCL) is high, determines a Stop condition. All operations must end with a Stop condition.

4.4 Data Valid (D)

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 bit of data per clock pulse.

Each data transfer is initiated with a Start condition and terminated with a Stop condition. The number of the data bytes transferred between the Start and Stop conditions is determined by the master device.

4.5 Acknowledge

Each receiving device, when addressed, is obliged to generate an Acknowledge signal after the reception of each byte. The master device must generate an extra clock pulse, which is associated with this Acknowledge bit.

Note: The 24XX128 does not generate any Acknowledge bits if an internal programming cycle is in progress.

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. During reads, 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 (24XX128) will leave the data line high to enable the master to generate the Stop condition.

FIGURE 4-1: DATA TRANSFER SEQUENCE ON THE SERIAL BUS

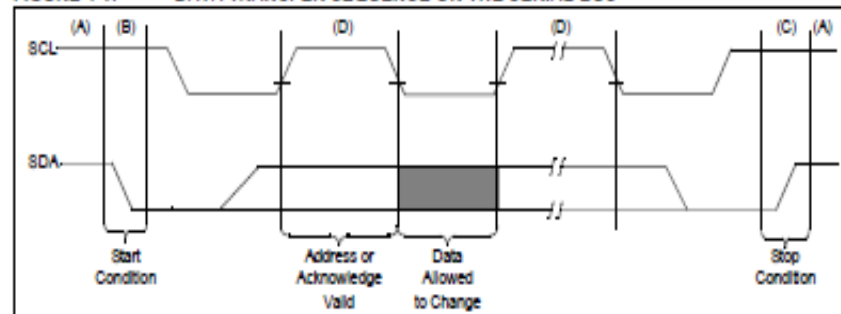
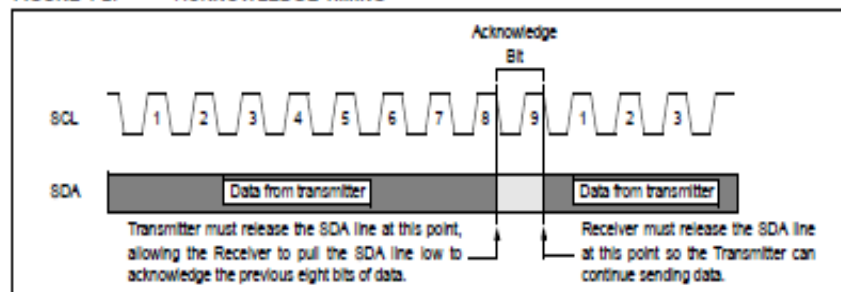


FIGURE 4-2: ACKNOWLEDGE TIMING



24AA128/24LC128/24FC128

5.0 DEVICE ADDRESSING

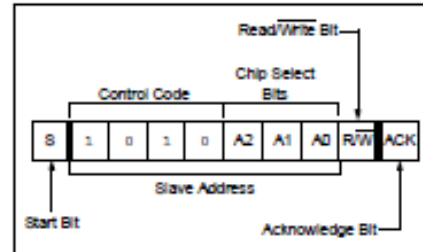
A control byte is the first byte received following the Start condition from the master device (Figure 5-1). The control byte consists of a 4-bit control code. For the 24XX128, this is set as '1010' binary for read and write operations. The next three bits of the control byte are the Chip Select bits (A2, A1, A0). The Chip Select bits allow the use of up to eight 24XX128 devices on the same bus and are used to select which device is accessed. The Chip Select bits in the control byte must correspond to the logic levels on the corresponding A2, A1 and A0 pins for the device to respond. These bits are, in effect, the three Most Significant bits of the word address.

For the MSOP package, the A0 and A1 pins are not connected. During device addressing, the A0 and A1 Chip Select bits (Figures 5-1 and 5-2) should be set to '0'. Only two 24XX128 MSOP packages can be connected to the same bus.

The last bit of the control byte defines the operation to be performed. When set to a one, a read operation is selected. When set to a zero, a write operation is selected. The next two bytes received define the address of the first data byte (Figure 5-2). Because only A13..A0 are used, the upper two address bits are "don't care" bits. The upper address bits are transferred first, followed by the Less Significant bits.

Following the Start condition, the 24XX128 monitors the SDA bus checking the device type identifier being transmitted. Upon receiving a '1010' code and appropriate device select bits, the slave device outputs an Acknowledge signal on the SDA line. Depending on the state of the R/W bit, the 24XX128 will select a read or write operation.

FIGURE 5-1: CONTROL BYTE FORMAT

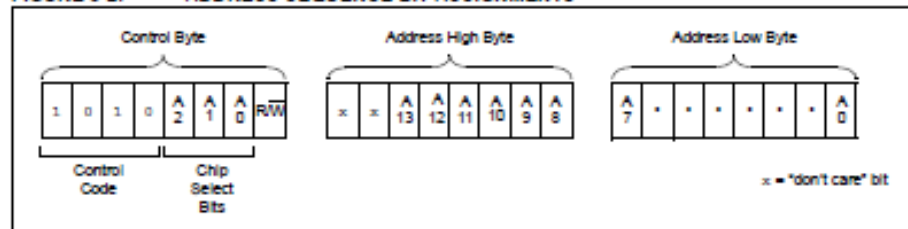


5.1 Contiguous Addressing Across Multiple Devices

The Chip Select bits A2, A1 and A0 can be used to expand the contiguous address space for up to 1 Mbit by adding up to eight 24XX128 devices on the same bus. In this case, software can use A0 of the control byte as address bit A14; A1 as address bit A15; and A2 as address bit A16. It is not possible to sequentially read across device boundaries.

For the MSOP package, up to two 24XX128 devices can be added for up to 256 Kbit of address space. In this case, software can use A2 of the control byte as address bit A16. Bits A0 (A14) and A1 (A15) of the control byte must always be set to logic '0' for the MSOP.

FIGURE 5-2: ADDRESS SEQUENCE BIT ASSIGNMENTS



24AA128/24LC128/24FC128

6.0 WRITE OPERATIONS

6.1 Byte Write

Following the Start condition from the master, the control code (four bits), the Chip Select (three bits) and the R/W bit (which is a logic low) are clocked onto the bus by the master transmitter. This indicates to the addressed slave receiver that the address high byte will follow after it has generated an Acknowledge bit during the ninth clock cycle. Therefore, the next byte transmitted by the master is the high-order byte of the word address and will be written into the Address Pointer of the 24XX128. The next byte is the Least Significant Address Byte. After receiving another Acknowledge signal from the 24XX128, the master device will transmit the data word to be written into the addressed memory location. The 24XX128 acknowledges again and the master generates a Stop condition. This initiates the internal write cycle and during this time, the 24XX128 will not generate Acknowledge signals (Figure 6-1). If an attempt is made to write to the array with the WP pin held high, the device will acknowledge the command, but no write cycle will occur, no data will be written, and the device will immediately accept a new command. After a byte Write command, the internal address counter will point to the address location following the one that was just written.

6.2 Page Write

The write control byte, word address, and the first data byte are transmitted to the 24XX128 in much the same way as in a byte write. The exception is that instead of generating a Stop condition, the master transmits up to 63 additional bytes, which are temporarily stored in the on-chip page buffer, and will be written into memory once the master has transmitted a Stop condition. Upon receipt of each word, the six lower Address Pointer bits are internally incremented by '1'. If the

master should transmit more than 64 bytes prior to generating the Stop condition, the address counter will roll over and the previously received data will be overwritten. As with the byte write operation, once the Stop condition is received, an internal write cycle will begin (Figure 6-2). If an attempt is made to write to the array with the WP pin held high, the device will acknowledge the command, but no write cycle will occur, no data will be written and the device will immediately accept a new command.

6.3 Write Protection

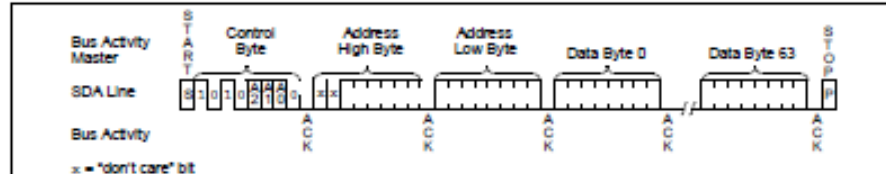
The WP pin allows the user to write-protect the entire array (0000-3FFF) when the pin is tied to V_{cc}. If tied to V_{ss} the write protection is disabled. The WP pin is sampled at the Stop bit for every Write command (Figure 1-1). Toggling the WP pin after the Stop bit will have no effect on the execution of the write cycle.

Note: Page write operations are limited to writing bytes within a single physical page, regardless of the number of bytes actually being written. Physical page boundaries start at addresses that are integer multiples of the page buffer size (or 'page size') and end at addresses that are integer multiples of [page size - 1]. If a Page Write command attempts to write across a physical page boundary, the result is that the data wraps around to the beginning of the current page (overwriting data previously stored there), instead of being written to the next page, as might be expected. It is, therefore, necessary for the application software to prevent page write operations that would attempt to cross a page boundary.

FIGURE 6-1: BYTE WRITE



FIGURE 6-2: PAGE WRITE





DS1307 64 x 8, Serial, I²C Real-Time Clock

GENERAL DESCRIPTION

The DS1307 serial real-time clock (RTC) is a low-power, full binary-coded decimal (BCD) clock/calendar plus 56 bytes of NV SRAM. Address and data are transferred serially through an I²C, bidirectional 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 backup supply. Timekeeping operation continues while the part operates from the backup supply.

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
- I²C Serial Interface
- Programmable Square-Wave 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 Plastic DIP or SO
- Underwriters Laboratory (UL) Recognized

Typical Operating Circuit and Pin Configurations appear at end of data sheet.

ORDERING INFORMATION

| PART | TEMP RANGE | VOLTAGE (V) | PIN-PACKAGE | TOP MARK* |
|---------------|----------------|-------------|-------------------------------|-----------|
| DS1307 | 0°C to +70°C | 5.0 | 8 PDIP (300 mils) | DS1307 |
| DS1307+ | 0°C to +70°C | 5.0 | 8 PDIP (300 mils) | DS1307 |
| DS1307N | -40°C to +85°C | 5.0 | 8 PDIP (300 mils) | DS1307N |
| DS1307N+ | -40°C to +85°C | 5.0 | 8 PDIP (300 mils) | DS1307N |
| DS1307Z | 0°C to +70°C | 5.0 | 8 SO (150 mils) | DS1307 |
| DS1307Z+ | 0°C to +70°C | 5.0 | 8 SO (150 mils) | DS1307 |
| DS1307ZN | -40°C to +85°C | 5.0 | 8 SO (150 mils) | DS1307N |
| DS1307ZN+ | -40°C to +85°C | 5.0 | 8 SO (150 mils) | DS1307N |
| DS1307Z/T&R | 0°C to +70°C | 5.0 | 8 SO (150 mils) Tape and Reel | DS1307 |
| DS1307Z+/T&R | 0°C to +70°C | 5.0 | 8 SO (150 mils) Tape and Reel | DS1307 |
| DS1307ZN/T&R | -40°C to +85°C | 5.0 | 8 SO (150 mils) Tape and Reel | DS1307N |
| DS1307ZN+/T&R | -40°C to +85°C | 5.0 | 8 SO (150 mils) Tape and Reel | DS1307N |

* Denotes a lead-free/RoHS-compliant device.

* A "+" anywhere on the top mark indicates a lead-free device.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

| | |
|---|----------------------------------|
| Voltage Range on Any Pin Relative to Ground | -0.5V to +7.0V |
| Operating Temperature Range (Noncondensing) | |
| Commercial | 0°C to +70°C |
| Industrial | -40°C to +85°C |
| Storage Temperature Range | -55°C to +125°C |
| Soldering Temperature (DIP, leads) | +260°C for 10 seconds |
| Soldering Temperature (surface mount) | See JPC/JEDEC Standard J-STD-020 |

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 the absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

($T_A = 0^\circ\text{C}$ to $+70^\circ\text{C}$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$.) (Notes 1, 2)

| PARAMETER | SYMBOL | CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|---------------------------|-----------|------------|------|-----|----------------|-------|
| Supply Voltage | V_{CC} | | 4.5 | 5.0 | 5.5 | V |
| Logic 1 Input | V_{IH} | | 2.2 | | $V_{CC} + 0.3$ | V |
| Logic 0 Input | V_{IL} | | -0.3 | | +0.8 | V |
| V_{BAT} Battery Voltage | V_{BAT} | | 2.0 | 3 | 3.5 | V |

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

($V_{CC} = 4.5\text{V}$ to 5.5V ; $T_A = 0^\circ\text{C}$ to $+70^\circ\text{C}$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$.) (Notes 1, 2)

| PARAMETER | SYMBOL | CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|--|---------------|------------|------------------------|-----------------------|------------------------|---------------|
| Input Leakage (SCL) | I_{LI} | | -1 | | 1 | μA |
| I/O Leakage (SDA, SQW/OUT) | I_{LO} | | -1 | | 1 | μA |
| Logic 0 Output ($I_{OL} = 5\text{mA}$) | V_{OL} | | | | 0.4 | V |
| Active Supply Current ($f_{SCL} = 100\text{kHz}$) | I_{CCA} | | | | 1.5 | mA |
| Standby Current | I_{CCS} | (Note 3) | | | 200 | μA |
| V_{BAT} Leakage Current | $I_{BATLEGG}$ | | | 5 | 50 | nA |
| Power-Fail Voltage ($V_{BAT} = 3.0\text{V}$) | V_{PF} | | $1.216 \times V_{BAT}$ | $1.25 \times V_{BAT}$ | $1.284 \times V_{BAT}$ | V |

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

($V_{CC} = 0\text{V}$, $V_{BAT} = 3.0\text{V}$; $T_A = 0^\circ\text{C}$ to $+70^\circ\text{C}$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$.) (Notes 1, 2)

| PARAMETER | SYMBOL | CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|--|-------------|------------|-----|-----|-----|-------|
| V_{BAT} Current (OSC ON); SQW/OUT OFF | I_{BAT1} | | | 300 | 500 | nA |
| V_{BAT} Current (OSC ON); SQW/OUT ON (32kHz) | I_{BAT2} | | | 480 | 800 | nA |
| V_{BAT} Data-Retention Current (Oscillator Off) | I_{BATDR} | | | 10 | 100 | nA |

WARNING: Negative undershoots below -0.3V while the part is in battery-backed mode may cause loss of data.

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS(V_{CC} = 4.5V to 5.5V; T_A = 0°C to +70°C, T_A = -40°C to +85°C.)

| PARAMETER | SYMBOL | CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|--|-----------------------|--------------|-----|-----|------|-------|
| 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 _{HOLD-STA} | (Note 4) | 4.0 | | | μs |
| LOW Period of SCL Clock | t _{LOW} | | 4.7 | | | μs |
| HIGH Period of SCL Clock | t _{HIGH} | | 4.0 | | | μs |
| Setup Time for a Repeated START Condition | t _{SU-STA} | | 4.7 | | | μs |
| Data Hold Time | t _{HOLD-DAT} | | 0 | | | μs |
| Data Setup Time | t _{SU-DAT} | (Notes 5, 6) | 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 |
| Setup Time for STOP Condition | t _{SU-STOP} | | 4.7 | | | μs |

CAPACITANCE(T_A = +25°C)

| PARAMETER | SYMBOL | CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|------------------------------------|-----------------|------------|-----|-----|-----|-------|
| Pin Capacitance (SDA, SCL) | C _{SD} | | | | 10 | pF |
| Capacitance Load for Each Bus Line | C _B | (Note 7) | | | 400 | pF |

Note 1: All voltages are referenced to ground.

Note 2: Limits at -40°C are guaranteed by design and are not production tested.

Note 3: I_{CCS} specified with V_{CC} = 5.0V and SDA, SCL = 5.0V.

Note 4: After this period, the first clock pulse is generated.

Note 5: A device must internally provide a hold time of at least 300ns for the SDA signal (referred to the V_{TH(MIN)} of the SCL signal) to bridge the undefined region of the falling edge of SCL.

Note 6: The maximum t_{HOLD-DAT} only has to be met if the device does not stretch the LOW period (t_{LOW}) of the SCL signal.

Note 7: C_B—total capacitance of one bus line in pF.

TIMING DIAGRAM

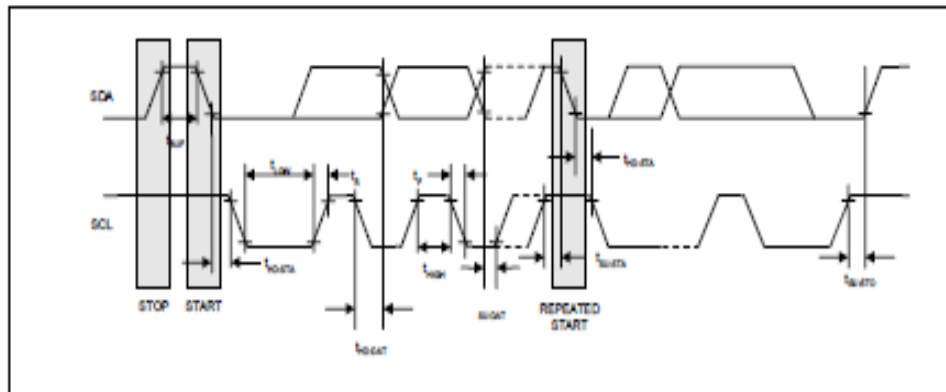
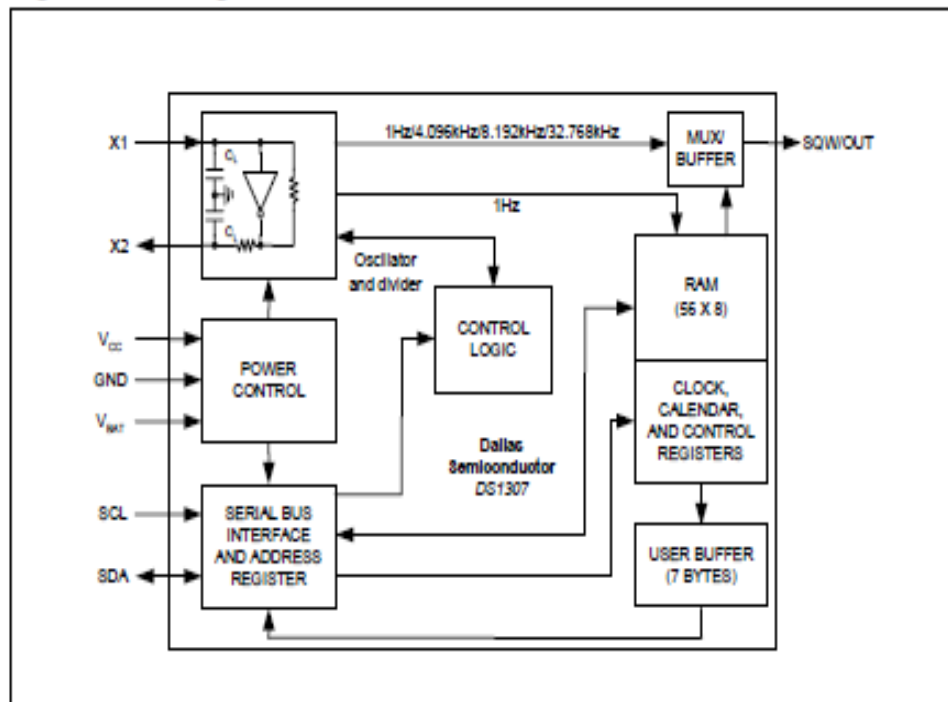
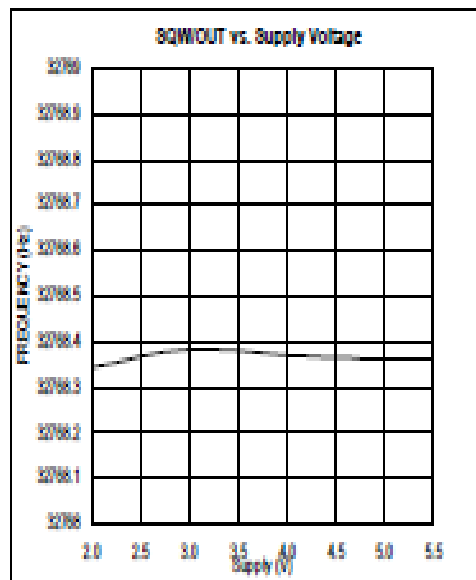
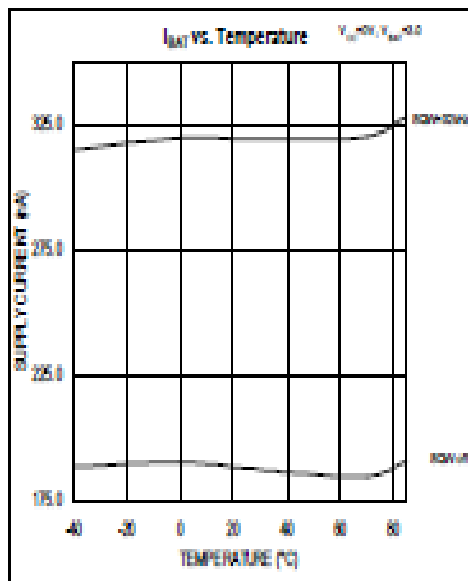
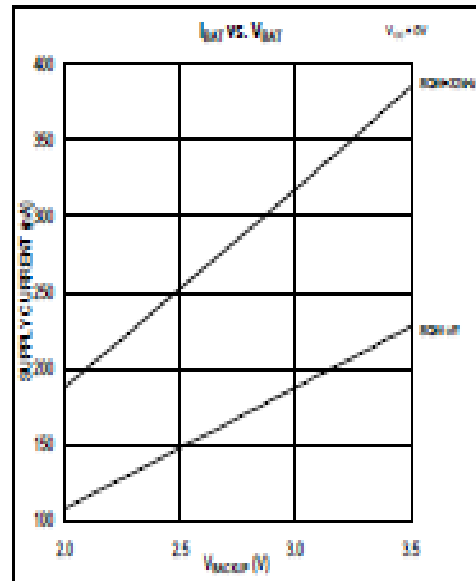
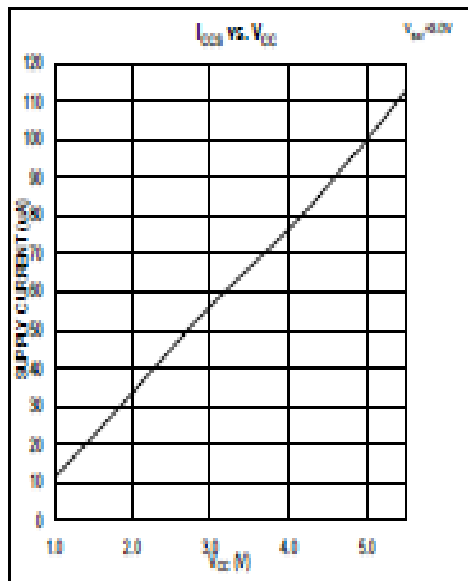


Figure 1. Block Diagram



TYPICAL OPERATING CHARACTERISTICS

($V_{CC} = 5.0V$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)



PIN DESCRIPTION

| PIN | NAME | FUNCTION |
|-----|------------------|--|
| 1 | X1 | Connections for Standard 32.768kHz Quartz Crystal. The internal oscillator circuitry is designed for operation with a crystal having a specified load capacitance (C_L) of 12.5pF. X1 is the input to the oscillator and can optionally be connected to an external 32.768kHz oscillator. The output of the internal oscillator, X2, is floated if an external oscillator is connected to X1. |
| 2 | X2 | Note: For more information on crystal selection and crystal layout considerations, refer to <i>Application Note 58: Crystal Considerations with Dallas Real-Time Clocks</i> . |
| 3 | V _{BAT} | Backup Supply Input for Any Standard 3V Lithium Cell or Other Energy Source. Battery voltage must be held between the minimum and maximum limits for proper operation. Diodes in series between the battery and the V _{BAT} pin may prevent proper operation. If a backup supply is not required, V _{BAT} must be grounded. The nominal power-fail trip point (V_{PF}) 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 with a lithium battery. Go to: www.maxim-ic.com/qa/info/ul/ . |
| 4 | GND | Ground |
| 5 | SDA | Serial Data Input/Output. SDA is the data input/output for the I ² C serial interface. The SDA pin is open drain and requires an external pullup resistor. |
| 6 | SCL | Serial Clock Input. SCL is the clock input for the I ² C interface and is used to synchronize data movement on the serial interface. |
| 7 | SWQ/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 pullup resistor. SQW/OUT operates with either V _{CC} or V _{BAT} applied. |
| 8 | V _{CC} | Primary Power Supply. When voltage is applied within normal limits, the device is fully accessible and data can be written and read. When a backup supply is connected to the device and V _{CC} is below V _{TP} , read and writes are inhibited. However, the timekeeping function continues unaffected by the lower input voltage. |

DETAILED DESCRIPTION

The DS1307 is a low-power clock/calendar with 56 bytes of battery-backed SRAM. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The date at the end of the month is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The DS1307 operates as a slave device on the I²C 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 x 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 x V_{BAT}. The block diagram in Figure 1 shows the main elements of the serial RTC.

OSCILLATOR CIRCUIT

The DS1307 uses an external 32.768kHz crystal. The oscillator circuit does not require any external resistors or capacitors to operate. Table 1 specifies several crystal parameters for the external crystal. Figure 1. shows a functional schematic of the oscillator circuit. If using a crystal with the specified characteristics, the startup time is usually less than one second.

CLOCK ACCURACY

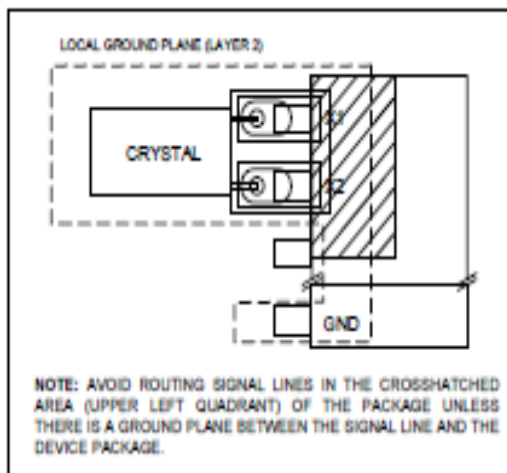
The accuracy of the clock is dependent upon the accuracy of the crystal and the accuracy of the match between the capacitive load of the oscillator circuit and the capacitive load for which the crystal was trimmed. Additional error will be added by crystal frequency drift caused by temperature shifts. External circuit noise coupled into the oscillator circuit may result in the clock running fast. Refer to *Application Note 58: Crystal Considerations with Dallas Real-Time Clocks* for detailed information.

Table 1. Crystal Specifications*

| PARAMETER | SYMBOL | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|-------------------|--------|-----|--------|-----|------------|
| Nominal Frequency | f_0 | | 32.768 | | kHz |
| Series Resistance | ESR | | | 45 | k Ω |
| Load Capacitance | C_L | | 12.5 | | pF |

*The crystal, traces, and crystal input pins should be isolated from RF generating signals. Refer to *Application Note 58: Crystal Considerations for Dallas Real-Time Clocks* for additional specifications.

Figure 2. Recommended Layout for Crystal



RTC AND RAM ADDRESS MAP

Table 2 shows the address map for the DS1307 RTC and RAM registers. The RTC registers are located in address locations 00h to 07h. The RAM registers are located in address locations 08h to 3Fh. During a multibyte access, when the address pointer reaches 3Fh, the end of RAM space, it wraps around to location 00h, the beginning of the clock space.

CLOCK AND CALENDAR

The time and calendar information is obtained by reading the appropriate register bytes. Table 2 shows the RTC registers. 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. The day-of-week register increments at midnight. Values that correspond to the day of week are user-defined but must be sequential (i.e., if 1 equals Sunday, then 2 equals Monday, and so on.) Illogical time and date entries result in undefined operation. Bit 7 of Register 0 is the clock halt (CH) bit. When this bit is set to 1, the oscillator is disabled. When cleared to 0, the oscillator is enabled.

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-hour 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 to 23 hours). The hours value must be re-entered whenever the 12/24-hour mode bit is changed.

When reading or writing the time and date registers, secondary (user) buffers are used to prevent errors when the internal registers update. When reading the time and date registers, the user buffers are synchronized to the internal registers on any I²C START. The time information is read from these secondary registers while the clock continues to run. This eliminates the need to re-read the registers in case the internal registers update during a read. The divider chain is reset whenever the seconds register is written. Write transfers occur on the I²C acknowledge from the DS1307. Once the divider chain is reset, to avoid rollover issues, the remaining time and date registers must be written within one second.

Table 2. Timekeeper Registers

| ADDRESS | BIT 7 | BIT 6 | BIT 5 | BIT 4 | BIT 3 | BIT 2 | BIT 1 | BIT 0 | FUNCTION | RANGE |
|---------|---------|------------|------------|-------------|---------|-------|-------|---------------|-------------------------|---------|
| 00H | CH | 10 Seconds | | | Seconds | | | Seconds | Seconds | 00-59 |
| 01H | 0 | 10 Minutes | | | Minutes | | | Minutes | Minutes | 00-59 |
| 02H | 0 | 12 | 10 Hour | 10 Hour | Hours | | | Hours | 1-12 +AM/PM 00-23 | |
| | | 24 | PM/ AM | | | | | | | |
| 03H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | DAY | | Day | 01-07 | |
| 04H | 0 | 0 | 10 Date | | Date | | | Date | Date | 01-31 |
| 05H | 0 | 0 | 0 | 10 Month | Month | | | Month | Month | 01-12 |
| 06H | 10 Year | | | Year | | | Year | Year | 00-99 | |
| 07H | OUT | 0 | 0 | SQWE | 0 | 0 | RS1 | RS0 | Control | — |
| 08H-3FH | | | | | | | | RAM 56 x 8 | RAM | 00H-FFH |

0 = Always reads back as 0.



PIC16F87X

Data Sheet

28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH
Microcontrollers

All rights reserved. Copyright © 2001, Microchip Technology Incorporated, USA. Information contained in this publication regarding device applications and the like is intended through suggestion only and may be superseded by updates. No representation or warranty is given and no liability is assumed by Microchip Technology Incorporated with respect to the accuracy or use of such information, or infringement of patents or other intellectual property rights arising from such use or otherwise. Use of Microchip's products as critical components in life support systems is not authorized except with express written approval by Microchip. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any intellectual property rights. The Microchip logo and name are registered trademarks of Microchip Technology Inc. in the U.S.A. and other countries. All rights reserved. All other trademarks mentioned herein are the property of their respective companies. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any intellectual property rights.

Trademarks

The Microchip name, logo, PIC, PICmicro, PICMASTER, PICSTART, PRO MATE, KitzLoq, SEEVAL, MPLAB and The Embedded Control Solutions Company are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

Total Endurance, ICSP, In-Circuit Serial Programming, Filter-Lab, MXDEV, microID, FlexROM, fuzzyLAB, MPASM, MPLINK, MPLIB, PICDEM, ICEPIC, Migratable Memory, FanSense, ECONOMONITOR and SelectMode are trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

Serialized Quick Term Programming (SQTP) is a service mark of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

All other trademarks mentioned herein are property of their respective companies.

© 2001, Microchip Technology Incorporated, Printed in the U.S.A., All Rights Reserved.



Microchip received QS-9000 quality system certification for its worldwide headquarters, design and wafer fabrication facilities in Chandler and Tempe, Arizona in July 1999. The Company's quality system processes and procedures are QS-9000 compliant for its PICmicro® 8-bit MCUs, KitzLoq® code hopping devices, Serial EEPROMs and microperipheral products. In addition, Microchip's quality system for the design and manufacture of development systems is ISO 9001 certified.



PIC16F87X

28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

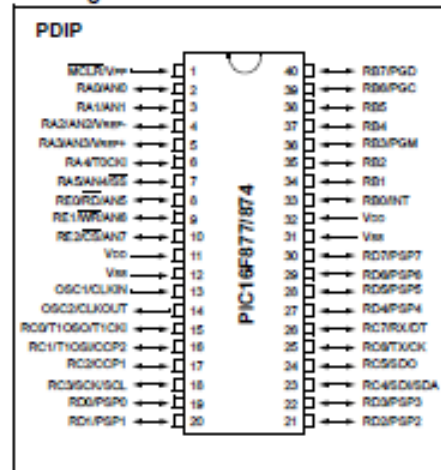
Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873
- PIC16F874
- PIC16F876
- PIC16F877

Microcontroller Core Features:

- High performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input
DC - 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of FLASH Program Memory,
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM)
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to the PIC16C73B/74B/76/77
- Interrupt capability (up to 14 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and
Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC
oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low power, high speed CMOS FLASH/EEPROM
technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP) via two
pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial, Industrial and Extended temperature
ranges
- Low-power consumption:
 - < 0.6 mA typical @ 3V, 4 MHz
 - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
 - < 1 µA typical standby current

Pin Diagram

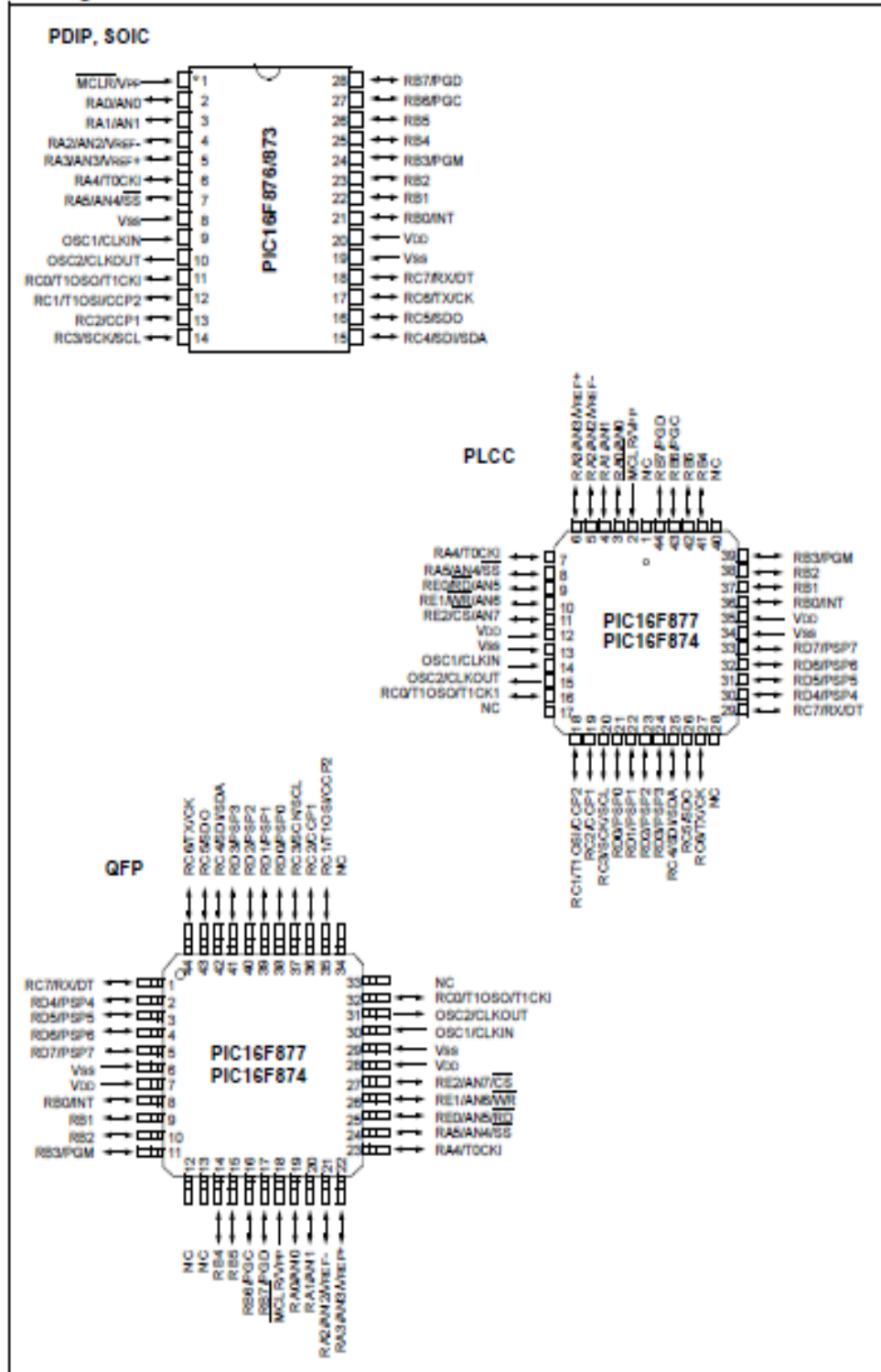


Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler,
can be incremented during SLEEP via external
crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period
register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master
mode) and I²C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver
Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address
detection
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with
external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for
Brown-out Reset (BOR)

PIC16F87X

Pin Diagrams



PIC16F87X

| Key Features PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023) | PIC16F873 | PIC16F874 | PIC16F876 | PIC16F877 |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Operating Frequency | DC - 20 MHz | DC - 20 MHz | DC - 20 MHz | DC - 20 MHz |
| RESETS (and Delays) | POR, BOR (PWRT, OST) | POR, BOR (PWRT, OST) | POR, BOR (PWRT, OST) | POR, BOR (PWRT, OST) |
| FLASH Program Memory (14-bit words) | 4K | 4K | 8K | 8K |
| Data Memory (bytes) | 192 | 192 | 368 | 368 |
| EEPROM Data Memory | 128 | 128 | 256 | 256 |
| Interrupts | 13 | 14 | 13 | 14 |
| I/O Ports | Ports A,B,C | Ports A,B,C,D,E | Ports A,B,C | Ports A,B,C,D,E |
| Timers | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Capture/Compare/PWM Modules | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Serial Communications | MSSP, USART | MSSP, USART | MSSP, USART | MSSP, USART |
| Parallel Communications | — | PSP | — | PSP |
| 10-bit Analog-to-Digital Module | 5 Input channels | 8 Input channels | 5 Input channels | 8 Input channels |
| Instruction Set | 35 Instructions | 35 Instructions | 35 Instructions | 35 Instructions |

TWS-434 / RWS-434
<http://www.rentron.com>

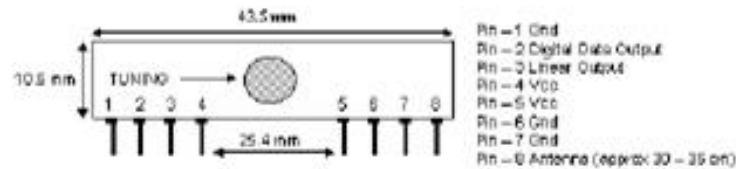
TWS-434A RF Transmitter



Frequency: 433.92MHz
Modulation: AM
Operating Voltage: 2 - 12 VDC

| Symbol | Parameter | Condition | Min | Typ | Max | Unit |
|---------|-----------------------------|----------------------------------|---------|-------------|-----------|------|
| Vcc | Supply Voltage | | 2.0 | - | 12.0 | V |
| Ip | Peak Current | 2V / 12V | - | 1.64 / 19.4 | - | mA |
| Vh | Input High Voltage | Idata = 100uA (High) | Vcc-0.5 | Vcc | Vcc+0.5 | V |
| Vi | Input Low Voltage | Idata = 0 uA (Low) | - | - | 0.3 | V |
| Fo | Operating Frequency | | 433.90 | 433.92 | 433.94 | MHz |
| Tr / Tf | Modulation Rise / Fall Time | External Coding | - | - | 100 / 100 | uS |
| Po | RF Output Power - Into 50Ω | Vcc = 9 to 12 V Vcc = 5 to 6V | - | 16 14 | - | dBm |
| Dr | Data Rate | External Coding | - | 2.4K | 3K | Bps |

RWS-434 RF Receiver



Frequency: 433.92MHz
Modulation: AM
Operating Voltage: 4.5 - 5.5 VDC
Output: Digital & Linear

| Symbol | Parameter | Condition | Min | Typ | Max | Unit |
|--------|-------------------|------------------------|---------|-----|-----|------|
| Vcc | Supply Voltage | | 4.5 | 5 | 5.5 | V |
| It | Operating Current | | - | 3.5 | 4.5 | mA |
| | Channel Width | +/- 500 | | | | KHz |
| Rd | Data Rate | | | | 3k | Bps |
| Vdat | Data Out | Idata = +200 uA (High) | Vcc-0.5 | - | Vcc | V |
| | | Idata = -10 uA (Low) | - | - | 0.3 | V |

Reynolds Electronics
 3101 Eastridge Lane
 Canon City, CO. 81212
 Tel: (719) 269-3469 Fax: (719) 276-2833
 Web: <http://www.rentron.com>

ANEXO C
MANUAL DE USUARIO

SISTEMA PARA LA MEDICIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DOMICILIARIA INALÁMBRICO Y BASE DE DATOS

El sistema está diseñado para tomar las lecturas del consumo de energía eléctrica de un medidor electromecánico, además transmite esta lectura de forma inalámbrica a un receptor el cual registra el número de usuario, consumo de energía y la hora y fecha exacta de la lectura, para después poder visualizarlo en un programa diseñado en Labview 8.6.

Este sistema es de fácil manejo, confiable, seguro y además permite llevar una base de datos del medidor que posea éste sistema, permitiendo además imprimir una hoja de facturación, el historial de consumo y los datos del usuario de una forma ágil y ordenada.

1. SEGURIDADES

Para evitar daños y manipular de forma correcta el equipo lea las siguientes normas:

- No destape el módulo de recepción ni el medidor.
- No dejar caer o exponer a golpes el equipo.
- Sólo personal de servicio especializado debe instalar, reparar o dar mantenimiento al equipo.
- Mantener el equipo en un lugar seguro y seco.

2. MÓDULO TRANSMISOR

Este dispositivo va montado en el medidor electromecánico y conectado al mismo, es el encargado de medir datos de consumo de energía en Kw-h

adquiridos en las diferentes lecturas y transmitirlo añadiendo el número de usuario al módulo receptor, debe ser alimentado con 5 VDC.

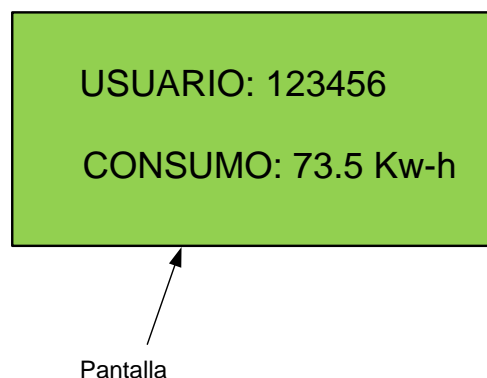
VISTA FRONTAL DEL TRANSMISOR

Pantallas del Transmisor:

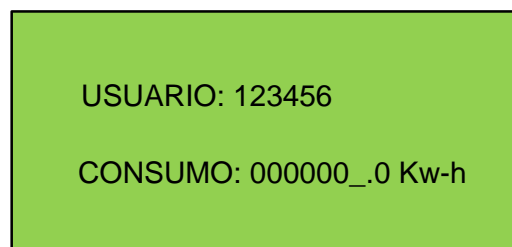
- a. Pantalla Principal
- b. Pantalla inicial.
- c. Pantalla de simulación.

Pantalla: Es un indicador visual de datos (LCD).

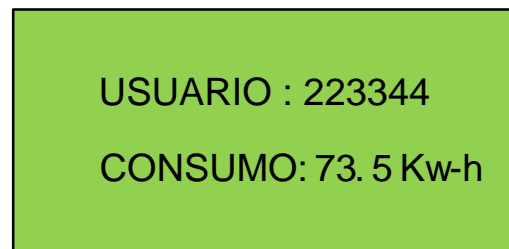
a.- Pantalla principal: Indica el número de usuario y el valor de la lectura en kw-h.



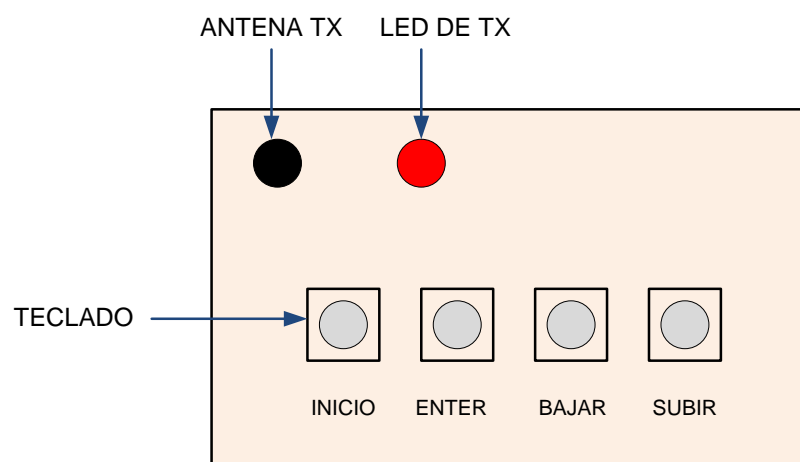
b.- Pantalla inicial: Indica el número de usuario y la calibración del consumo de energía en kw-h.



c.- **Pantalla de simulación:** Esta pantalla es opcional y muestra la simulación de un segundo usuario.



VISTA REVERSA DEL TRANSMISOR



TECLADO: Permite navegar dentro de las diferentes pantallas.

| TECLA | FUNCIÓN |
|--------|---|
| INICIO | Oprima INICIO para calibrar los datos del consumo de energía. |
| ENTER | Oprima ENTER para aceptar el valor ingresado. |
| BAJAR | Oprima BAJAR para decrementar el valor del dato. |
| SUBIR | Oprima SUBIR para incrementar el valor del dato. |

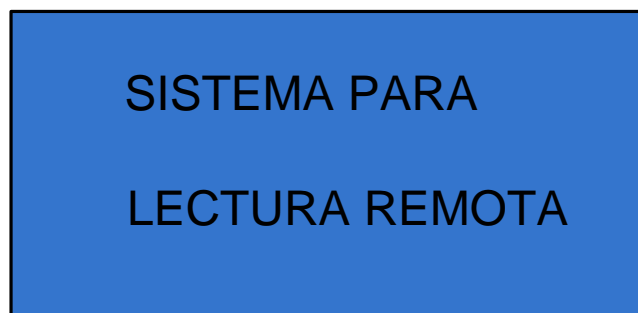
LED DE TX.- Indica que la transmisión se está efectuando.

3. MÓDULO RECEPTOR

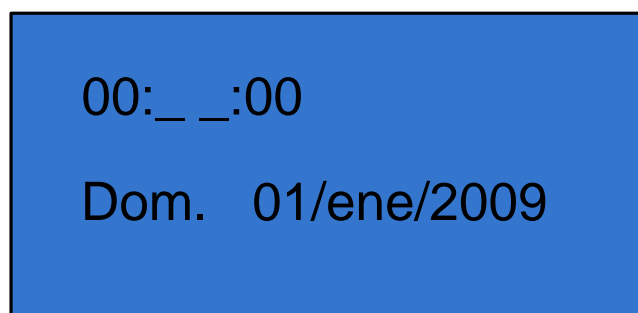
Pantallas del Receptor:

- a. Pantalla Principal
- b. Pantalla inicial.
- c. Pantalla de borrado de memoria
- d. Pantalla de recepción de datos
- e. Pantalla de transferencia de datos
- f. Pantalla de error de recepción.

a.- Pantalla principal: Indica un mensaje indicando que el sistema está listo para recibir datos.



b.- Pantalla Inicial: Indica que se puede fijar la fecha y hora.



c.- Pantalla de borrado de memoria: Indica que los datos han sido borrados y la memoria está vacía.



DATOS
BORRADOS

d.- Pantalla de recepción de datos: Indica que el módulo receptor está recibiendo datos del módulo transmisor.



REALIZANDO
LECTURA

e.- Pantalla de transferencia de datos: Este mensaje muestra que los datos están siendo descargados a la PC.



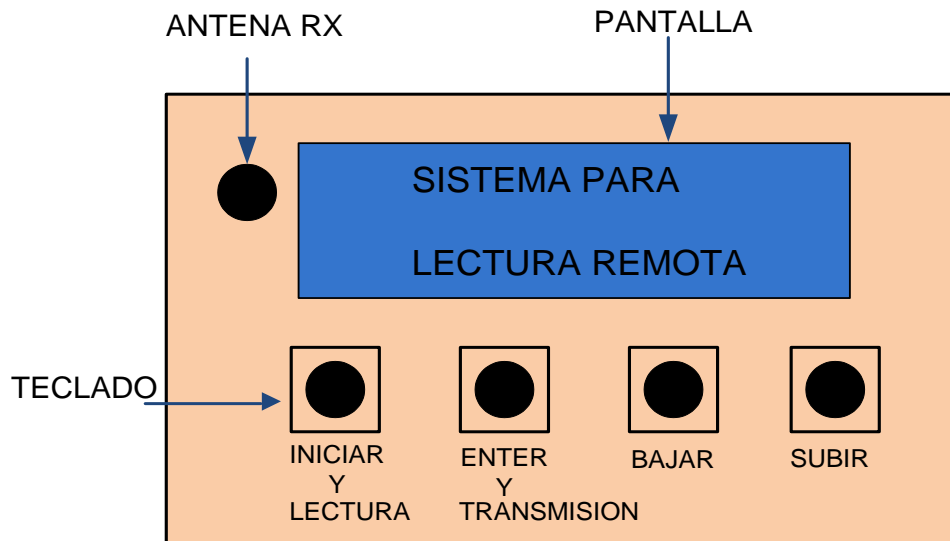
TRANSMITIENDO
DATOS

f.- Pantalla de error de recepción: En el caso de tener un error en la recepción de los datos del transmisor este mensaje lo dirá.



ERROR DE
RECEPCION

Vista total del modulo receptor.



Descripción del teclado

| TECLA | FUNCIÓN |
|---------------------|---|
| INICIAR | Oprima INICIAR al momento de conectar la alimentación al modulo para entrar en la fijación de la fecha y hora. |
| LECTURA | Presionar LECTURA para recibir los datos del transmisor. |
| ENTER | Oprima ENTER para aceptar el valor ingresado en la fijación de la fecha y hora. |
| TRANSMISIÓN | Oprima TRANSMISIÓN para empezar la transferencia de datos guardados en la memoria EEPROM hacia el software en la PC. . |
| BAJAR | Oprima BAJAR para decrementar el dato o valor en el momento de fijar la fecha y hora. |
| SUBIR | Oprima SUBIR para incrementar el dato o valor en el momento de fijar la fecha y hora. |
| SUBIR Y BAJAR | Oprima SUBIR Y BAJAR simultáneamente en el momento de conectar la alimentación al modulo para borrar los datos de la memoria. |

4. SOFTWARE

Es el encargado de almacenar, analizar y presentar los datos en forma ordenada y clara para la respectiva emisión de facturas.

Consta de una pantalla principal:

Pantalla principal: presenta los datos que se están recopilando.

The screenshot displays the main interface of the software. At the top, there is a header bar with two logos on the left and right, and the text "ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO SEDE-LATACUNGA" in the center. Below the header, the interface is organized into several sections:

- PUERTO:** A dropdown menu with a percentage symbol (%) and a downward arrow.
- ESTADO RECEPCIÓN DE DATOS:** A large, empty rectangular box.
- TOMAR DATOS:** A button labeled "Tomar Datos".
- HISTORICO USUARIO 1:** A button labeled "Historico Usuario 1".
- HISTORICO USUARIO 2:** A button labeled "Historico Usuario2".
- Usuario1:** A text input field with a small "v" icon on the right.
- Mes de Consumo Usuario1:** A dropdown menu.
- Usuario2:** A text input field with a small "v" icon on the right.
- Mes de Consumo Usuario2:** A dropdown menu.
- FINALIZAR:** A button labeled "FINALIZAR".

| BOTÓN | FUNCIÓN |
|--------------|---|
| TOMAR DATOS | Da comienzo a la descarga de datos.. |
| HISTÓRICO 1 | Abre una hoja en Word donde se visualiza los consumos de todos los meses del usuario 1. |
| HISTÓRICO 2 | Abre una hoja en Word donde se visualiza los consumos de todos los meses del usuario 2. |
| FINALIZAR | Cierra todo el programa. |

| SELECTORES | FUNCIÓN |
|----------------------|--|
| SELECCIÓN DEL PUERTO | Selecciona el puerto USB que va a ser utilizado. |
| USUARIO 1 | Selecciona el mes que se desea facturar, además genera un reporte en Word del usuario 1. |

| INDICADORES | FUNCIÓN |
|---------------------------|--|
| ESTADO RECEPCION DE DATOS | Indica el estado de la recepción de los datos. |
| MES DE CONSUMO USUARIO 1 | Indica el mes que se ha facturado del usuario 1. |
| MES DE CONSUMO USUARIO 2 | Indica el mes que se ha facturado del usuario 2. |
| USUARIO 2 | Selecciona el mes que se desea facturar, además genera un reporte en Word del usuario 2. |

Ejemplo de la hoja de facturación.

DATOS DEL USUARIO

| | |
|-----------------------------------|---------------------|
| Nombre: Saul Mollocana | Cédula: 05020024232 |
| Provincia: Cotopaxi | Cantón: Salcedo |
| Dirección: Rumipamba de las Rosas | |
| Teléfono: 032724135 | |

Suministros de Servicio Eléctrico

| | |
|---------------------------|-------------|
| Tarifa: | Residencial |
| Mes de Consumo: | 10/2009 |
| Lectura Anterior: | 5.6 Kwh |
| Lectura Actual: | 6.8 Kwh |
| Consumo Mensual: | 1.2 Kwh |
| Valor del Consumo: | 0.97 |
| Comercialización: | 1.41 |
| Total servicio Eléctrico: | 2.38 |

Valores de Terceros

| | |
|------------------------|------|
| Alumbrado Publico: | 0.52 |
| Contribución Bomberos: | 1.09 |
| Total Valores Terceros | 1.61 |

Total a Pagar

| | |
|----------------------------------|-------------|
| Valor Servicio Eléctrico: | 2.38 |
| Valor de Terceros: | 1.61 |
| Total a Pagar: | 4.00 |

Ejemplo de la hoja de histórico.

DATOS DEL USUARIO

| | |
|-----------------------------------|---------------------|
| Nombre: Saul Mollocana | Cédula: 05020024232 |
| Provincia: Cotopaxi | Cantón: Salcedo |
| Dirección: Rumipamba de las Rosas | |
| Teléfono: 032724135 | |

Historial de Consumo

| | | | |
|------------|---------|-------|-------------|
| 09/09/2009 | Viernes | 16:38 | 5.6 KW/h |
| 09/10/2009 | Sabado | 16:47 | 6.8 KW/h |
| 29/11/2009 | Domingo | 05:54 | 8.1 KW/h |
| 29/12/2009 | Jueves | 19:06 | 660.0 KW/h |
| 29/01/2010 | Domingo | 09:54 | 1000.0 KW/h |
| 01/02/2010 | Domingo | 21:07 | 7284.4 KW/h |

ANEXO D

TABLAS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

Las tablas 1, 2, 3, 4, 5 y 6, presentan los resultados obtenidos en las pruebas transmisor-receptor vía inalámbrica.

Tabla 1 Pruebas de comunicación ASK 22-07-2009

| VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN (bps) | LÍNEA DE VISTA | DISTANCIA (metros) | CLIMA | RECEPCIÓN |
|--------------------------------|----------------|--------------------|---------|-----------|
| 2400 | SI | 10 | Nublado | SI |
| 2400 | SI | 30 | Nublado | SI |
| 2400 | SI | 40 | Nublado | NO |
| 2400 | SI | 50 | Nublado | NO |
| 2400 | SI | 70 | Nublado | NO |
| 2400 | SI | 100 | Nublado | NO |
| 2400 | NO | 10 | Nublado | SI |
| 2400 | NO | 30 | Nublado | NO |
| 2400 | NO | 40 | Nublado | NO |
| 2400 | NO | 50 | Nublado | NO |
| 2400 | NO | 70 | Nublado | NO |
| 2400 | NO | 100 | Nublado | NO |
| 1200 | SI | 10 | Nublado | SI |
| 1200 | SI | 30 | Nublado | SI |
| 1200 | SI | 40 | Nublado | SI |
| 1200 | SI | 50 | Nublado | SI |
| 1200 | SI | 70 | Nublado | SI |
| 1200 | SI | 100 | Nublado | NO |
| 1200 | NO | 10 | Nublado | SI |
| 1200 | NO | 30 | Nublado | SI |
| 1200 | NO | 40 | Nublado | SI |
| 1200 | NO | 50 | Nublado | SI |
| 1200 | NO | 70 | Nublado | NO |
| 1200 | NO | 100 | Nublado | NO |
| 900 | SI | 10 | Nublado | SI |
| 900 | SI | 30 | Nublado | SI |
| 900 | SI | 40 | Nublado | SI |
| 900 | SI | 50 | Nublado | SI |
| 900 | SI | 70 | Nublado | NO |
| 900 | SI | 100 | Nublado | NO |
| 900 | NO | 10 | Nublado | SI |
| 900 | NO | 30 | Nublado | SI |
| 900 | NO | 40 | Nublado | NO |
| 900 | NO | 50 | Nublado | NO |

Tabla 2 Pruebas de comunicación ASK 23-07-2009

| VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN (bps) | LÍNEA DE VISTA | DISTANCIA (metros) | CLIMA | RECEPCIÓN |
|--------------------------------|----------------|--------------------|-----------|-----------|
| 2400 | SI | 10 | Despejado | SI |
| 2400 | SI | 30 | Despejado | SI |
| 2400 | SI | 40 | Despejado | NO |
| 2400 | SI | 50 | Despejado | NO |
| 2400 | SI | 70 | Despejado | NO |
| 2400 | SI | 100 | Despejado | NO |
| 2400 | NO | 10 | Despejado | SI |
| 2400 | NO | 30 | Despejado | SI |
| 2400 | NO | 40 | Despejado | NO |
| 2400 | NO | 50 | Despejado | NO |
| 2400 | NO | 70 | Despejado | NO |
| 2400 | NO | 100 | Despejado | NO |
| 1200 | SI | 10 | Despejado | SI |
| 1200 | SI | 30 | Despejado | SI |
| 1200 | SI | 40 | Despejado | SI |
| 1200 | SI | 50 | Despejado | SI |
| 1200 | SI | 70 | Despejado | SI |
| 1200 | SI | 100 | Despejado | SI |
| 1200 | NO | 10 | Despejado | SI |
| 1200 | NO | 30 | Despejado | SI |
| 1200 | NO | 40 | Despejado | SI |
| 1200 | NO | 50 | Despejado | SI |
| 1200 | NO | 70 | Despejado | NO |
| 1200 | NO | 100 | Despejado | NO |
| 900 | SI | 10 | Despejado | SI |
| 900 | SI | 30 | Despejado | SI |
| 900 | SI | 40 | Despejado | SI |
| 900 | SI | 50 | Despejado | SI |
| 900 | SI | 70 | Despejado | NO |
| 900 | SI | 100 | Despejado | NO |
| 900 | NO | 10 | Despejado | SI |
| 900 | NO | 30 | Despejado | SI |
| 900 | NO | 40 | Despejado | SI |
| 900 | NO | 50 | Despejado | NO |

Tabla 3 Pruebas de comunicación ASK 24-07-2009

| VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN (bps) | LÍNEA DE VISTA | DISTANCIA (metros) | CLIMA | RECEPCIÓN |
|--------------------------------|----------------|--------------------|-----------|-----------|
| 2400 | SI | 10 | Despejado | SI |
| 2400 | SI | 30 | Despejado | NO |
| 2400 | SI | 40 | Despejado | NO |
| 2400 | SI | 50 | Despejado | NO |
| 2400 | SI | 70 | Despejado | NO |
| 2400 | SI | 100 | Despejado | NO |
| 2400 | NO | 10 | Despejado | NO |
| 2400 | NO | 30 | Despejado | NO |
| 2400 | NO | 40 | Despejado | NO |
| 2400 | NO | 50 | Despejado | NO |
| 2400 | NO | 70 | Despejado | NO |
| 2400 | NO | 100 | Despejado | NO |
| 1200 | SI | 10 | Despejado | SI |
| 1200 | SI | 30 | Despejado | SI |
| 1200 | SI | 40 | Despejado | SI |
| 1200 | SI | 50 | Despejado | SI |
| 1200 | SI | 70 | Despejado | SI |
| 1200 | SI | 100 | Despejado | NO |
| 1200 | NO | 10 | Despejado | NO |
| 1200 | NO | 30 | Despejado | SI |
| 1200 | NO | 40 | Despejado | SI |
| 1200 | NO | 50 | Despejado | SI |
| 1200 | NO | 70 | Despejado | NO |
| 1200 | NO | 100 | Despejado | NO |
| 900 | SI | 10 | Despejado | SI |
| 900 | SI | 30 | Despejado | SI |
| 900 | SI | 40 | Despejado | NO |
| 900 | SI | 50 | Despejado | SI |
| 900 | SI | 70 | Despejado | NO |
| 900 | SI | 100 | Despejado | NO |
| 900 | NO | 10 | Despejado | SI |
| 900 | NO | 30 | Despejado | NO |
| 900 | NO | 40 | Despejado | NO |
| 900 | NO | 50 | Despejado | NO |

Tabla 4 Pruebas de comunicación ASK 25-07-2009

| VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN (bps) | LÍNEA DE VISTA | DISTANCIA (metros) | CLIMA | RECEPCIÓN |
|--------------------------------|----------------|--------------------|------------|-----------|
| 2400 | SI | 10 | Con lluvia | SI |
| 2400 | SI | 30 | Con lluvia | SI |
| 2400 | SI | 40 | Con lluvia | NO |
| 2400 | SI | 50 | Con lluvia | NO |
| 2400 | SI | 70 | Con lluvia | NO |
| 2400 | SI | 100 | Con lluvia | NO |
| 2400 | NO | 10 | Con lluvia | SI |
| 2400 | NO | 30 | Con lluvia | NO |
| 2400 | NO | 40 | Con lluvia | NO |
| 2400 | NO | 50 | Con lluvia | NO |
| 2400 | NO | 70 | Con lluvia | NO |
| 2400 | NO | 100 | Con lluvia | NO |
| 1200 | SI | 10 | Con lluvia | SI |
| 1200 | SI | 30 | Con lluvia | SI |
| 1200 | SI | 40 | Con lluvia | SI |
| 1200 | SI | 50 | Con lluvia | SI |
| 1200 | SI | 70 | Con lluvia | SI |
| 1200 | SI | 100 | Con lluvia | NO |
| 1200 | NO | 10 | Con lluvia | SI |
| 1200 | NO | 30 | Con lluvia | SI |
| 1200 | NO | 40 | Con lluvia | SI |
| 1200 | NO | 50 | Con lluvia | NO |
| 1200 | NO | 70 | Con lluvia | NO |
| 1200 | NO | 100 | Con lluvia | NO |
| 900 | SI | 10 | Con lluvia | SI |
| 900 | SI | 30 | Con lluvia | SI |
| 900 | SI | 40 | Con lluvia | SI |
| 900 | SI | 50 | Con lluvia | NO |
| 900 | SI | 70 | Con lluvia | NO |
| 900 | SI | 100 | Con lluvia | NO |
| 900 | NO | 10 | Con lluvia | SI |
| 900 | NO | 30 | Con lluvia | SI |
| 900 | NO | 40 | Con lluvia | NO |
| 900 | NO | 50 | Con lluvia | NO |

Tabla 5 Pruebas de comunicación ASK 26-07-2009

| VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN (bps) | LÍNEA DE VISTA | DISTANCIA (metros) | CLIMA | RECEPCIÓN |
|--------------------------------|----------------|--------------------|---------|-----------|
| 2400 | SI | 10 | Nublado | SI |
| 2400 | SI | 30 | Nublado | NO |
| 2400 | SI | 40 | Nublado | NO |
| 2400 | SI | 50 | Nublado | NO |
| 2400 | SI | 70 | Nublado | NO |
| 2400 | SI | 100 | Nublado | NO |
| 2400 | NO | 10 | Nublado | SI |
| 2400 | NO | 30 | Nublado | NO |
| 2400 | NO | 40 | Nublado | NO |
| 2400 | NO | 50 | Nublado | NO |
| 2400 | NO | 70 | Nublado | NO |
| 2400 | NO | 100 | Nublado | NO |
| 1200 | SI | 10 | Nublado | NO |
| 1200 | SI | 30 | Nublado | SI |
| 1200 | SI | 40 | Nublado | SI |
| 1200 | SI | 50 | Nublado | SI |
| 1200 | SI | 70 | Nublado | SI |
| 1200 | SI | 100 | Nublado | NO |
| 1200 | NO | 10 | Nublado | SI |
| 1200 | NO | 30 | Nublado | NO |
| 1200 | NO | 40 | Nublado | SI |
| 1200 | NO | 50 | Nublado | SI |
| 1200 | NO | 70 | Nublado | NO |
| 1200 | NO | 100 | Nublado | NO |
| 900 | SI | 10 | Nublado | SI |
| 900 | SI | 30 | Nublado | SI |
| 900 | SI | 40 | Nublado | SI |
| 900 | SI | 50 | Nublado | NO |
| 900 | SI | 70 | Nublado | NO |
| 900 | SI | 100 | Nublado | NO |
| 900 | NO | 10 | Nublado | SI |
| 900 | NO | 30 | Nublado | SI |
| 900 | NO | 40 | Nublado | NO |
| 900 | NO | 50 | Nublado | NO |

Tabla 6 Pruebas de comunicación ASK 27-07-2009

| VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN (bps) | LÍNEA DE VISTA | DISTANCIA (metros) | CLIMA | RECEPCIÓN |
|--------------------------------|----------------|--------------------|-----------|-----------|
| 2400 | SI | 10 | Despejado | SI |
| 2400 | SI | 30 | Despejado | SI |
| 2400 | SI | 40 | Despejado | NO |
| 2400 | SI | 50 | Despejado | NO |
| 2400 | SI | 70 | Despejado | NO |
| 2400 | SI | 100 | Despejado | NO |
| 2400 | NO | 10 | Despejado | SI |
| 2400 | NO | 30 | Despejado | NO |
| 2400 | NO | 40 | Despejado | NO |
| 2400 | NO | 50 | Despejado | NO |
| 2400 | NO | 70 | Despejado | NO |
| 2400 | NO | 100 | Despejado | NO |
| 1200 | SI | 10 | Despejado | SI |
| 1200 | SI | 30 | Despejado | SI |
| 1200 | SI | 40 | Despejado | SI |
| 1200 | SI | 50 | Despejado | SI |
| 1200 | SI | 70 | Despejado | SI |
| 1200 | SI | 100 | Despejado | SI |
| 1200 | NO | 10 | Despejado | SI |
| 1200 | NO | 30 | Despejado | SI |
| 1200 | NO | 40 | Despejado | SI |
| 1200 | NO | 50 | Despejado | SI |
| 1200 | NO | 70 | Despejado | SI |
| 1200 | NO | 100 | Despejado | NO |
| 900 | SI | 10 | Despejado | SI |
| 900 | SI | 30 | Despejado | SI |
| 900 | SI | 40 | Despejado | SI |
| 900 | SI | 50 | Despejado | NO |
| 900 | SI | 70 | Despejado | NO |
| 900 | SI | 100 | Despejado | NO |
| 900 | NO | 10 | Despejado | SI |
| 900 | NO | 30 | Despejado | SI |
| 900 | NO | 40 | Despejado | NO |
| 900 | NO | 50 | Despejado | NO |

Desde la tabla 7 hasta la tabla 13 se indican los resultados de las pruebas realizadas para la comunicación Receptor-PC.

Tabla 7 Pruebas de comunicación Receptor – PC #1

| DATOS | TRANSMISION DE DATOS |
|---------------------|----------------------|
| | RECEPTOR-PC |
| Paquete de datos 1 | Fallo |
| Paquete de datos 2 | Fallo |
| Paquete de datos 3 | Fallo |
| Paquete de datos 4 | Fallo |
| Paquete de datos 5 | Fallo |
| Paquete de datos 6 | Fallo |
| Paquete de datos 7 | Fallo |
| Paquete de datos 8 | Fallo |
| Paquete de datos 9 | Fallo |
| Paquete de datos 10 | Fallo |
| Paquete de datos 11 | Fallo |
| Paquete de datos 12 | Fallo |
| Paquete de datos 13 | Fallo |
| Paquete de datos 14 | Fallo |
| Paquete de datos 15 | Fallo |

Tabla 8 Pruebas de comunicación Receptor – PC #2

| DATOS | TRANSMISION DE DATOS |
|---------------------|----------------------|
| | RECEPTOR-PC |
| Paquete de datos 1 | Fallo |
| Paquete de datos 2 | Fallo |
| Paquete de datos 3 | Fallo |
| Paquete de datos 4 | Fallo |
| Paquete de datos 5 | Fallo |
| Paquete de datos 6 | Fallo |
| Paquete de datos 7 | Fallo |
| Paquete de datos 8 | Fallo |
| Paquete de datos 9 | Fallo |
| Paquete de datos 10 | Fallo |
| Paquete de datos 11 | Fallo |
| Paquete de datos 12 | Fallo |
| Paquete de datos 13 | Fallo |
| Paquete de datos 14 | Fallo |
| Paquete de datos 15 | Fallo |

Tabla 9 Pruebas de comunicación Receptor – PC #3

| DATOS | TRANSMISION DE DATOS |
|---------------------|----------------------|
| | RECEPTOR-PC |
| Paquete de datos 1 | Fallo |
| Paquete de datos 2 | Fallo |
| Paquete de datos 3 | Fallo |
| Paquete de datos 4 | Fallo |
| Paquete de datos 5 | Fallo |
| Paquete de datos 6 | Fallo |
| Paquete de datos 7 | Fallo |
| Paquete de datos 8 | Fallo |
| Paquete de datos 9 | Fallo |
| Paquete de datos 10 | Ok |
| Paquete de datos 11 | Fallo |
| Paquete de datos 12 | Fallo |
| Paquete de datos 13 | Ok |
| Paquete de datos 14 | Ok |
| Paquete de datos 15 | Ok |

Tabla 10 Pruebas de comunicación Receptor – PC #4

| DATOS | TRANSMISION DE DATOS |
|---------------------|----------------------|
| | RECEPTOR-PC |
| Paquete de datos 1 | Ok |
| Paquete de datos 2 | Fallo |
| Paquete de datos 3 | Ok |
| Paquete de datos 4 | Fallo |
| Paquete de datos 5 | Ok |
| Paquete de datos 6 | Fallo |
| Paquete de datos 7 | Fallo |
| Paquete de datos 8 | Ok |
| Paquete de datos 9 | Fallo |
| Paquete de datos 10 | Fallo |
| Paquete de datos 11 | Ok |
| Paquete de datos 12 | Fallo |
| Paquete de datos 13 | Ok |
| Paquete de datos 14 | Ok |
| Paquete de datos 15 | Ok |

Tabla 11 Pruebas de comunicación Receptor – PC #5

| DATOS | TRANSMISION DE DATOS |
|---------------------|----------------------|
| | RECEPTOR-PC |
| Paquete de datos 1 | 0k |
| Paquete de datos 2 | 0k |
| Paquete de datos 3 | 0k |
| Paquete de datos 4 | 0k |
| Paquete de datos 5 | 0k |
| Paquete de datos 6 | 0k |
| Paquete de datos 7 | 0k |
| Paquete de datos 8 | 0k |
| Paquete de datos 9 | 0k |
| Paquete de datos 10 | 0k |
| Paquete de datos 11 | 0k |
| Paquete de datos 12 | 0k |
| Paquete de datos 13 | 0k |
| Paquete de datos 14 | 0k |
| Paquete de datos 15 | 0k |

Tabla 12 Pruebas de comunicación Receptor – PC #6

| DATOS | TRANSMISION DE DATOS |
|---------------------|----------------------|
| | RECEPTOR-PC |
| Paquete de datos 1 | 0k |
| Paquete de datos 2 | 0k |
| Paquete de datos 3 | 0k |
| Paquete de datos 4 | 0k |
| Paquete de datos 5 | 0k |
| Paquete de datos 6 | 0k |
| Paquete de datos 7 | 0k |
| Paquete de datos 8 | 0k |
| Paquete de datos 9 | 0k |
| Paquete de datos 10 | 0k |
| Paquete de datos 11 | 0k |
| Paquete de datos 12 | 0k |
| Paquete de datos 13 | 0k |
| Paquete de datos 14 | 0k |
| Paquete de datos 15 | 0k |

Tabla 13 Pruebas de comunicación Receptor – PC #7

| DATOS | TRANSMISION DE DATOS |
|---------------------|----------------------|
| | RECEPTOR-PC |
| Paquete de datos 1 | 0k |
| Paquete de datos 2 | 0k |
| Paquete de datos 3 | 0k |
| Paquete de datos 4 | 0k |
| Paquete de datos 5 | 0k |
| Paquete de datos 6 | 0k |
| Paquete de datos 7 | 0k |
| Paquete de datos 8 | 0k |
| Paquete de datos 9 | 0k |
| Paquete de datos 10 | 0k |
| Paquete de datos 11 | 0k |
| Paquete de datos 12 | 0k |
| Paquete de datos 13 | 0k |
| Paquete de datos 14 | 0k |
| Paquete de datos 15 | 0k |

Desde la tabla 14 hasta la tabla 18 se presentan los resultados obtenidos de la confiabilidad del Software.

Tabla 14 Pruebas de confiabilidad del software #1

| DATOS | RECEPCIÓN EN EL COMPUTADOR | | | SOFTWARE |
|---------------------|----------------------------|---------------------|--------------|---------------|
| | Número de usuario | Lectura del medidor | Fecha y hora | BASE DE DATOS |
| Paquete de datos 1 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 2 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 3 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 4 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 5 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 6 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 7 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 8 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 9 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 10 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 11 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 12 | Ok | Ok | Ok | Ok |

Tabla 15 Pruebas de confiabilidad del software #2

| DATOS | RECEPCIÓN EN EL COMPUTADOR | | | SOFTWARE |
|---------------------|----------------------------|---------------------|--------------|---------------|
| | Número de usuario | Lectura del medidor | Fecha y hora | BASE DE DATOS |
| Paquete de datos 1 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 2 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 3 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 4 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 5 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 6 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 7 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 8 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 9 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 10 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 11 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 12 | Ok | Ok | Ok | Ok |

Tabla 16 Pruebas de confiabilidad del software #3

| DATOS | RECEPCIÓN EN EL COMPUTADOR | | | SOFTWARE |
|---------------------|----------------------------|---------------------|--------------|---------------|
| | Número de usuario | Lectura del medidor | Fecha y hora | BASE DE DATOS |
| Paquete de datos 1 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 2 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 3 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 4 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 5 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 6 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 7 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 8 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 9 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 10 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 11 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 12 | Ok | Ok | Ok | Ok |

Tabla 17 Pruebas de confiabilidad del software #4

| DATOS | RECEPCIÓN EN EL COMPUTADOR | | | SOFTWARE |
|---------------------|----------------------------|---------------------|--------------|---------------|
| | Número de usuario | Lectura del medidor | Fecha y hora | BASE DE DATOS |
| Paquete de datos 1 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 2 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 3 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 4 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 5 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 6 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 7 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 8 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 9 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 10 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 11 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 12 | Ok | Ok | Ok | Ok |

Tabla 18 Pruebas de confiabilidad del software #5

| DATOS | RECEPCIÓN EN EL COMPUTADOR | | | SOFTWARE |
|---------------------|----------------------------|---------------------|--------------|---------------|
| | Número de usuario | Lectura del medidor | Fecha y hora | BASE DE DATOS |
| Paquete de datos 1 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 2 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 3 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 4 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 5 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 6 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 7 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 8 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 9 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 10 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 11 | Ok | Ok | Ok | Ok |
| Paquete de datos 12 | Ok | Ok | Ok | Ok |

Desde la tabla 19 hasta la tabla 22 se indican los resultados obtenidos en las pruebas de confiabilidad de todo el sistema.

Tabla 19 Pruebas de confiabilidad de todo el sistema #1

| MEDIDOR | COMUNICACIONES | | |
|---------------------|---------------------|-------------------|---------------|
| Lectura del medidor | Transmisor-Receptor | Receptor-Software | Base de datos |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |

Tabla 20 Pruebas de confiabilidad de todo el sistema #2

| MEDIDOR | COMUNICACIONES | | |
|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Lectura del medidor | Transmisor- Receptor | Receptor- Software | Base de datos |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |

Tabla 21 Pruebas de confiabilidad de todo el sistema #3

| MEDIDOR | COMUNICACIONES | | |
|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Lectura del medidor | Transmisor- Receptor | Receptor- Software | Base de datos |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |

Tabla 22 Pruebas de confiabilidad de todo el sistema #4

| MEDIDOR | COMUNICACIONES | | |
|------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------|
| Lectura del medidor | Transmisor- Receptor | Receptor- Software | Base de datos |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |
| Ok | Ok | Ok | Ok |

ANEXO E
MÓDULOS TERMINADOS

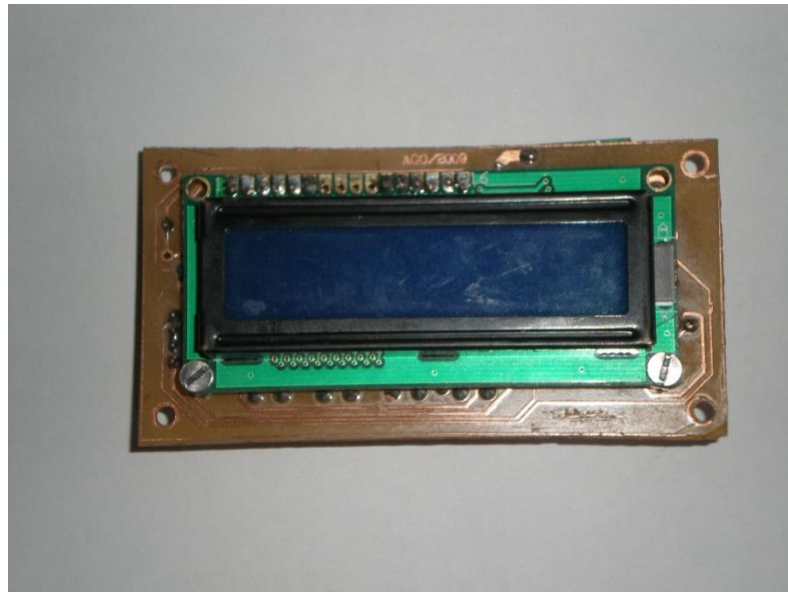
PLACA TERMINADA DEL MÓDULO RECEPTOR



MÓDULO RECEPTOR FINALIZADO



PLACA TERMINADA DEL MÓDULO TRANSMISOR



PLACAS TERMINADAS DE LOS MÓDULOS TRANSMISOR Y RECEPTOR



MEDIDOR ELECTROMECAÁNICO



ACONDICIONAMIENTO DEL MEDIDOR



Latacunga, Octubre del 2009

ELABORADO POR:

Saúl Mollocana Jácome

Mayra Rubio Taipe

APROBADO POR:

Ing. Armando Álvarez
**DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN**

CERTIFICADO POR:

Dr. Eduardo Vásquez
SECRETARIO ACADÉMICO