

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
EXTENSIÓN LATACUNGA**



**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO DE  
MONITOREO DE ACCESORIOS Y PARÁMETROS DE CONTROL  
DEL VEHÍCULO A TRAVÉS UNA PANTALLA GLCD TÁCTIL”**

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

**JAIME FERNANDO CERVANTES ORQUERA  
BETTY ELIZABETH ESPIMBERA BELALCÁZAR**

**2010**

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, JAIME FERNANDO CERVANTES ORQUERA y BETTY ELIZABETH ESPIMBERA BELALCÁZAR, declaramos que:

El proyecto de grado denominado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO DE MONITOREO DE ACCESORIOS Y PARÁMETROS DE CONTROL DEL VEHÍCULO A TRAVÉS UNA PANTALLA GLCD TÁCTIL” ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

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

Latacunga, diciembre del 2010.

---

Fernando Cervantes O.  
CC. 100272324-8

---

Betty Espimbera B.  
CC.1717107682

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO DE MONITOREO DE ACCESORIOS Y PARÁMETROS DE CONTROL DEL VEHÍCULO A TRAVÉS UNA PANTALLA GLCD TÁCTIL” fue desarrollado por JAIME FERNANDO CERVANTES ORQUERA y BETTY ELIZABETH ESPIMBERA BELALCÁZAR, bajo nuestra supervisión, cumpliendo con normas estatutarias establecidas por la ESPE en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Latacunga, diciembre 2010.

---

Ing. Germán Erazo  
DIRECTOR DE PROYECTO

---

Ing. Mauricio Cruz  
CODIRECTOR DE PROYECTO

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN**

Nosotros, JAIME FERNANDO CERVANTES ORQUERA y BETTY ELIZABETH ESPIMBERA BELALCÁZAR, declaramos que:

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército, la publicación en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO DE MONITOREO DE ACCESORIOS Y PARÁMETROS DE CONTROL DEL VEHÍCULO A TRAVÉS UNA PANTALLA GLCD TÁCTIL”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, diciembre del 2010.

---

Fernando Cervantes O.  
CC. 100272324-8

---

Betty Espimbera B.  
CC.1717107682

## **DEDICATORIA**

Con mucho cariño se lo dedico a toda mi familia que siempre estuvieron pendientes de mis estudios y bienestar en especial a mis Padres, Jaime y Rosita que en todo momento me apoyaron de todo corazón y supieron guiarme para culminar mi carrera, a mis hermanas Dennise y Karla, a mis sobrinos Juan David y Jaime Daniel que son mi mayor motivación para ser un ejemplo para ellos, a mi cuñado Daniel, a mi abuelito Rigoberto que desde el cielo nos inculco los valores a todos sus nietos para lograr los objetivos planteados, a mis abuelitas Rosita y Laurita, a mis tíos, a mis primos, primas que de igual manera siempre me motivaron para seguir adelante en los duros momentos, a mis compañeros de aula y vivienda en especial que cumplimos con el objetivo anhelado.

Fernando Cervantes O.

## DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico a la Mujer más hermosa de este mundo a la que su vida entrego escogiendo ser primero Madre antes que Mujer a la que no le importó el obstáculo que la vida le impuso por sacar a sus tres niñas adelante y hoy verme convertida en una profesional estoy segura que se siente muy orgullosa al ver que su lucha no fue en vano que hoy es el tiempo de cosechar lo que sembró durante toda su vida a ella por ser la mejor Mujer que mi señor Jesucristo pudo escoger para ser mi Madre a ti Albita Belalcázar gracias por todos los sacrificios que hiciste para que un día como este las cuatro juntas lo podamos vivir.

Betty Espimbera

## AGRADECIMIENTO

Agradezco al dador de mi vida al que nunca me abandonó al que siempre me sostuvo cuando pensé que el mundo me daba la espalda al que en silencio me dijo que me amaba y que el creía en mi a ti mi Dios porque este día no pudo haber llegado si yo no hubiera puesto mi confianza sobre mi roca que eres tu mi Jehová, gracias por tus cuidados y poner en mi camino personas nobles cuando estuve lejos de mi familia.

Gracias a mis padres Francisco y Albita porque desde niña infundaron el temor a Jehová lo cual siempre me acompañó cuando lejos estuve de ellos, a mis queridas hermanas Alexandra y Ruth las amo son el complemento perfecto para mi vida, gracias por su apoyo incondicional y por regalarme la felicidad más hermosa el ser tía de tres preciosos angelitos Mateo, Elián, Nathaly, a la persona que Dios puso en nuestras vidas cuando más lo necesitamos a Fernandito Ramírez gracias por llenar el espacio que nunca nadie pensé que lo llenaría gracias por estar siempre en el momento y en el lugar indicado. Gracias Andrés Ricaurte por estar siempre junto a mi apoyándome durante todo este tiempo por ser parte de mi vida por ser la persona que Dios puso en mi camino, gracias a mis compañeros, profesores por su ayuda y cuidados.

Betty Espimbera

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco infinitamente a mi Dios por el ser guía número uno en mi vida, por darme la fortaleza en esos momentos difíciles que tiene uno como estudiante, a todos los ingenieros que nos impartieron sus buenos conocimientos y que siempre supieron ayudarnos y tolerarnos con los problemas que manteníamos en sus clases, a mis compañeros que siempre estuvieron en las buenas y en las malas.

Mil gracias a todos de corazón.

Fernando Cervantes O.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

Declaración de responsabilidad.....	ii
Certificación.....	iii
Autorización.....	iv
Índice de contenidos .....	ix
Índice de figuras .....	xiv
Índice de tablas.....	xviii
Índice de ecuaciones.....	xix
Resumen.....	xx
Presentación.....	xxi
Capítulo 1.....	1
1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. OBJETIVO GENERAL.....	2
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	2
1.5. METAS DEL PROYECTO.....	3
Capítulo 2.....	4
2. INTRODUCCIÓN.....	4
2.1. MICROCONTROLADORES.....	4
2.1.1. MICROCONTROLADORES PIC.....	4
a. Microcontrolador PIC 18F452.....	5
2.2. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN PARA MICROCONTROLADORES.....	7
2.1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL COMPILADOR PICC DE CCS.....	9
2.3. VISUALIZADORES GRÁFICOS GLCD.....	9
2.3.1. MODULO GLCD JHD240128D.....	10
2.4. PANELES TÁCTILES.....	11

2.4.1. PANEL TÁCTIL RESISTIVO.....	11
a. Pantalla táctil.....	13
2.4.2. PANEL TÁCTIL CAPACITIVO.....	13
2.5. COMUNICACIONES SERIALES.....	14
2.5.1. COMUNICACIÓN ASINCRÓNICA.....	14
a. Puerto RS232.....	15
b. Transceptor MAX 232.....	15
2.6. INTERFACES DE POTENCIA.....	16
2.6.1. RELÉS AUTOMOTRICES.....	16
2.6.2. ARREGLO DE DARLINGTON ULN2803.....	17
2.6.3. TRANSISTORES MOSFETS DE POTENCIA.....	18
a. MOSFET IRF9530.....	19
2.7. GENERALIDADES SOBRE ADQUISICIÓN DE DATOS EN SISTEMAS DIGITALES.....	19
2.7.1. CRITERIOS EMPLEADOS EN EL MUESTREO DE DATOS.....	19
a. Dato.....	20
b. Adquisición.....	20
c. Sistema.....	20
d. Bits de resolución.....	20
e. Rango.....	20
f. Teorema de Nyquist.....	21
Capítulo 3.....	22
3. REQUERIMIENTOS DEL DISPOSITIVO.....	22
3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL.....	22
3.2. REQUISITOS DEL SISTEMA.....	22
3.2.1. REQUISITOS EN BASE AL AMBIENTE DE TRABAJO.....	22
3.2.2. REQUISITOS EN BASE A ESPECIFICACIONES DE POTENCIA.....	23
3.2.3. REQUISITOS EN BASE AL DESEMPEÑO SOLICITADO.....	23
3.3. APROXIMACIÓN EN BLOQUES.....	24
3.4. APROXIMACIÓN.....	24

3.4.1. SUBSISTEMA DE SENSADO.....	24
a. Sensado de señales continuas.....	25
b. Sensado de señales pulsantes.....	25
c. Sensado de señales discretas.....	26
3.4.2. SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO Y CONTROL.....	26
a. Controlador maestro.....	26
b. Controlador esclavo.....	27
3.4.3. SUBSISTEMA DE VISUALIZACIÓN.....	27
3.4.4. SUBSISTEMA DE RESPUESTA.....	28
Capítulo 4.....	29
4. DESARROLLO .....	29
4.1. CARACTERIZACIÓN DEL HARDWARE.....	29
4.1.1. SUBSISTEMA DE SENSADO.....	29
a. Velocidad angular del motor.....	29
b. Velocidad lineal del vehículo.....	32
c. Voltaje del acumulador.....	32
d. Temperatura de refrigerante.....	34
e. Temperatura de ambiente.....	35
f. Cantidad de combustible.....	36
g. Señales lógicas desde el vehículo.....	37
4.1.2. SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO Y CONTROL.....	38
a. Microcontrolador maestro.....	38
a.1 Conexión del microcontrolador maestro.....	39
a.2 Panel táctil.....	40
b. Microcontrolador esclavo.....	40
b.1 Conexión del microcontrolador esclavo.....	41
c. Conexión entre el microcontrolador maestro y el esclavo.....	41
c.1 Transceptores RS232.....	42
4.1.3. SUBSISTEMA DE VISUALIZACIÓN.....	43
4.1.4. SUBSISTEMA DE RESPUESTA.....	45
a. Relevadores de estado sólido .....	45

b. Buzzer.....	47
c. Luz piloto.....	47
4.1.5. ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA.....	48
a. Fuente de alimentación del módulo maestro.....	48
b. Fuente de alimentación del módulo esclavo.....	50
4.2. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO GENERAL.....	50
4.3. DISEÑO DE LAS PLACAS DE CIRCUITO IMPRESO.....	51
4.4. DESCRIPCIÓN DEL FIRMWARE.....	51
4.4.1. FIRMWARE DEL MICROCONTROLADOR MAESTRO.....	51
a. Programa principal.....	51
b. Subrutinas especiales.....	55
b.1. Subrutina de manejo del panel táctil.....	55
b.2. Teclado virtual.....	56
b.3. Señales lógicas.....	57
b.4. Menú de petición de código de seguridad.....	58
b.5. Medición del voltaje del acumulador.....	59
b.6. Medición de la cantidad de combustible.....	59
b.7. Medición de la temperatura del refrigerante.....	61
b.8. Medición de la temperatura del habitáculo.....	63
b.9. Medición de la velocidad angular del motor.....	64
b.10. Visualización de la velocidad lineal del vehículo.....	65
c. Interrupciones.....	66
c.1. Desbordamiento del TIMER1.....	66
c.2. Flanco activo en CCP2.....	68
c.3. Dato recibido por el módulo UART.....	69
4.4.2. FIRMWARE DEL MICROCONTROLADOR ESCLAVO.....	70
a. Programa principal.....	70
b. Subrutinas especiales.....	72
b.1. Medición de la velocidad lineal del vehículo.....	72
 CAPÍTULO 5.....	 74
5. IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DEL SISTEMA ELECTRÓNICO.....	

	74
5.1. INSTALACIÓN DEL CABLEADO Y FUSIBLERAS.....	74
5.2. INSTALACIÓN DE ACCESORIOS.....	75
5.3. INSTALACIÓN DE SENSORES.....	77
5.4. INSTALACIÓN DE MÓDULOS.....	80
5.5. SISTEMA EN FUNCIONAMIENTO.....	82
5.6. DIAGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.....	86
5.7. PRUEBAS.....	86
5.7.1. MEDICIÓN DEL VOLTAJE DEL ACUMULADOR.....	88
5.7.2. MEDICIÓN DE LA CANTIDAD DE COMBUSTIBLE.....	89
5.7.3. MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE.....	90
5.7.4. MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DEL HABITÁCULO DEL VEHÍCULO.....	90
5.7.5. MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD ANGULAR DEL MOTOR.....	91
5.7.6. MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD LINEAL DEL VEHÍCULO.....	92
5.8. DESEMPEÑO GENERAL DEL SISTEMA.....	93
5.9. PRESUPUESTO.....	94
5.10. ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO.....	95
6. CONCLUSIONES.....	97
7. RECOMENDACIONES.....	99
8. BIBLIOGRAFÍA.....	100
9. ANEXOS.....	101
ANEXO “A” DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS.....	102
ANEXO “B” DISEÑO DE LAS PLACAS DE CIRCUITO IMPRESO...	103
ANEXO “C” MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA.....	104
ANEXO “D” ARTÍCULO DE REVISTA.....	105
ANEXO “E” DIAGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA....	106

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. PINOUT del PIC 18F452.....	6
Figura 2.2. Diagrama de bloques del PIC 18F452.....	6
Figura 2.3. Pantalla GLCD 240x128.....	10
Figura 2.4. Capas de un panel táctil resistivo.....	12
Figura 2.5. Panel táctil resistivo.....	12
Figura 2.6. Presión sobre el panel táctil resistivo.....	13
Figura 2.7. Esquematización de comunicación serial asincrónica.....	15
Figura 2.8. MAX 232.....	16
Figura 2.9. Circuito básico de un relé.....	17
Figura 2.10. Símbolo comercial del relé.....	17
Figura 2.11. Diagrama esquemático del ULN 2803.....	18
Figura 2.12. Configuración de Pines.....	18
Figura 3.1. Diagrama de bloques del sistema.....	24
Figura 4.1. Circuito de determinación de velocidad angular del motor.....	30
Figura 4.2. Diagrama CTR vs $I_F$ .....	31
Figura 4.3. Circuito de determinación de velocidad lineal del vehículo.....	32
Figura 4.4. Circuito de medición de voltaje.....	33
Figura 4.5. Conexión del medidor de temperatura.....	34
Figura 4.6. Circuito de medición de temperatura.....	35
Figura 4.7. Circuito de medición de temperatura del habitáculo.....	36
Figura 4.8. Conexión del medidor de combustible.....	36
Figura 4.9. Circuito de medición de combustible.....	37
Figura 4.10. Adquisición de señales lógicas desde los sistemas eléctricos del vehículo.....	37
Figura 4.11. Adquisición de señales lógicas desde el sistema de gestión del motor.....	38
Figura 4.12. Circuito de control del panel táctil.....	40
Figura 4.13. Diagrama de bloques que muestra el flujo de información desde el microcontrolador maestro hacia el esclavo.....	42
Figura 4.14: Diagrama de conexión del transceptor MAX232.....	43

Figura 4.15: Diagrama de conexión entre el módulo GLCD y el microcontrolador.....	44
Figura 4.16: Relevadores de potencia de estado sólido para el subsistema de respuesta.....	45
Figura 4.17: Circuito manejador del buzzer.....	47
Figura 4.18: Circuito manejador de la luz piloto.....	48
Figura 4.19: Circuito de alimentación del módulo maestro.....	49
Figura 4.20: Circuito de alimentación del módulo esclavo.....	50
Figura 4.21: Diagrama de flujo del programa principal del microcontrolador maestro.....	52
Figura 4.22: Presentación del teclado para ingreso del código de seguridad	53
Figura 4.23: Presentación del mensaje de bienvenida.....	53
Figura 4.24: Presentación del tablero y el teclado digital, cuando el vehículo está apagado.....	54
Figura 4.25: Presentación del tablero y el teclado digital, cuando el vehículo está encendido.....	54
Figura 4.26: Diagrama de flujo de la subrutina de adquisición y visualización del voltaje de la batería.....	59
Figura 4.27: Modelo de tendencia utilizado para la medición de combustible.....	60
Figura 4.28: Diagrama de flujo de la subrutina de adquisición y visualización de la cantidad de combustible.....	61
Figura 4.29: Modelo de tendencia utilizado para la medición de temperatura.....	62
Figura 4.30: Diagrama de flujo de la subrutina de adquisición y visualización de la temperatura del refrigerante.....	63
Figura 4.31: Diagrama de flujo de la subrutina de adquisición y visualización de la temperatura del habitáculo.....	64
Figura 4.32: Ejemplos de respuesta del sistema ante diversos mensajes de velocidad del vehículo.....	65
Figura 4.33: Diagrama de flujo de la subrutina de visualización de la	66

velocidad lineal del vehículo.....	
Figura 4.34: Diagrama de flujo de la rutina especial de interrupción del TIMER1.....	67
Figura 4.35: Diagrama de flujo de la rutina especial de interrupción del módulo CCP2.....	68
Figura 4.36: Ejemplo de tramas recibidas por el microcontrolador maestro..	69
Figura 4.37: Rutina especial de interrupción por recepción UART.....	70
Figura 4.38: Diagrama de flujo del programa principal del microcontrolador esclavo.....	71
Figura 5.1: Estado inicial del vehículo Suzuki Hormiga año 1979.....	74
Figura 5.2: Instalación de fusibleras y cableado nuevo.....	75
Figura 5.3: Fusibleras y fusibles nuevos.....	75
Figura 5.4: Desmontaje de focos silbines.....	76
Figura 5.5: Reemplazo focos silbines a faros halógenos.....	76
Figura 5.6: Instalación neblineros.....	77
Figura 5.7: Rueda fónica adaptada en la polea del cigüeñal.....	77
Figura 5.8: Rueda fónica adaptada en la junta del árbol de transmisión.....	78
Figura 5.9: Sensor de velocidad.....	78
Figura 5.10: Sensor de revoluciones.....	79
Figura 5.11: Sensor de temperatura NTC.....	79
Figura 5.12: Fijación del módulo esclavo con platinas de aluminio.....	80
Figura 5.13: Fijación del conjunto de relés.....	80
Figura 5.14: Reemplazo de regulador electromecánico por un electrónico...	81
Figura 5.15: Instalación del módulo esclavo con la pantalla GLCD.....	81
Figura 5.16: Fijación módulo esclavo con la pantalla GLCD.....	82
Figura 5.17: Máster switch del sistema.....	82
Figura 5.18: Menú inicial.....	83
Figura 5.19: Menú principal.....	83
Figura 5.20: Contacto del vehículo, luz de salón y guías activadas.....	84
Figura 5.21: Luz de salón.....	84
Figura 5.22: Activación de todos los accesorios.....	85
Figura 5.23: Neblinero trasero, aparcos y guías encendidas.....	85

Figura 5.24: Neblineros, faros en alta activados.....	86
Figura 5.25: Ensayo del sistema completo en el tablero de pruebas.....	87
Figura 5.26: Curva de dispersión de mediciones del voltaje del acumulador	88
Figura 5.27: Curva de dispersión de mediciones de la cantidad de combustible.....	89
Figura 5.28: Curva de dispersión de mediciones de la temperatura del refrigerante.....	90
Figura 5.29: Curva de dispersión de mediciones de la temperatura del habitáculo del vehículo.....	91
Figura 4.30: Curva de dispersión de mediciones de la velocidad angular del motor.....	92
Figura 5.31: Curva de dispersión de mediciones de la velocidad lineal del vehículo.....	93

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Cuadro comparativo entre lenguajes C, ASSEMBLER Y BASIC..	8
Tabla 4.1. Configuración de puertos del microcontrolador maestro.....	39
Tabla 4.2. Configuración de puertos del microcontrolador esclavo.....	41
Tabla 4.3. Estados de visualización y comandos correspondientes a cada botón.....	57
Tabla 4.4. Estados de visualización y comandos correspondientes a cada indicador.....	58
Tabla 4.5. Comandos seriales recibidos y funciones de respuesta del microcontrolador esclavo.....	72
Tabla 5.1: Mediciones del voltaje del acumulador.....	88
Tabla 5.2: Mediciones de la cantidad de combustible.....	89
Tabla 5.3: Mediciones de la temperatura del refrigerante.....	90
Tabla 5.4: Mediciones de la temperatura del habitáculo del vehículo.....	91
Tabla 5.5: Mediciones de la velocidad angular del motor.....	92
Tabla 5.6: Mediciones de la velocidad lineal del vehículo.....	93
Tabla 5.7: Error máximo de cada prueba ejecutada.....	94
Tabla 5.8: Costo de los componentes electrónicos del sistema digital.....	95

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 4.1: corriente mínima a través del LED de una optoacoplador.....	30
Ecuación 4.2: Frecuencia de corte de filtro pasabajo RC.....	13
Ecuación 4.3: Divisor de voltaje.....	33
Ecuación 4.4: Frecuencia de corte de filtro pasabajo RC.....	33
Ecuación 4.5: Corriente a través de un regulador resistencia – Zener.....	34
Ecuación 4.6: Potencia disipada por un diodo Zener.....	34
Ecuación 4.7: Voltaje en compuerta de MOSFET con transistor bipolar.....	46
Ecuación 4.8: Voltaje de salida en regulador variable LM317.....	49
Ecuación 4.9: Relación entre el voltaje de entrada y su píxel de equivalencia en el eje X del panel táctil.....	56
Ecuación 4.10: Relación entre el voltaje de entrada y su píxel de equivalencia en el eje Y del panel táctil.....	56
Ecuación 4.11: Combinaciones posibles en una clave de seguridad.....	58
Ecuación 4.12: Digitalización del voltaje .....	59
Ecuación 4.13: Función de transferencia del reóstato de combustible.....	60
Ecuación 4.14: Función de transferencia del sensor de temperatura del refrigerante.....	62
Ecuación 4.15: Digitalización de la temperatura desde el sensor LM35.....	63
Ecuación 4.16: Período de conteo del TIMER1.....	67
Ecuación 4.17: Temporización máxima obtenida en el TIMER1 .....	67
Ecuación 4.18: Obtención de frecuencia en función de período.....	68
Ecuación 4.19: Obtención de frecuencia angular para rueda fónica ubicada en el cigüeñal.....	69
Ecuación 4.20: Obtención de frecuencia angular para rueda fónica ubicada en la brida del árbol de transmisión.....	73

## RESUMEN

El proyecto de graduación precisa el diseño y construcción de un sistema electrónico de monitoreo de accesorios del vehículo y parámetros de control a través de una pantalla GLCD táctil.

El dispositivo es un sistema digital de control y monitoreo cuyas funciones consisten en facilitar la administración de los sistemas eléctricos en el automóvil y permitir la visualización gráfica de sus variables de funcionamiento.

El sistema posee hardware y firmware empleados para visualizar gráficamente y en tiempo real el valor de los parámetros muestreados, manejar un panel táctil sobre botones virtuales y proveer de corriente suficiente a los diferentes circuitos eléctricos del motor y vehículo.

Para la concepción del mecanismo fue necesaria la implementación de dos módulos separados. El primer controlador, base fundamental del dispositivo, digitaliza la información proveniente del motor y del vehículo y la transforma en visualizaciones digitales y gráficas fáciles de interpretar. Además, establece la interfaz visual – táctil del control de accesorios. El segundo controlador se constituye en la etapa de potencia, al recibir comandos seriales y administrar el suministro de corriente necesario para encender y apagar los sistemas eléctricos del automotor.

## SUMMARY

The graduation project indicates the design and construction of an electronic system for monitoring vehicle's accessories and control parameters through a GLCD touch screen.

The device is a digital control and monitoring system its functions consist to facilitate the management of electrical systems in the car and allow the graphical display of operating variables.

The system has hardware and firmware used to graphically display in real-time the parameter values sampled, driving a touch panel on virtual buttons and provide sufficient power to different electrical circuits and motor vehicle.

For the design of the mechanism was necessary to implement two separate modules. The first driver, base of the device, scans the information from the engine and vehicle and converts it into digital graphics and displays easy to interpret. Although, provides the visual interface - Touch control accessories. The second driver is in the power stage, to receive serial commands and manage the supply current necessary to start and stop the car's electrical systems.

## PRESENTACIÓN

Proporcionalmente al envejecimiento de los automóviles, muchos de los controles e indicadores en los paneles de instrumentos sufren averías irreparables debido a su naturaleza perecible. Por este motivo, los conductores no pueden verificar si las variables del vehículo se encuentran dentro de rangos seguros de funcionamiento; no usan óptimamente la seguridad pasiva debido a fallos en los controles de luces, calefacción, motores de plumas y demás accesorios.

En base a esta problemática, la presente aplicación teórico – práctica, es un sistema con interfaz gráfica – táctil que facilita el control de accesorios y la visualización de parámetros de funcionamiento en el vehículo; un dispositivo que brinda confort y seguridad.

En el capítulo 1 de este trabajo, se plantea el problema de la investigación.

En el capítulo 2, se expone el sustento metodológico sobre el que se basó su concepción.

El capítulo 3 explica los requisitos del sistema y la aproximación del hardware. Para esto se tienen como referencia las condiciones del ambiente de trabajo y las actividades para las que se diseñó el dispositivo.

En el capítulo 4, se detallan los criterios técnicos y procedimientos tomados en la caracterización del módulo.

Posteriormente, en el capítulo 5 se pormenoriza la implementación física del sistema. También se describen las pruebas realizadas en la comprobación de su robustez y fiabilidad.

Bajo el título “conclusiones” se expone el resultado del proyecto de investigación.

# CAPÍTULO 1

## 1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con el transcurrir del tiempo, la fusión existente entre la electrónica de aplicación y la ingeniería automotriz, se ha vuelto más compacta. Por ello, existen innumerables aplicaciones conjuntas que día a día mejoran el desempeño de los automotores.

En lo concerniente a la gestión del automóvil, los tableros de instrumentos en vehículos de serie, permiten únicamente verificar y controlar parámetros básicos de funcionamiento. Sistemas de gestión con monitoreo detallado se encuentran sólo en vehículos de clase.

Por otro lado, proporcionalmente al envejecimiento del automóvil, muchos de los controles e indicadores en el tablero sufren averías irreparables debido a su naturaleza perecible. Por este motivo, los conductores no pueden verificar si las variables del vehículo se encuentran dentro de rangos seguros de funcionamiento; no usan óptimamente la seguridad pasiva debido a fallos en los controles de luces, calefacción, motores de plumas y demás accesorios.

En base a esta problemática, es necesaria la implementación de un sistema con interfaz amigable para facilitar el control de accesorios y la visualización de parámetros de funcionamiento en el vehículo; un dispositivo que brinde confort y seguridad.

Existen soluciones que tienen aplicación funcional pero no completa los costos de adquisición o implementación altos. Además, no son transferibles y están concebidos únicamente para ciertos vehículos. No existen tableros digitales ni comandos táctiles de accesorios en el mercado nacional.

## **1.2. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y construir un sistema electrónico de monitoreo de accesorios y parámetros de control del vehículo a través de una pantalla GLCD táctil.

## **1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar los requerimientos que debe cumplir el sistema electrónico aplicable a la solución del problema, en base criterios de muestreo y electrónica de potencia.
- Seleccionar los elementos eléctricos, electrónicos idóneos; analizando su funcionamiento con la ayuda de diagramas de bloque y de flujo.
- Utilizar modelos matemáticos de aproximación para manejar señales desde sensores del vehículo o propios del sistema.
- Emplear software específico para programación de microcontroladores y procesadores digitales de señales, dibujo de diagramas esquemáticos y diseño de placas de circuito impreso.
- Aplicar el módulo en un vehículo liviano y probarlo para condiciones concretas de trabajo.
- Realizar un manual de usuario que sintetice funcionamiento, programación, requerimientos y precauciones en su manipulación.

## **1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

Se cree imperiosa la elaboración de una aplicación que permita monitorear gráficamente los parámetros de funcionamiento del automóvil y controlar mediante una pantalla táctil sus distintos accesorios.

No están en auge aquellos sistemas complicados de maniobrar y poco amigables, sea cual fuere su aplicación. Bajo este concepto, se precisa que hace falta un sistema electrónico que muestre una interfaz sencilla y amigable con el operador, admita ajuste de tolerancias de medida y posea suficiente versatilidad para que, con ligeras modificaciones, consienta su empleo en cualquier tipo de automotor. Se requiere de un equipo con índice costo – beneficio aceptable, vida útil larga, mantenimiento barato y repuestos accesibles en nuestro medio.

El diseño y construcción de este sistema se basa en conocimientos, habilidades, capacidades, destrezas y aptitudes, vinculadas a nuestra competencia profesional.

### **1.5. METAS DEL PROYECTO**

Con la culminación del presente proyecto se espera conseguir lo siguiente:

- Implementar el sistema en un automotor con tecnología tradicional a fin de determinar estándares de programación, calibraciones, requerimientos de potencia y frecuencias de muestreo.
- Tomar el diseño como base para la realización de otros sistemas aplicados al campo automotriz.

## **CAPÍTULO 2**

### **2. INTRODUCCIÓN**

#### **2.1. MICROCONTROLADORES**

Un microcontrolador es un circuito integrado que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y unidades de E/S (entrada/salida).

Los microcontroladores son diseñados para reducir el costo económico y el consumo de energía de un sistema en particular. Por eso el tamaño de la unidad central de procesamiento, la cantidad de memoria y los periféricos incluidos dependerán de la aplicación.

##### **2.1.1. MICROCONTROLADORES PIC**

A pesar de que varias familias de microcontroladores son eficaces en aplicaciones específicas, especialmente si en ellas predomina una característica concreta, los microcontroladores PIC de MICROCHIP son la mejor solución para el presente proyecto.

Los PIC son una familia de microcontroladores tipo RISC y derivados del PIC1650, originalmente desarrollado por la división de microelectrónica de GENERAL INSTRUMENTS. El nombre actual no es un acrónimo, en realidad el nombre completo es PICmicro (controlador de interfaz periférico).

Las siguientes son varias características convenientes que presentan estos microcontroladores:

- Gran variedad de modelos que permiten elegir el que mejor responda a los requerimientos de la aplicación.

- Información y herramientas de desarrollo fáciles de conseguir y económicas.
- Sencillez de manejo gracias a su set de instrucciones tipo RISC; pocas pero muy poderosas.
- Buen promedio de parámetros velocidad, consumo, tamaño, alimentación.
- Conversor análogo – digital de varios canales.
- Temporizadores – contadores programables, con predivisores y postdivisores.
- Puertos de comunicación serial sincrónica y asincrónica con SPI, I<sup>2</sup>C y UART.
- EEPROM interna accesible por código.
- Fuentes de interrupción externas e internas.

#### **a. Microcontrolador PIC18F452**

El microcontrolador PIC18F452, perteneciente a la gama mejorada de MICROCHIP, tienen ciertas particularidades que se apegan a los requisitos del sistema. Estas son las más relevantes:

- Memoria FLASH de 32Kbytes.
- Memoria RAM de 1.5Kbytes.
- Cuatro módulos temporizadores (TIMER0 a TIMER3).
- Dos módulos de captura, comparación y PWM.
- Módulo USART (Transmisor receptor sincrónico – asincrónico universal).
- Conversor análogo – digital de hasta 8 canales, con resolución de 10bits y tiempo de adquisición programable.
- Conexión de oscilador externo de hasta 40Mhz, pudiendo conseguirse hasta 10MIPS.
- Multiplicación en hardware de 8x8 en un ciclo de instrucción.
- Niveles de prioridad para las interrupciones.
- Arquitectura optimizada para compilación en lenguaje C, con set extendido de instrucciones.

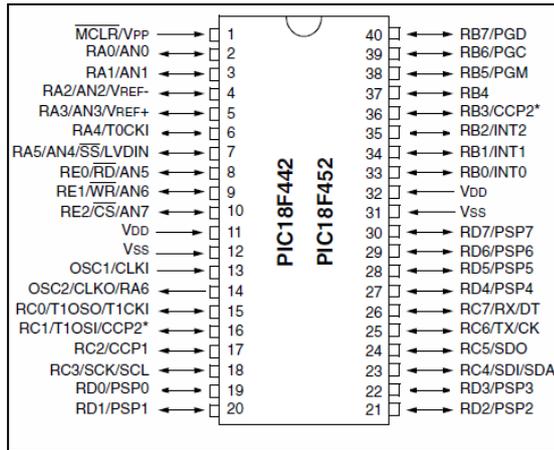


Figura 2.1: PINOUT del PIC18F452

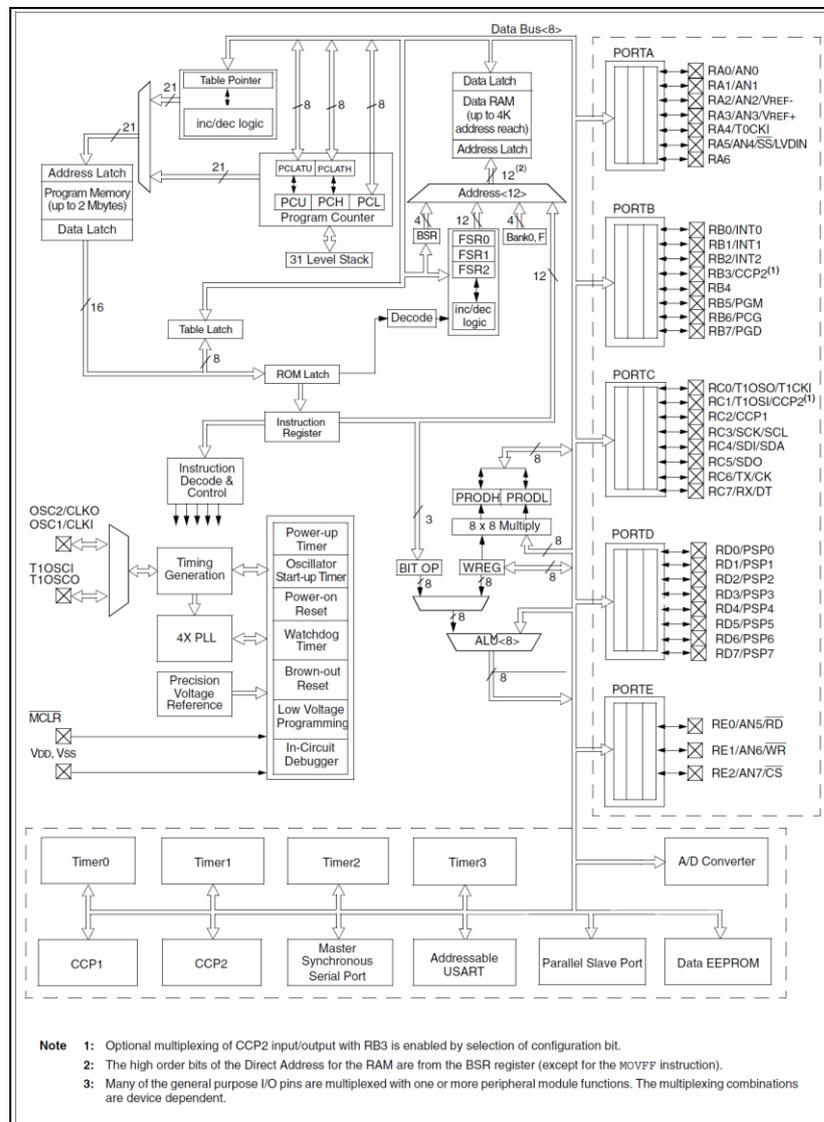


Figura 2.2: Diagrama de bloques del PIC18F452

## **2.2. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN PARA MICROCONTROLADORES**

La tendencia actual en el desarrollo de aplicaciones con microcontroladores, es el uso de compiladores de lenguaje C.

C es un lenguaje de nivel intermedio que incorpora muchos elementos propios del ensamblador, puede acceder a los registros del sistema y trabajar con direcciones de memoria, con la particularidad de que permite realizar las operaciones mucho más legibles, utilizar estructuras de datos y otras características propias de los lenguajes de alto nivel.

Este lenguaje permite un manejo abstracto independiente del hardware, a diferencia del ensamblador, pero sin perder mucho del poder y eficiencia que tienen los lenguajes de bajo nivel. Así, es aplicable para desarrollos que necesiten alto grado de optimización.

Según los expertos, posiblemente el lenguaje C no permita que pueda desarrollarse un programa de forma rápida o segura, pero el hecho real es que si algo no se puede hacer con C, posiblemente no se pueda crear con ningún otro lenguaje.

Algunas de las características más importantes que definen al lenguaje son:

- Tamaño pequeño.
- Uso extensivo de llamadas a funciones.
- Comandos breves (poco tecleo).
- Lenguaje estructurado.
- Programación de bajo nivel (nivel bit).
- Implementación de apuntadores - uso extensivo de apuntadores para la memoria, arreglos, estructuras y funciones.

Las diversas razones por las cuales se ha convertido en un lenguaje de uso profesional son:

- El uso de constructores de alto nivel.
- El poder manejar actividades de bajo-nivel.
- El generar programas eficientes.
- La posibilidad de poder ser compilado en una variedad de microcontroladores, con pocos cambios (portabilidad).

Un punto en contra es que tiene una detección pobre de errores, lo cual en ocasiones es problemático para los principiantes.

Tabla 2.1. Cuadro comparativo entre Lenguajes C, ASSEMBLER y BASIC

COMPILADOR	VENTAJAS	DESVENTAJAS
"C"	Fácil de aprender, compacto, gran productividad, permite incorporar ASM dentro del código, gran cantidad de librerías, fácil manejo de operaciones matemáticas, disminución del número de errores, más fácil de memorizar, lenguaje más cercano al humano, independencia de las distintas familias de microcontroladores.	Código poco optimizado, programas más lentos, poco o ningún control sobre el código generado, más difícil de depurar.
"ASM"	Código eficiente y rápido.	Curva de aprendizaje alta, fácil equivocación, hay que escribir mucho código, necesidad de utilizar macros que complican el programa, no se puede embeber otro lenguaje, si no se conoce se pueden crear programas más largos, lenguaje más alejado del humano, lenguaje específico de las distintas familias de los microcontroladores.
"BASIC"	Tiene algunas de las características del "C" por ser un lenguaje de mediano nivel.	Es un lenguaje no estructurado que puede crear malos hábitos de programación, no tiene tantas librerías como otros lenguajes, es menos eficiente que el "C" y el "ASM".

### **2.2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL COMPILADOR PICC DE CCS**

El compilador es aquella aplicación encargada de traducir un lenguaje de alto nivel al código de máquina para una determinada arquitectura, depositándolo en un fichero binario, que un microcontrolador será capaz de ejecutar.

El compilador CCS fue desarrollado exclusivamente para los microcontroladores PIC, siendo el más optimizado para los dispositivos MICROCHIP. Cuenta con una diversa gama de funciones predesarrolladas, funciones de preprocesador y ejemplos listos para comenzar con cualquier proyecto. Contiene DRIVERS para relojes en tiempo real, LCDs, convertidores A/D y muchas otras características.

Al compilar, genera ficheros en formato Intel – hexadecimal, necesarios para programar (utilizando un programador de PIC) microcontroladores de 6, 8, 18 ó 40 patillas.

### **2.3. VISUALIZADORES GRÁFICOS GLCD**

Una pantalla gráfica de cristal líquido o GLCD es una pantalla plana formada por una matriz de píxeles monocromáticos colocados delante de una fuente de luz o reflectora. A menudo se utiliza en dispositivos electrónicos de pilas, ya que utiliza cantidades muy pequeñas de energía eléctrica.

Hay versiones de pantallas con diferentes controladores embebidos, como el SAMSUNG KS0107, SAMSUNG KS0108 o el TOSHIBA T6963.

Disponen de una memoria RAM interna del mismo tamaño de la capacidad de la pantalla, por ejemplo si una pantalla tiene un tamaño de 128 píxeles de largo por 64 píxeles de alto (128x64), tendrá una memoria RAM interna de la misma capacidad (128x64).

Son manejadas por microcontroladores para su configuración y utilización.

### 2.3.1. MÓDULO GLCD JHD240128D

Este visualizador es una GLCD de 240x128 píxeles, gobernada por el procesador TOSHIBA T6963C. Algunas de sus características específicas son:

- Modo de pantalla STN.
- Tipo de pantalla TRANSFLECTIVA positiva.
- Tipo de módulo COP (CHIP ON BOARD).
- Luz de retroiluminación (BACKLIGHT) verde.
- Alimentación única de 5V.

Las razones para preferirla sobre otras LCDs son:

- Costo de adquisición moderado.
- Gran área de visualización, útil para poder mostrar digital y gráficamente el valor de todas las variables medidas.
- Alta velocidad de respuesta.



Figura 2.3: Pantalla GLCD 240x128

Este dispositivo es compatible con una gama muy amplia de formatos de pantalla de cristal líquido, permitiendo la selección de diferentes combinaciones a través de un conjunto de entradas programables. Puede ser utilizado en los modos texto, gráficos y combinación de texto y gráficos, e incluye diversas funciones de atributos.

## **2.4. PANELES TÁCTILES**

Un panel táctil es un arreglo dispositivo que mediante un toque directo sobre su superficie, permite la entrada de datos y órdenes a un sistema normalmente digital. Este contacto también se puede realizar con lápiz u otras herramientas similares.

Si bien hay un sin número de tipos de paneles táctiles, los más difundidos son el resistivo y el capacitivo.

### **2.4.1. PANEL TÁCTIL RESISTIVO**

Está formado por varias capas autoadhesivas. Las más importantes son dos finas superficies de material conductor entre las cuales hay una pequeña separación. Cuando algún objeto toca la superficie de la capa exterior, las dos capas conductoras entran en contacto en un punto concreto. De esta forma se produce un cambio en el voltaje que permite a un controlador calcular la posición del punto en el que se ha tocado la pantalla. Algunos paneles pueden medir, aparte de las coordenadas del contacto, la presión que se ha ejercido sobre el mismo.

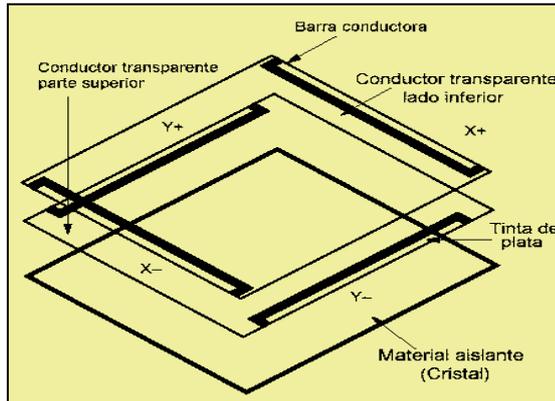


Figura 2.4: Capas de un panel táctil resistivo

Los paneles táctiles resistivos son por norma general más accesibles, pero tienen una pérdida de aproximadamente del 25% del brillo debido a las múltiples capas necesarias. Otro inconveniente que tienen es que pueden ser dañados por objetos afilados. Por el contrario, no se ven afectados por elementos externos como polvo o agua, razón por la cual son el tipo más usado en la actualidad.

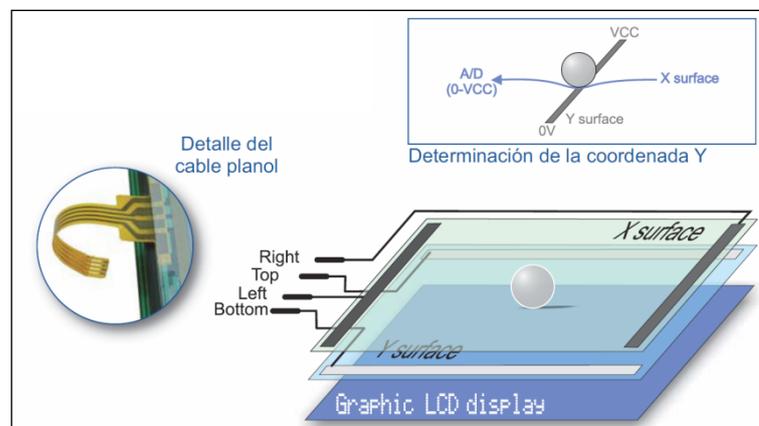


Figura 2.5: Panel táctil resistivo

Los paneles resistivos tienen la ventaja de que pueden ser usados con cualquier objeto, un dedo, un lápiz, un dedo con guantes, etc. Son económicos, fiables y versátiles. Por el contrario, al usar varias capas de material transparente sobre la propia pantalla, se pierde bastante luminosidad. Además, el tratamiento conductor de la pantalla táctil es sensible a la luz ultravioleta, de tal forma que con el tiempo se degrada perdiendo flexibilidad y transparencia.

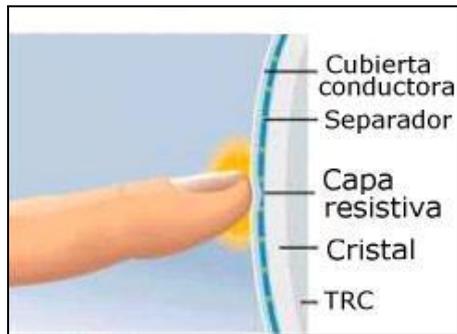


Figura 2.6: Presión sobre panel táctil resistivo

### a. Pantalla táctil

Una pantalla LCD gráfica con un panel táctil son la mejor elección para realizar proyectos con interfaz sencilla e intuitiva, porque juntos constituyen una pantalla táctil (GLCD + panel táctil = pantalla táctil). De esta manera, con un reducido número de componentes electrónicos se puede crear un dispositivo atractivo y fácil de usar.

### 2.4.2. PANEL TÁCTIL CAPACITIVO

Una panel táctil capacitivo está cubierto con un material, habitualmente óxido de indio y estaño que conduce una corriente eléctrica continua a través del sensor. El sensor por tanto muestra un campo de electrones controlado con precisión tanto en el eje vertical como en el horizontal, es decir, adquiere capacitancia.

El cuerpo humano también se puede considerar un dispositivo eléctrico en cuyo interior hay electrones, por lo que también dispone de capacitancia. Cuando el campo de capacitancia normal del sensor (su estado de referencia) es alterado por otro campo de capacitancia, como puede ser el dedo de una persona, los circuitos electrónicos situados en cada esquina de la pantalla miden la distorsión resultante en la onda senoidal característica del campo de referencia. Posteriormente envían la información acerca de este evento al controlador para su procesamiento matemático. Los sensores capacitivos deben ser tocados con un dispositivo conductor en contacto directo con la mano o con un dedo, al

contrario que las pantallas resistivas o de onda superficial en las que se puede utilizar cualquier objeto.

Estos paneles no se ven afectados por elementos externos y tienen una alta claridad, pero su complejo procesamiento de la señal hace que su coste sea elevado. La mayor ventaja que presentan sobre las pantallas resistivas es su alta sensibilidad y calidad.

## **2.5. COMUNICACIONES SERIALES**

Un puerto serie o puerto serial es una interfaz de comunicaciones de datos digitales, frecuentemente utilizado por computadoras y periféricos, donde la información es transmitida bit a bit enviando un solo bit a la vez, en contraste con el puerto paralelo que envía varios bits simultáneamente.

La comparación entre la transmisión en serie y en paralelo se puede explicar usando una analogía con las carreteras. Una carretera tradicional de un solo carril por sentido sería como la transmisión en serie, y una autovía con varios carriles por sentido sería la transmisión en paralelo, siendo los vehículos los bits que circulan por el cable.

### **2.5.1. COMUNICACIÓN ASINCRÓNICA**

La comunicación se establece usando un protocolo de transmisión asíncrono. En este caso, se envía en primer lugar una señal inicial anterior a cada byte, carácter o palabra codificada. Una vez enviado el código correspondiente se envía, inmediatamente, una señal de parada después de cada palabra codificada.

La típica transmisión inicio – parada es la que se usa en la transmisión de códigos ASCII a través del puerto RS232, como la que se establece en las operaciones con teletipos.

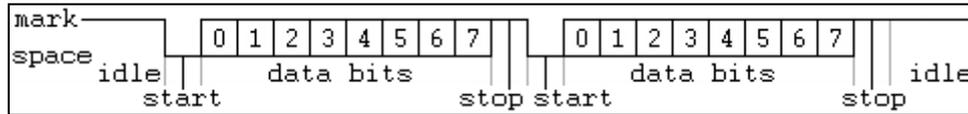


Figura 2.7: Esquematación de comunicación serial asincrónica

### a. Puerto RS232

El puerto serie RS232 (también conocido como COM) es del tipo asincrónico, utiliza cableado simple desde 3 hilos hasta 25 y conecta computadoras o microcontroladores a todo tipo de periféricos, desde terminales a impresoras y módems.

La interfaz RS232 está diseñada para distancias cortas, de hasta 15 metros según la norma, y para velocidades de comunicación bajas, de no más de 20Kbps. A pesar de ello, muchas veces se utiliza a mayores velocidades con un resultado aceptable.

Generalmente cuando se requiere conectar un microcontrolador (con señales típicamente entre 3.3 y 5V) con un puerto RS232 estándar, se utiliza un driver de línea, típicamente un MAX232 o compatible. Este utiliza dobladores de voltaje positivos y negativos, permite obtener señales bipolares (típicamente alrededor de +/- 12V) requeridas por el estándar.

### b. Transceptor MAX232

El MAX232 es un transceptor de doble transmisor / receptor que incluye un generador de tensión capacitivo para abastecer los niveles de voltaje de RS232, desde una sola fuente de 5V.

Cada receptor convierte entradas RS232 a niveles TTL / CMOS de 5V. Estos receptores tienen un umbral típico de 1,3V y una histéresis típica de 0,5V. Pueden aceptar entradas de  $\pm 30V$ .

Cada transmisor convierte niveles de entrada TTL / CMOS en niveles de RS232.

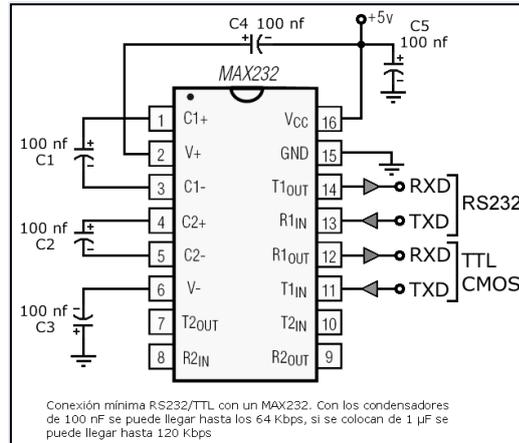


Figura 2.8: MAX232

## 2.6. INTERFACES DE POTENCIA

### 2.6.1. RELÉS AUTOMOTRICES

Conocidos también como relevadores, estos dispositivos forman parte del sistema eléctrico del automóvil y es posible encontrar docenas de ellos en los modelos recientes.

Las luces altas, el claxon, el electroventilador, son accesorios del automóvil que trabajan con corriente eléctrica. Algo que poseen en común es su alto consumo de corriente, es decir, que en sus circuitos la intensidad de corriente es alta. Para que puedan conducir esta corriente, los cables deben ser de un calibre suficiente para soportar el trabajo sin recalentarse. Muchas veces esos cables deben recorrer largas distancias desde el interior de la cabina, el tablero de instrumentos y el mismo compartimiento del motor.

Los ingenieros utilizan los relés en estos casos para lograr que mediante un circuito de poco consumo o intensidad de corriente se pueda operar un dispositivo de alto consumo, reduciendo así el tamaño de los interruptores, aligerando el peso del automóvil, y minimizando los riesgos de cortos circuitos.

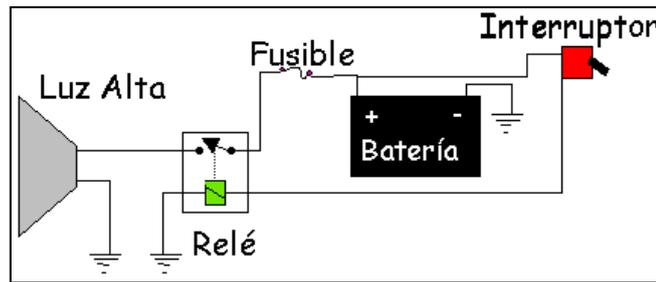


Figura 2.9: Circuito básico de un relé

Los relés existen de diferentes tipos y capacidades. Los más usados son los de 4 terminales, 2 para el actuador y los otros 2 para el contacto.

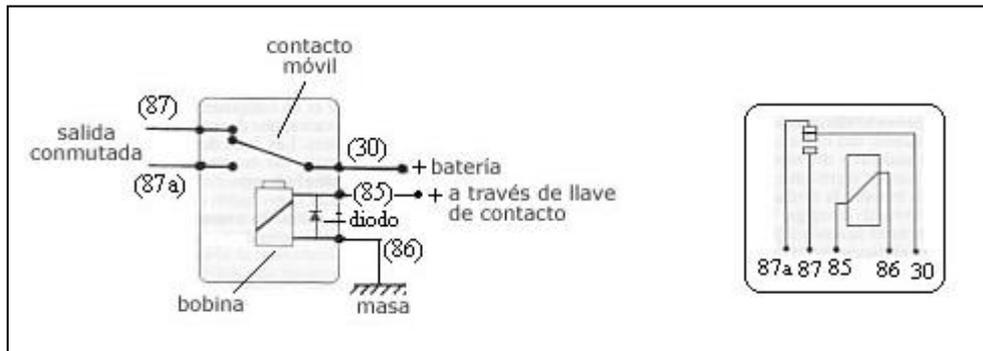


Figura 2.10: Símbolo comercial del relé

### 2.6.2. ARREGLO DE DARLINGTONS ULN2003

En el interior del ULN2003 existen 8 transistores NPN Darlington, es un circuito integrado ideal para ser utilizado como interfaz entre las salidas de cualquier integrante de las familias TTL o CMOS y dispositivos que necesiten una corriente más elevada para funcionar, como un relé o un motor DC.

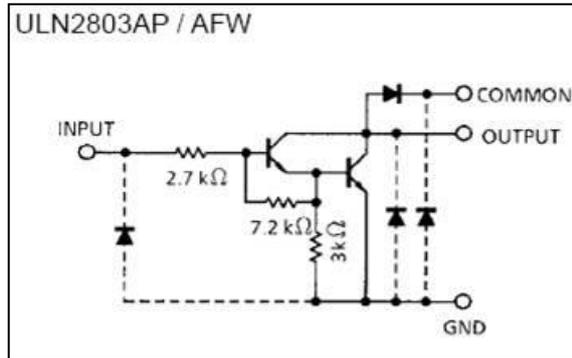


Figura 2.11: Diagrama esquemático del ULN2003

Las salidas del ULN2003 son de colector abierto y se dispone de un diodo en cada una para evitar las corrientes inversas. El circuito integrado está especialmente diseñado para ser compatible con entradas TTL.

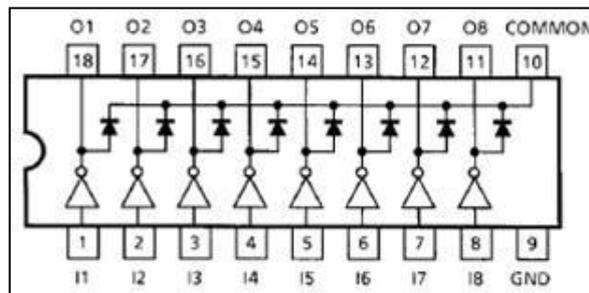


Figura 2.12: Configuración de pines del ULN2003

### 2.6.3. TRANSISTORES MOSFET DE POTENCIA

MOSFET son las siglas de METAL OXIDE SEMICONDUCTOR FIELD EFFECT TRANSISTOR. Consiste en un transistor de efecto de campo basado en la estructura MOS. Es el transistor más utilizado en la industria microelectrónica. Prácticamente la totalidad de los circuitos integrados de uso comercial están basados en transistores MOSFET.

Un transistor MOSFET consiste en un sustrato de material semiconductor dopado en el que mediante técnicas de difusión de dopantes, se crean dos islas de tipo opuesto separadas por un área sobre la cual se hace crecer una capa de dieléctrico culminada por una capa de conductor. Los transistores MOSFET se

dividen en dos tipos fundamentales dependiendo de como se haya realizado el dopaje:

- Tipo nMOS: Sustrato de tipo p y difusiones de tipo n.
- Tipo pMOS: Sustrato de tipo n y difusiones de tipo p.

Las áreas de difusión se denominan fuente (SOURCE) y drenaje (DRAIN), y el conductor entre ellos es la puerta (GATE).

#### **a. MOSFET IRF9530**

Las ventajas que presenta este transistor ante los bipolares es su gran resistencia a altas temperaturas de operación y manejo de corriente mucho mayor. Además, cuando se excita tiene una resistencia fuente – drenaje muy pequeña, lo que provoca una caída de potencia menor en su interior.

Las características importantes del IRF9530 son:

- Corriente de drenaje continua ( $I_D$ ) a 100°C, 8.2A.
- Temperatura de operación de 175°C.
- Facilidad de paralelaje.
- Resistencia fuente – drenaje ( $R_{DSon}$ ) de 0.30Ω.
- Diodo interno en antiparalelo.

## **2.7. GENERALIDADES SOBRE ADQUISICIÓN DE DATOS EN SISTEMAS DIGITALES**

### **2.7.1. CRITERIOS EMPLEADOS EN EL MUESTREO DE DATOS**

La adquisición de datos o adquisición de señales, consiste en la toma de muestras del mundo real (sistema analógico) para generar datos que puedan ser manipulados por un ordenador u otros sistemas digitales. Consiste, en tomar un conjunto de señales físicas, convertirlas en tensiones eléctricas y digitalizarlas de

manera que se puedan procesar. Se requiere una etapa de acondicionamiento, que adecúa la señal a niveles compatibles con el elemento que hace la transformación a señal digital.

#### **a. Dato**

Representación simbólica (numérica, alfabética), atributo o característica de un valor. No tiene sentido en sí mismo, pero convenientemente tratado (procesado) se puede utilizar en la relación de cálculos o toma de decisiones.

#### **b. Adquisición**

Recogida de un conjunto de variables físicas, conversión en voltaje y digitalización, de manera que se puedan procesar en un ordenador.

#### **c. Sistema**

Conjunto organizado de dispositivos que interactúan entre sí ofreciendo prestaciones más completas y de más alto nivel. Una vez que las señales eléctricas se transformaron en digitales, se envían a través del bus de datos a la memoria del PC. Una vez que los datos están en memoria pueden procesarse con una aplicación adecuada.

#### **d. Bits de resolución**

Número de bits que el convertidor analógico a digital (ADC) utiliza para representar una señal.

#### **e. Rango**

Valores máximo y mínimo entre los que el sensor, instrumento o dispositivo funcionan bajo unas especificaciones.

## **f. Teorema de Nyquist**

Al muestrear una señal, la frecuencia de muestreo debe ser mayor que dos veces el ancho de banda de la señal de entrada, para poder reconstruir la señal original de forma exacta a partir de sus muestras. En caso contrario, aparecerá el fenómeno del ALIASING que se produce al infra – muestrear. Si la señal sufre ALIASING, es imposible recuperar el original. Velocidad de muestreo recomendada:

- Dos veces la frecuencia mayor (medida de frecuencia)
- Diez veces la frecuencia mayor (detalle de la forma de onda)

Los componentes de los sistemas de adquisición de datos, poseen sensores adecuados que convierten cualquier parámetro de medición de una señal eléctrica, que se adquiere por el hardware de adquisición de datos. Los datos adquiridos se visualizan, analizan, y almacenan en un ordenador, ya sea utilizando el proveedor de software suministrado u otro software.

Un sistema típico de adquisición utiliza sensores, transductores, amplificadores, convertidores analógico - digital (A/D) y digital - analógico (D/A), para procesar información acerca de un sistema físico de forma digitalizada.

## **CAPÍTULO 3**

### **3. REQUERIMIENTOS DEL DISPOSITIVO**

#### **3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL**

El dispositivo es un sistema digital de control y monitoreo. Dentro del automóvil, sus funciones principales son facilitar el control de los sistemas eléctricos y permitir la visualización de sus variables de funcionamiento.

Los diversos mecanismos implementados en el sistema permiten:

- Sensar de manera precisa los parámetros implicados en el funcionamiento del motor y vehículo.
- Visualizar gráficamente y en tiempo real el valor de las variables muestreadas.
- Manejar un panel táctil sobre botones virtuales que consienten el encendido de ciertos sistemas eléctricos en el automóvil.
- Proveer alimentación de corriente suficiente a los diferentes sistemas eléctricos del motor y vehículo.

#### **3.2. REQUISITOS DEL SISTEMA**

Los requisitos se detallan teniendo en cuenta las condiciones del ambiente de trabajo, las especificaciones de potencia y las actividades que realiza.

##### **3.2.1. REQUISITOS EN BASE AL AMBIENTE DE TRABAJO**

- Inmunidad al ruido eléctrico producido por las altas temperaturas de trabajo del motor.
- Insensibilidad a la interferencia eléctrica generada en especial por cargas inductivas como el automático del arranque, motor de arranque, bobinas de relés, bobina de encendido, entre otros.

- Indemnidad a vibraciones producidas por la inestabilidad del motor o por las irregularidades del terreno.
- Capacidad de funcionamiento en temperaturas de trabajo comprendidas en los estándares industriales (menores a 85°C).
- Impacto moderado en los sistemas del vehículo y motor.

### **3.2.2. REQUISITOS EN BASE A ESPECIFICACIONES DE POTENCIA**

- Consumo mínimo de corriente en STAND BY, para evitar descarga de la batería cuando el vehículo está apagado.
- Manejo de potencia suficiente para conmutar las interfaces de potencia y asegurar con esto fiabilidad en la administración de sistemas eléctricos que requieren grandes cantidades de corriente.
- Protección contra conexión invertida y sobre voltaje, para evitar daños prematuros y permanentes en el dispositivo.

### **3.2.3. REQUISITOS EN BASE AL DESEMPEÑO SOLICITADO**

- Exactitud en la base de tiempo utilizada como referencia para la medición de frecuencia de señales y períodos de muestreo.
- Mínimo margen de error en lectura e interpretación de señales análogas y pulsantes.
- Alta velocidad de adquisición, procesamiento y ejecución.
- Interfaz gráfica explícita y legible tanto para la visualización de variables muestreadas, como para el modelado del teclado virtual.
- Panel táctil sensible al manejo dactilar o mediante lápiz.
- Oportunidad de comunicación con dispositivos externos con el objeto de expandir sus aplicaciones.
- Versatilidad en interfaces analógicas para permitir que el sistema sea aplicado en más de un tipo de vehículo, con ciertas modificaciones en el hardware.
- Vida útil larga con mantenimiento mínimo.

### 3.3. APROXIMACIÓN EN BLOQUES

El diagrama de bloques se considera como una representación gráfica del hardware interno y de solución dentro del sistema, además define el proceso interno en cuanto a su organización, sus entradas de información y sus salidas de respuesta.

### 3.4. APROXIMACIÓN

La concepción básica del dispositivo se basa en bloques agrupados en subsistemas, de acuerdo a sus funciones generales (sensado, procesamiento control, visualización, y respuesta), tal como se muestra en la siguiente figura:

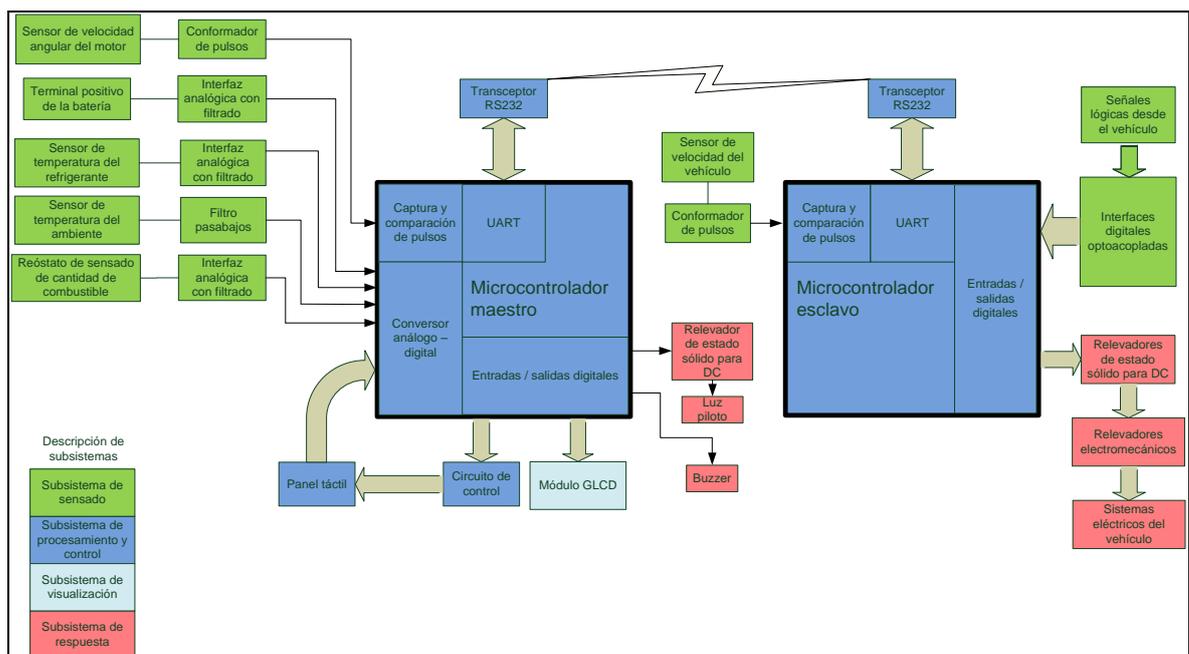


Figura 3.1: Diagrama de bloques del sistema

#### 3.4.1. SUBSISTEMA DE SENSADO

Este subsistema se encarga básicamente de la adquisición y acondicionamiento de variables (tanto continuas, como discretas) implicadas en el funcionamiento del motor y de los sistemas eléctricos.

### **a. Sensado de señales continuas**

Las señales continuas útiles en la gestión del motor son la temperatura de funcionamiento, cantidad de combustible y voltaje en el acumulador. Se toma en cuenta la temperatura del ambiente, como un dato adicional.

A excepción de la lectura de temperatura del ambiente, se usa divisores resistivos para reducir los voltajes relativamente altos provenientes de los elementos de sensado. Esto debido a que el conversor análogo – digital de cualquier microcontrolador no admite voltajes mayores a los TTL. Para la medición de tensión, existe protección adicional contra picos de voltaje generados por el alternador; éstos se producen en aquel instante en que se quita contacto del motor y el regulador de voltaje del sistema de carga deja de funcionar. Además, se implementan filtros pasabajos pasivos que atenúan componentes de alta frecuencia, adheridas a todas las señales continuas muestreadas.

### **b. Sensado de señales pulsantes**

En los motores gasolina, la velocidad angular se toma desde la señal de conmutación de la (s) bobina (s) de encendido. Una desventaja de este método es que existe deterioro térmico en los componentes utilizados para mitigar altos voltajes. En base al criterio anterior, el sistema adquiere la señal de RPM directamente desde un sensor magnético ubicado en la polea del cigüeñal. Cierta circuito realiza la conformación de pulsos al transformar señales imperfectas, en señales digitales de amplitud 5V.

El mismo criterio se aplica a la medición de la velocidad del vehículo, al utilizar otro sensor magnético ubicado en el cardán. La aplicación de este sensor, permite que la variable de velocidad lineal del móvil sea calibrada en función del diámetro de las ruedas y de la relación de transmisión del diferencial.

### **c. Sensado de señales discretas**

Por último, las señales lógicas corresponden a la activación del freno de estacionamiento, existencia de presión de lubricante, funcionamiento del sistema de carga de la batería, encendido de luces altas y activación de direccionales. Todas ellas se verifican mediante optoacopladores que transforman señales de 0 ó 12V no regulados, en niveles TTL correspondientes, con la ventaja de aislar eléctricamente los dos tipos de voltajes.

### **3.4.2. SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO Y CONTROL**

Aquí, dos microcontroladores realizan funciones concretas y diferenciadas. Utilizan comunicación serial asincrónica para compartir las variables necesarias en el funcionamiento del sistema.

A pesar de que los dos microcontroladores cumplen funciones de procesamiento, se ha creído conveniente clasificarlos como maestro y esclavo.

#### **a. Controlador maestro**

El primer controlador, base fundamental del mecanismo, digitaliza la información proveniente del motor y del vehículo, las transforma en visualizaciones digitales y gráficas fáciles de interpretar. Además, establece la interfaz gráfica – táctil de control de accesorios. Posee hardware y firmware necesarios para realizar las siguientes funciones:

- Transformar todas las variables análogas en digitales, con alta resolución y error mínimo, para posteriormente convertirlas en representaciones numéricas y gráficas enviadas al subsistema de visualización.
- Medir la frecuencia de la señal pulsante proveniente del sensor de velocidad angular del motor, por el método de medición de ancho de pulso.
- Convertir los valores numéricos en caracteres ASCII, para enviarlos al subsistema de visualización.

- Convertir los valores numéricos en representaciones gráficas de incremento o decremento, para enviarlas al subsistema de visualización.
- Manejar el circuito de control del panel táctil y leer los voltajes de respuesta de este según la posición bidimensional del punto donde el usuario ha ejercido presión.
- Convertir la respuesta analógica del panel táctil, en un mapa virtual digitalizado bidimensional, cuya unidad mínima sea un píxel.
- Enviar comandos seriales asincrónicos hacia el microcontrolador esclavo, dependiendo de los sistemas eléctricos que desee controlar el usuario al presionar la pantalla táctil.
- Recibir información desde el microcontrolador esclavo, correspondiente al estado de las variables discretas y de la velocidad lineal del vehículo.

#### **b. Controlador esclavo**

Este microcontrolador se convierte en el ejecutante de los comandos seriales enviados por el controlador maestro. Entre sus funciones se encuentran:

- Medir la frecuencia de la señal pulsante proveniente del sensor de velocidad lineal del vehículo, por el método de medición de ancho de pulso.
- Leer las señales discretas tomadas desde los sistemas del automóvil.
- Transformar las variables medidas, en información entendible para el controlador maestro, a fin de enviarlas mediante comunicación serial.
- Interpretar los comandos seriales recibidos y activar o desactivar las señales de control de los distintos sistemas eléctricos del vehículo.

#### **3.4.3. SUBSISTEMA DE VISUALIZACIÓN**

Este subsistema comprende al dispositivo que permite visualizar (en caracteres alfanuméricos y de manera gráfica), los valores de todas las variables que han sido digitalizadas. Aquí, el usuario observa el resultado del proceso de monitoreo digital.

Una función adicional del subsistema de visualización, es mostrar gráficamente los botones utilizados por el usuario como referencia para presionar el panel táctil.

Para todo esto, existe un módulo GLCD con comunicación paralela al subsistema de procesamiento y control.

#### **3.4.4. SUBSISTEMA DE RESPUESTA**

Comprende los transistores de potencia con sus correspondientes interfaces. Su función es transformar las salidas digitales provenientes del microcontrolador esclavo, en suministros de corriente considerable. Estas permiten realizar las siguientes funciones:

- Administrar el suplemento de corriente necesario para activar / desactivar los sistemas eléctricos del vehículo.
- Encender la lámpara testigo (luz piloto).
- Encender la señal audible (buzzer).

## **CAPÍTULO 4**

### **4. DESARROLLO**

#### **4.1. CARACTERIZACIÓN DEL HARDWARE**

A pesar de que la concepción del dispositivo es de aplicación universal, el vehículo escogido para su implementación influyó de manera contundente en su caracterización.

El auto sobre el que se implementó el sistema es un todo terreno marca Suzuki, modelo Hormiga. Este vehículo tenía el tablero y los sistemas eléctricos en total deterioro, particularidades que hicieron muy favorable su readecuación. Luego de colocar el módulo en éste automóvil, es posible su aplicación en vehículos livianos, con ligeros cambios en la parte electrónica y de control.

A continuación se realiza la determinación de los componentes y su configuración, de manera que puedan apegarse a los requisitos del sistema y a las funciones concebidas en el diagrama de bloques.

##### **4.1.1. SUBSISTEMA DE SENSADO**

###### **a. Velocidad angular del motor**

Para reducir la dificultad en la implementación del sistema, se utilizó un sensor de efecto hall, dispuesto para medir la velocidad del cigüeñal y asistido por una rueda fónica colocada en su polea. Este dispositivo pertenece a la marca SSANG YONG – MERCEDES BENZ.

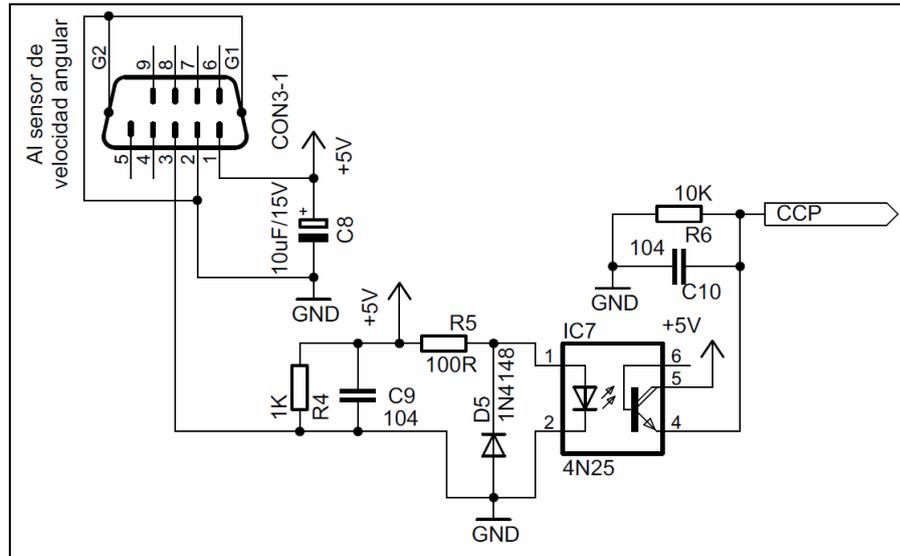


Figura 4.1: Circuito de determinación de velocidad angular del motor

Se puede observar que la fuente del sistema proporciona la alimentación de voltaje hacia el sensor a través de los pines 1 y 2 de CON3-1, y el retorno de la señal pulsante se recibe en el pin 3.

La particularidad del circuito radica en que cuando el sensor proporciona señal, conecta tierra, polarizando a la vez el IRLED del optoacoplador en serie con la resistencia limitadora de corriente R5. El diodo D5 en conexión antiparalela, impide que voltajes reversos polaricen inversamente y quemen el delicado LED del optoacoplador.

Para un voltaje de 5V proporcionado por la fuente y una caída de voltaje máxima de 1.35V en el IRLED, circulan 36.5mA en el circuito emisor.

$I_{F\text{ mínima}} = \frac{V_{\text{mínimo}} - V_{\text{IRLED}}}{R}$	<p>Ecuación 4.1: Corriente mínima a través del LED de un optoacoplador</p>
--	--

$$I_{\text{mínima}} = \frac{5V - 1.35V}{100\Omega} = 36.5mA$$

Con una corriente de 0.512mA consumida por R6 en configuración PULL DOWN y de 15µA requerida por la entrada del microcontrolador maestro, el ratio de transferencia de corriente máximo requerido por el sistema es de 0.135.

$CTR_{m\acute{a}ximo} = \frac{I_{C\ m\acute{a}ximo}}{I_{F\ m\acute{i}nima}}$	Ecuación 4.2: Radio de transferencia en un optoacoplador
--	--

$$CTR_{m\acute{a}ximo} = \frac{0.512mA + 15\mu A}{36.5mA} = 0.0144$$

El CTR requerido es muy inferior al especificado para esa corriente en el diagrama de la figura 4.2 (CTR=0.2), lo que afianza su operación para condiciones severas.

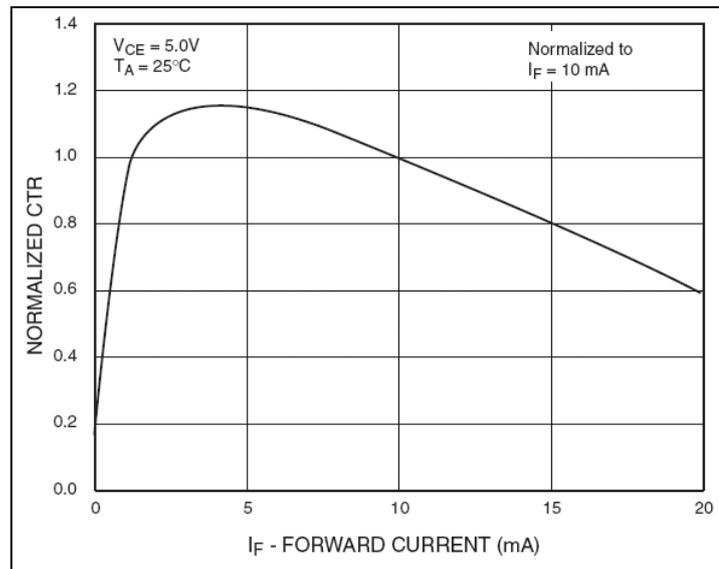


Figura 4.2: Diagrama CTR vs  $I_F$ , extraído de la hoja de datos del Fairchild 4N25

Tanto C9 como C10 se comportan como cortocircuitos ante los cambios bruscos de voltaje. También evitan que los picos de interferencia, se desplacen hacia el medidor de ancho de pulso del microcontrolador maestro.

## b. Velocidad lineal del vehículo

Para la determinación de esta variable se utiliza el mismo circuito diseñado para la lectura de velocidad angular del motor. La diferencia marcada con el anterior circuito se encuentra en que esta señal es tomada en otro microcontrolador, el esclavo. En el caso de que se midiesen dos señales pulsantes por el método de determinación de ancho de pulso en el mismo microcontrolador, habría tolerancias significativas en el instante en que las dos señales coincidan en fase.

El sensor mencionado se colocó, conjuntamente con una rueda fónica, en la brida que une el cardán con el eje de salida de la caja de cambios.

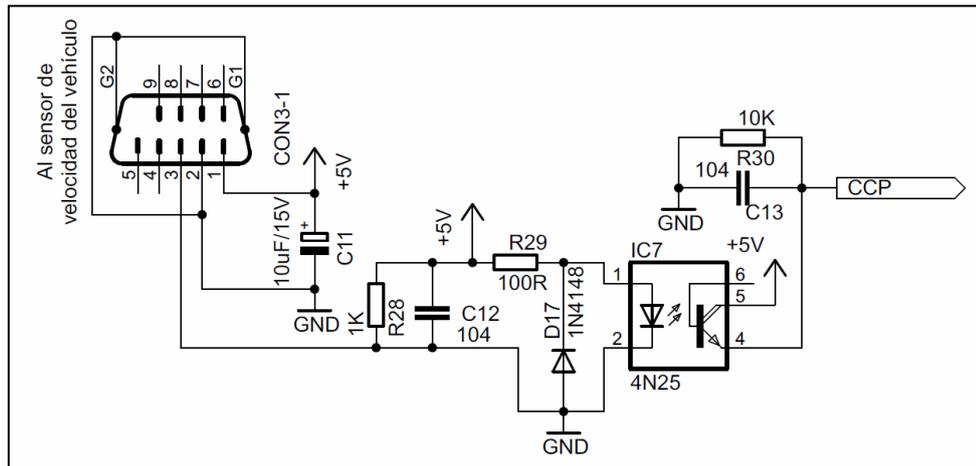


Figura 4.3: Circuito de determinación de velocidad lineal del vehículo

## c. Voltaje del acumulador

Conociendo que el voltaje de carga tolerado para un sistema de 12V está entre 13,8 y 14,4V, es necesario leer el valor directamente desde el acumulador a través de un divisor de tensión. El siguiente esquema aclara lo indicado:

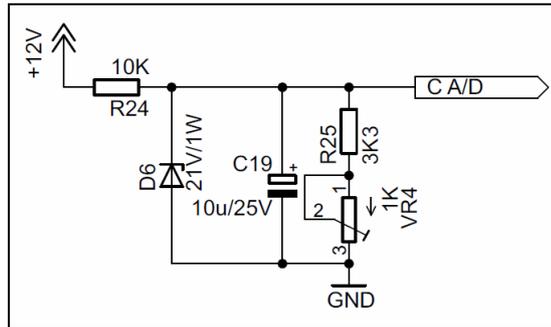


Figura 4.4: Circuito de medición de voltaje

En la figura 4.4, el divisor de voltaje formado por R24, R25 y VR4 (calibrado en 33.33 $\Omega$ ) mitiga en 4 veces el voltaje hacia el conversor análogo digital. Esto permite medir un máximo de 20V, antes del divisor. Lo anterior se debe a que el voltaje en el conversor del microcontrolador no tiene que sobrepasar la tensión de referencia, ajustada en este caso en 5V.

$V_{salida} = V_{entrada} \frac{(R_{25} + VR_4)}{(R_{25} + VR_4) + R_{24}}$	Ecuación 4.3: Divisor de voltaje
---	----------------------------------

$$V_{m\acute{a}ximo} = 20V \frac{(3.3K + 33.3)\Omega}{(3.3K + 33.3)\Omega + 10K\Omega} = 5.0V$$

R24 y C19 forman un filtro pasabajo cuya frecuencia de corte superior es 1.6Hz.

$f_{corte} = \frac{1}{2\pi \cdot R_{24} \cdot C_{19}}$	Ecuación 4.4: Frecuencia de corte de filtro pasabajo RC
--	---

$$f_{corte} = \frac{1}{2\pi \cdot 10K\Omega \cdot 10\mu F} = 1.6Hz$$

La misma resistencia R24 limita a 2.9mA la corriente que circula a través del zener D6, cuando el voltaje en la entrada sobrepasa los 21V. Para el diseño se tomó un voltaje de entrada máximo de 50V, generado por el alternador cuando se quita contacto.

$I_{m\acute{a}xima} = \frac{V_{entrada} - V_z}{R_{25}}$	Ecuación 4.5: Corriente a través de un regulador resistencia – zener
---	--

$$I_{m\acute{a}xima} = \frac{50V - 21V}{10K\Omega} = 2.9mA$$

La potencia disipada por el zener cuando el voltaje toma su valor máximo, es de 60.9mW. Este valor es menor a su potencia nominal de 1W.

$P_{m\acute{a}xima} = I_{m\acute{a}xima} \cdot V_z$	Ecuación 4.6: Potencia disipada por un diodo zener
---	--

$$P_{m\acute{a}xima} = 2.9mA \cdot 21V = 60.9mW$$

#### d. Temperatura del refrigerante

Esta señal se toma en el punto de conexión entre la bobina del medidor y el sensor de temperatura. El máximo voltaje que se medirá corresponde al valor nominal del regulador de voltaje que incorpora el sistema (9V).

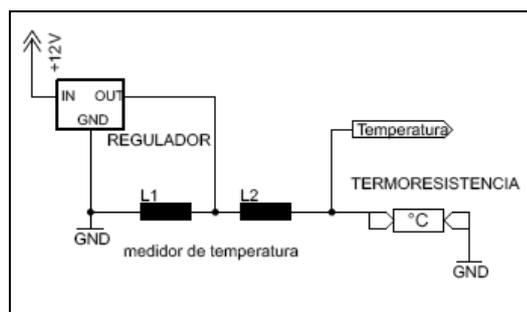


Figura 4.5: Conexión del medidor de temperatura

Al no conocerse la hoja de datos del sensor, se interpreta en el microcontrolador mediante cierto modelo matemático de tendencia (función de transferencia aproximada), obtenido mediante la implementación de una tabla de valores. Estas características que se detallan posteriormente en la sección del firmware.

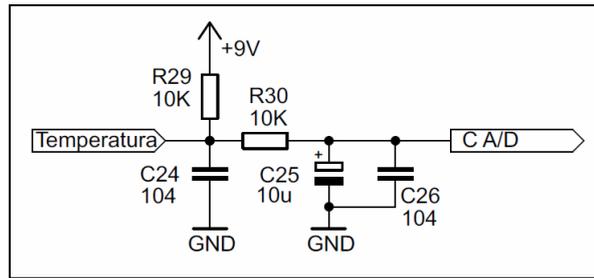


Figura 4.6: Circuito de medición de temperatura

En la figura 4.6, la resistencia R29 forma un divisor de voltaje directamente con el sensor de temperatura, conectado entre el pin de la placa y masa, como se apreció en la figura 4.5. Los elementos R30 y C25 forman un polo, utilizado como filtro pasabajo para mitigar posibles componentes de interferencia eléctrica. La frecuencia de corte es de 1.6Hz y se calcula utilizando la ecuación 4.4.

#### e. Temperatura del ambiente

Para esta medición fue seleccionado el sensor LM35 de NATIONAL. Sus características relevantes para la concepción del proyecto son:

- Precisión calibrada de 1°C y rango de medición que abarca desde -55° a +150°C.
- Presentación en diferentes encapsulados, siendo el más común el to-92.
- Respuesta lineal equivalente a 10mV/°C.
- Baja impedancia de salida.
- Bajo costo.
- Rango de alimentación comprendido entre 4 y 30 voltios.
- Baja corriente de alimentación (60uA).

Como se puede observar en la figura 4.7, el LM35 tiene una conexión sumamente sencilla, salvo el capacitor de desacople C17, que evita la inserción de corrientes parásitas. El circuito formado por R23 y C17, suaviza el voltaje de respuesta, para evitar fluctuaciones significantes.



### g. Señales lógicas desde el vehículo

Existencia de presión del lubricante, funcionamiento del sistema de carga, activación de los direccionales derecho e izquierdo, son señales tomadas directamente desde los sistemas eléctricos del vehículo. La configuración mostrada en la figura 4.10 aclara lo mencionado.

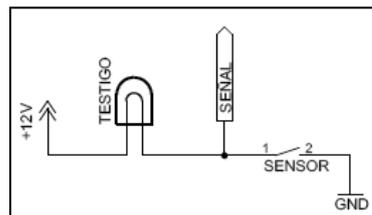


Figura 4.10: Adquisición de señales lógicas desde los sistemas eléctricos del vehículo

Cualquier piloto se enciende cuando se le deriva tierra o corriente, según corresponda; en este instante se cierra también el circuito del IRLED del optoacoplador, provocando que circule corriente entre emisor y receptor. Para un voltaje mínimo de 10V en el suministro de corriente del automóvil y una caída de voltaje máxima de 1.35V en el LED, según la ecuación 4.1 circulan 2.6mA.

$$I_{\text{mínima}} = \frac{10V - 1.35V}{3.3K\Omega} = 2.6mA$$

Según la figura 4.2, con 2.6mA se consigue un CTR de 1.1. Este dato indica que puede circular hasta 2.86mA entre emisor y colector del receptor del 4N25. Aquel valor es suficiente para polarizar los pines de entrada del microcontrolador. El diodo en antiparalelo protege al LED del optoaislador, de picos de voltaje provocados por la conmutación de bobinas de relés o cargas inductivas, situación muy común en cualquier automóvil.

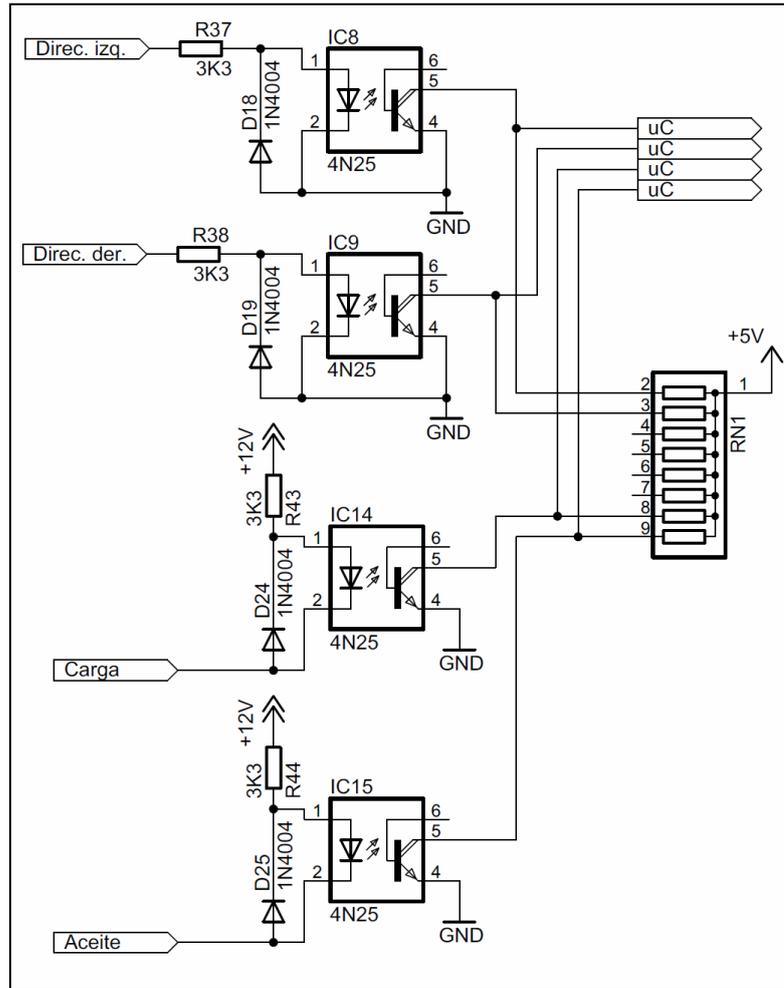


Figura 4.11: Adquisición de señales lógicas desde el sistema de gestión del motor

#### 4.1.2. SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO Y CONTROL

##### a. Microcontrolador maestro

El PIC18F452 se encarga del procesamiento de la información, al adquirir todos los datos de las variables externas, manipularlos y entregarlos de forma adecuada para la visualización y envío remoto de comandos.

##### a.1 Conexión del microcontrolador maestro

La siguiente tabla resume el destino de conexión de cada uno de los pines del microcontrolador. Define además si son entradas o salidas, y en el caso de ser entradas, si estas son análogas o digitales.

Una característica especial de configuración del hardware del microcontrolador es que la referencia del convertor análogo – digital es el mismo voltaje de alimentación (5V).

Tabla 4.1. Configuración de puertos del microcontrolador maestro

	<i>NOMBRE</i>	<i>PIN</i>	<i>E/S</i>	<i>A/D</i>	<i>FUNCIÓN / OBSERVACIÓN</i>
<b>PORTA</b>	RA0/AN0	2	E	A	POSICIÓN X PANEL TÁCTIL
	RA1/AN1	3	E	A	POSICIÓN Y PANEL TÁCTIL
	RA2/AN2	4	E	A	VOLTAJE DE BATERÍA
	RA3/AN3	5	E	A	TEMPERATURA DEL AMBIENTE
	RA4/T0CKI	6	-	-	-
	RA5/AN4	7	E	A	NIVEL DE COMBUSTIBLE
<b>PORTB</b>	RB0/INT0	33	S	D	LUZ PILOTO
	RB1/INT1	34	S	D	BUZZER
	RB2/INT2	35	S	D	ACTIVACIÓN DE BACKLIGHT GLCD
	RB3/CCP2	36	S	D	WD MÓDULO GLCD
	RB4	37	S	D	RD MÓDULO GLCD
	RB5/PGM	38	S	D	CE MÓDULO GLCD
	RB6/PGC	39	S	D	C/D MÓDULO GLCD
	RB7/PGD	40	S	D	RST MÓDULO GLCD
<b>PORTC</b>	RC0/T1OSO	15	-	-	-
	RC1/T1OSI/CCP2	16	E	D	SEÑAL DE VELOCIDAD ANGULAR DEL MOTOR
	RC2/CCP1	17	-	-	-
	RC3/SCK/SCL	18	-	-	-
	RC4/SDI/SDA	23	S	D	CONTROL DE PANEL TÁCTIL
	RC5/SDO	24	S	D	CONTROL DE PANEL TÁCTIL
	RC6/TX/CK	25	S	D	RECEPTOR MICROCONTROLADOR ESCLAVO
	RC7/RX/DT	26	E	D	TRANSMISOR MICROCONTROLADOR ESCLAVO
<b>PORTD</b>	RD0/PSP0	19	S	D	DB0 MÓDULO GLCD
	RD1/PSP1	20	S	D	DB1 MÓDULO GLCD
	RD2/PSP2	21	S	D	DB2 MÓDULO GLCD
	RD3/PSP3	22	S	D	DB3 MÓDULO GLCD
	RD4/PSP4	27	S	D	DB4 MÓDULO GLCD
	RD5/PSP5	28	S	D	DB5 MÓDULO GLCD
	RD6/PSP6	29	S	D	DB6 MÓDULO GLCD
	RD7/PSP7	30	S	D	DB7 MÓDULO GLCD
<b>PORTE</b>	RE0/AN5	8	E	A	TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE
	RE1/AN6	9	-	-	-
	RE2/AN7	10	-	-	-

## a.2 Panel táctil

Para conectar el panel táctil al microcontrolador, es preciso utilizar el circuito de control indicado en la figura 4.12. Por medio de este circuito, el microcontrolador conecta los contactos adecuados del panel táctil a masa y a tensión de alimentación para determinar las coordenadas X e Y, alternadamente.

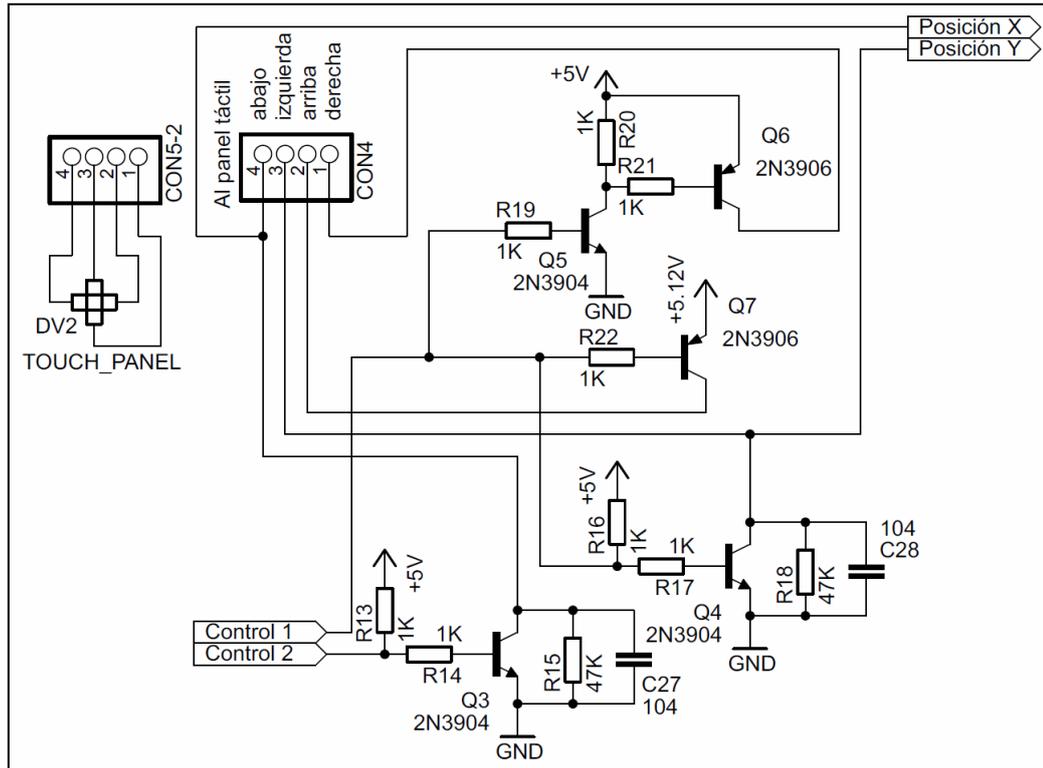


Figura 4.12: Circuito de control del panel táctil

El contacto inferior de la superficie Y y el contacto izquierdo de la superficie X están conectados al convertor A/D del microcontrolador. Las coordenadas X e Y se determinan midiendo la tensión en los respectivos contactos.

## b. Microcontrolador esclavo

El PIC18F452 es usado esencialmente para recibir comandos seriales y encender o apagar los distintos sistemas eléctricos del automóvil.

### b.1 Conexión del microcontrolador esclavo

El destino de conexión de los pines del microcontrolador se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 4.2. Configuración de puertos del microcontrolador esclavo

	NOMBRE	PIN	E/S	A/D	FUNCIÓN / OBSERVACIÓN
PORTA	RA0/AN0	2	E	D	ENTRADA LÓGICA DE PROPÓSITO GENERAL
	RA1/AN1	3	E	D	PILOTO DE CARGA
	RA2/AN2	4	E	D	PILOTO DE PRESIÓN DE ACEITE
	RA3/AN3	5	E	D	ENTRADA LÓGICA DE PROPÓSITO GENERAL
	RA4/T0CKI	6	E	D	ENTRADA LÓGICA DE PROPÓSITO GENERAL
	RA5/AN4	7	-	-	-
PORTB	RB0/INT0	33	-	-	-
	RB1/INT1	34	-	-	-
	RB2/INT2	35	-	-	-
	RB3/CCP2	36	E	D	PILOTO DE DIRECCIONAL IZQUIERDO
	RB4	37	E	D	PILOTO DE DIRECCIONAL DERECHO
	RB5/PGM	38	E	D	ENTRADA LÓGICA DE PROPÓSITO GENERAL
	RB6/PGC	39	E	D	ENTRADA LÓGICA DE PROPÓSITO GENERAL
	RB7/PGD	40	E	D	ENTRADA LÓGICA DE PROPÓSITO GENERAL
PORTC	RC0/T1OSO	15	S	D	CONTROL DE ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ENCENDIDO
	RC1/T1OSI/CCP2	16	E	D	SEÑAL DE VELOCIDAD LINEAL DEL VEHÍCULO
	RC2/CCP1	17	S	D	CONTROL DE LUCES GUÍAS
	RC3/SCK/SCL	18	S	D	CONTROL DE NEBLINEROS
	RC4/SDI/SDA	23	S	D	CONTROL DE MOTOR DE PLUMAS
	RC5/SDO	24	S	D	CONTROL NO ASIGNADO
	RC6/TX/CK	25	S	D	RECEPTOR MICROCONTROLADOR MAESTRO
	RC7/RX/DT	26	E	D	TRANSMISOR MICROCONTROLADOR MAESTRO
PORTD	RD0/PSP0	19	S	D	CONTROL DE FARO DE REVERSA
	RD1/PSP1	20	S	D	CONTROL DE LUCES BAJAS
	RD2/PSP2	21	S	D	CONTROL DE LUCES ALTAS
	RD3/PSP3	22	S	D	CONTROL DE LUZ DE SALÓN
	RD4/PSP4	27	S	D	CONTROL DE SISTEMA DE ARRANQUE
	RD5/PSP5	28	S	D	CONTROL DE LUZ DIRECCIONAL IZQUIERDA
	RD6/PSP6	29	S	D	CONTROL DE LUZ DIRECCIONAL DERECHA
		RD7/PSP7	30	-	-
PORTE	RE0/AN5	8	-	-	-
	RE1/AN6	9	S	D	LED DE AVISO DE TRANSMISIÓN DE DATOS
	RE2/AN7	10	-	-	-

### c. Conexión entre el microcontrolador maestro y el esclavo

La comunicación de datos entre los dos microcontroladores se realiza a través del bus UART implementado en hardware.

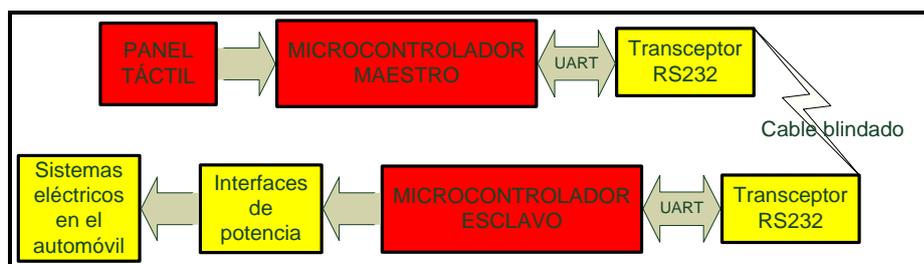


Figura 4.13: Diagrama de bloques que muestra el flujo de información desde el microcontrolador maestro hacia el esclavo

Como se observa en la figura 4.13, según el botón virtual que presione el usuario sobre el panel táctil, el microcontrolador maestro enviará comandos a través del bus RS232. El microcontrolador esclavo decodificará estos mensajes para activar o desactivar las interfaces de potencia que controlan los diferentes sistemas eléctricos del automóvil.

### **c.1 Transceptores RS232**

El sistema se implementó sobre RS232 debido a la disponibilidad de transceptores en el mercado local. Estos circuitos integrados no hacen más que cambiar la capa física de la comunicación entre los dos microcontroladores, desde niveles TTL (0 – 5V) hasta niveles bipolares comprendidos entre +12V y -12V, respectivamente.

Son dos las razones para utilizar esta tecnología:

- Al trabajar con voltajes más diferenciados (alrededor de 24V entre los dos niveles lógicos), la comunicación entre los módulos se hace menos susceptible a posibles inserciones de bits errados, provocados por la interferencia electromagnética existente en el automóvil.
- Las comunicaciones bajo estándar RS232 son altamente difundidas entre los sistemas computacionales, lo que hace a los dos módulos que conforman el sistema, fácilmente accesibles y compatibles con computadores y asistentes personales. Esta característica aporta a la universalidad de los módulos fabricados.

Como se puede observar en la figura 4.14, el circuito integrado MAX232, IC4, tiene conexión directa con capacitores de 10uF, según lo recomendado por el fabricante. Las líneas del puerto UART del microcontrolador (Rx y Tx) se

conectan en los pines 12 y 11 respectivamente. Las mismas líneas corresponden a los pines 13 y 14 pero con niveles de voltaje correspondientes al protocolo RS232. Parte importante de la comunicación son los conectores DB9, como es en este caso, CON2.

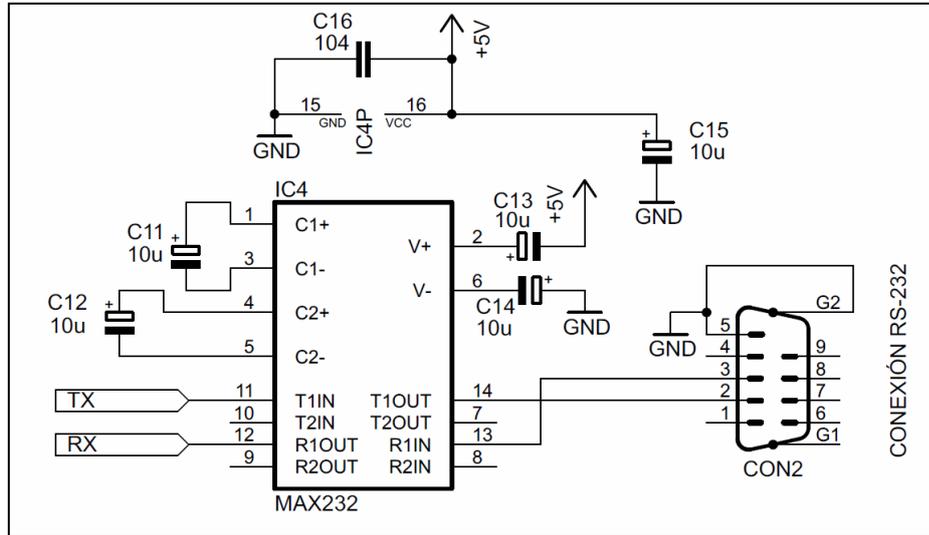


Figura 4.14: Diagrama de conexión del transceptor MAX232.

En el dispositivo remoto (sistema con el microcontrolador esclavo) existe otro MAX232 con la misma configuración.

#### 4.1.3. SUBSISTEMA DE VISUALIZACIÓN

Se maneja un visualizador gráfico que permite al usuario observar en tiempo real, gráfica y numéricamente el valor de las variables medidas.

Como se observa en la figura 4.15, las patitas RB<3:7> del PIC18F452, configuradas como salidas, manejan los pines de control; el bus de datos está implementado en las salidas RD<0:7>.

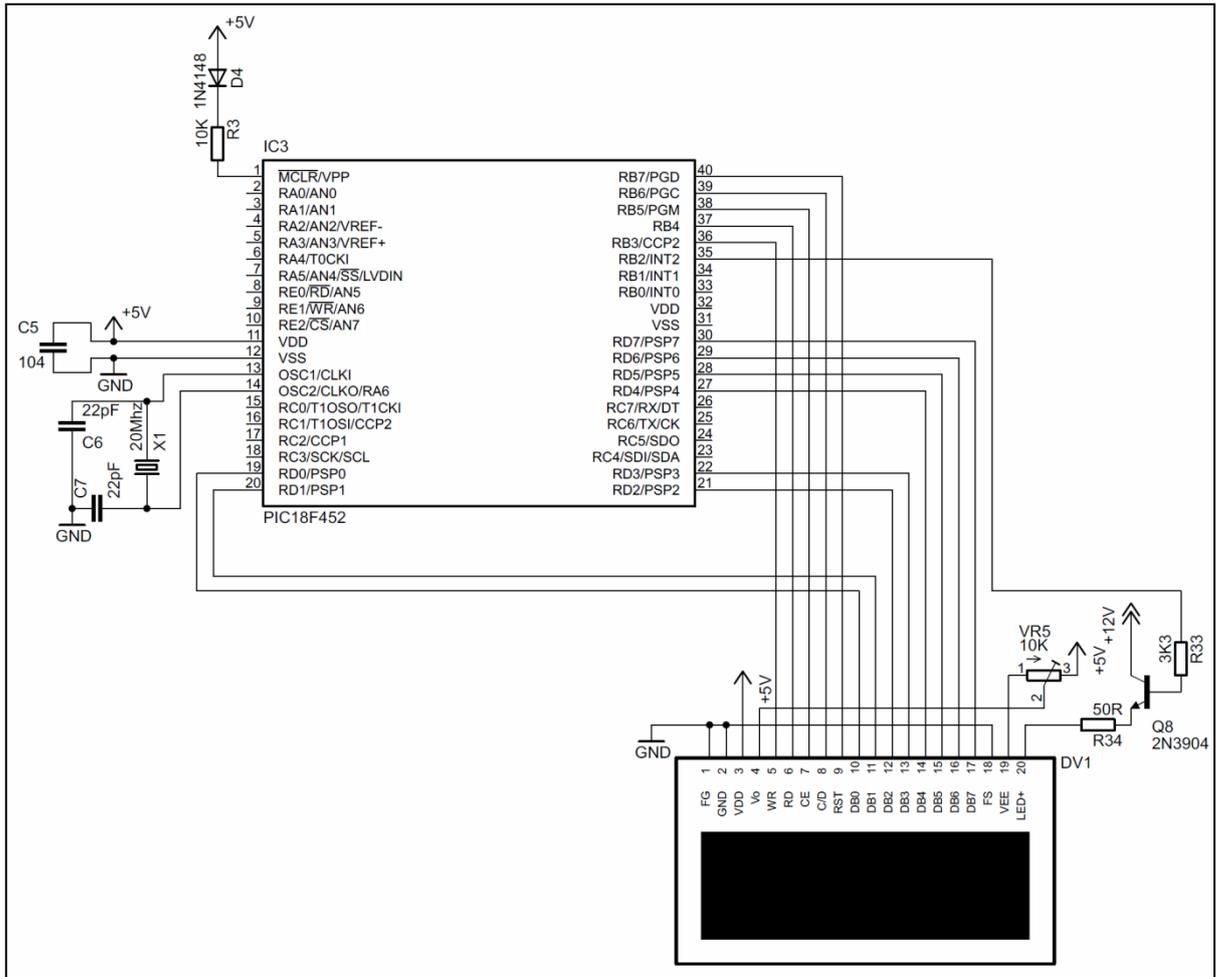


Figura 4.15: Diagrama de conexión entre el módulo GLCD y el microcontrolador

Los LEDs de retroiluminación de la pantalla GLCD, son alimentados desde el suministro de corriente del vehículo y a través de la resistencia limitadora de corriente R34. Esto se hace debido a que el consumo relativamente alto de los LEDs, provocaría sobrecalentamiento en los reguladores lineales de voltaje. El transistor Q8 permite el encendido y apagado de la luz, según lo ordenado por el microcontrolador.

El ajuste de contraste se realiza al regular el voltaje que polariza al pin VO, mediante el potenciómetro VR5. Es importante resaltar que el voltaje negativo necesario para el contraste, es generado por el propio módulo GLCD a través del pin VEE.

#### 4.1.4. SUBSISTEMA DE RESPUESTA

##### d. Relevadores de estado sólido

Los relevadores de estado sólido le permiten al mecanismo tener la corriente necesaria para manejar los relés electromecánicos que a la vez, conmutarán los distintos sistemas eléctricos del automóvil.

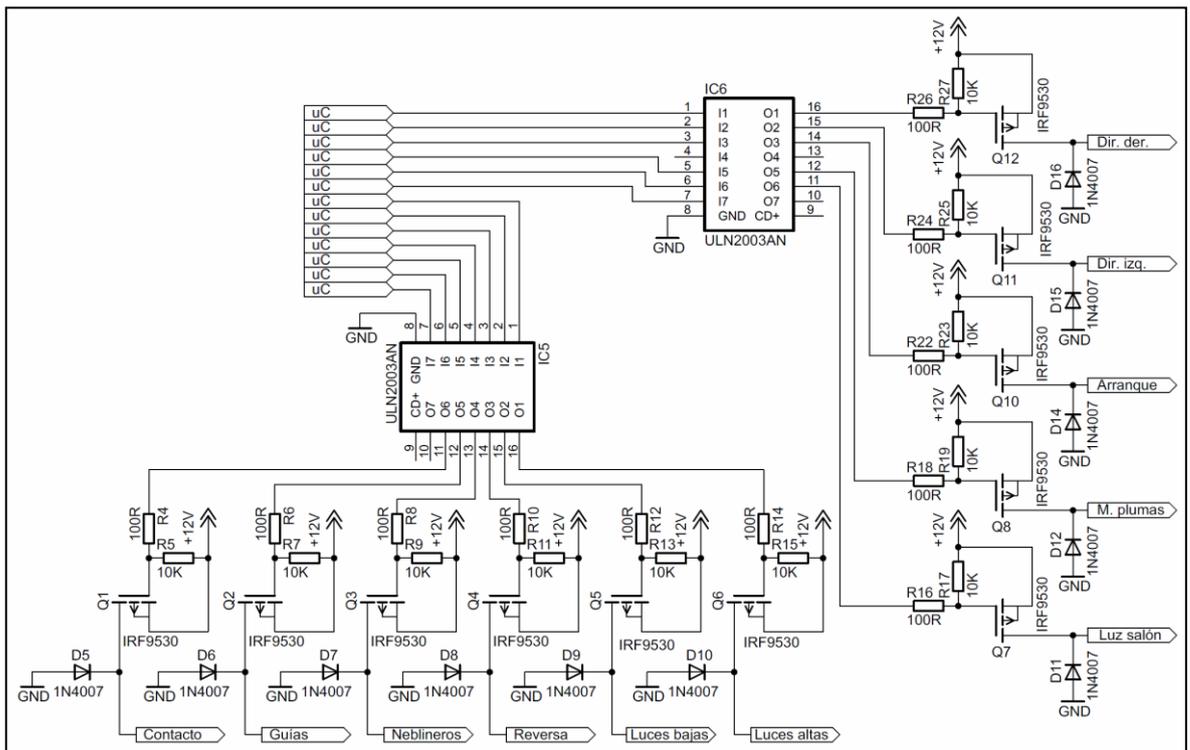


Figura 4.16: Relevadores de potencia de estado sólido para el subsistema de respuesta

Como se puede observar en la figura 4.16, en lo que respecta al circuito manejador de los MOSFETS, cuando una salida del microcontrolador se pone en alto, un transistor del arreglo ULN2003N se polariza y permite el flujo de corriente entre emisor y colector (deriva masa). Entonces, se cierra el circuito del divisor de voltaje formado por la resistencia de  $10\text{K}\Omega$  y la de  $100\Omega$ . La constante del divisor es de 0.0099, lo que se traduce en un voltaje tendiente a cero en la compuerta

del MOSFET, sin importar el voltaje de alimentación. Esto provoca que el transistor de potencia conduzca.

Con la ecuación 4.7 se calcula el voltaje obtenido en la compuerta del MOSFET, para una alimentación de 12V y una caída de voltaje nominal de 0.7V entre emisor y colector de cada transistor del ULN2003 ( $V_{CE}$ ).

$V_{GS} = (V_{entrada} - V_{CE}) \cdot \frac{R_4}{R_4 + R_5}$	Ecuación 4.7: Voltaje en compuerta de MOSFET con transistor bipolar
---	---

$$V_{GS} = (12 - 0.7)V \cdot \frac{100\Omega}{100\Omega + 10K\Omega} = 0.111V$$

Cuando la salida del microcontrolador se pone en bajo, el transistor NPN no conduce y por lo tanto, la resistencia de 100Ω se pone en circuito abierto. Así, la resistencia de 10KΩ asegura un voltaje igual al de la fuente, lo que provoca que el MOSFET no conduzca.

Es importante aclarar que el MOSFET canal P normalmente se maneja con circuitos integrados que proporcionan voltaje negativo. La interfaz descrita tiene un desempeño aceptable, ya que en la práctica logra sacar 4A en el drenaje de este semiconductor.

Si bien las interfaces proporcionan corriente aceptable, se usan únicamente para activar las bobinas de los relevadores electromecánicos. Esto se debe a que no es aconsejable que un semiconductor permanezca largos períodos de tiempo suministrando potencia considerable. La corriente nominal de consumo de un relé es de 150mA versus los 4A que podría suministrar cada IRF9530.

### e. Buzzer

Cada vez que el usuario presiona una tecla virtual sobre el panel táctil, el microcontrolador maestro pone uno de sus pines en alto para producir una respuesta audible.

Debido a que el zumbador de la figura 4.17 consume una corriente mayor a los 25mA que puede suministrar el pin del microcontrolador, es manejada a través del transistor Q10. R35 y D8 evitan que las corrientes remanentes generadas por el buzzer en el momento en que éste se apaga, se propaguen hacia la línea de alimentación y causen mal funcionamiento de los dispositivos lógicos.

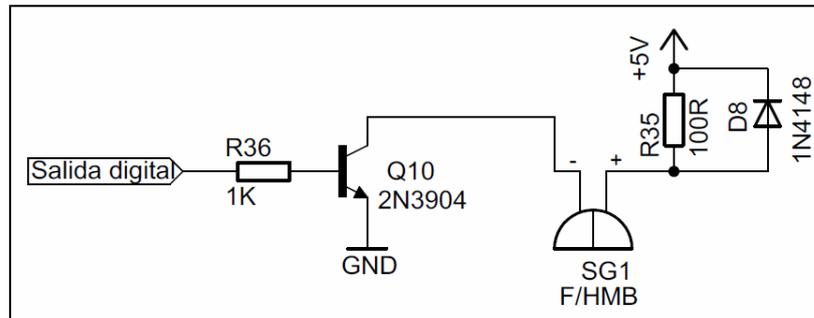


Figura 4.17: Circuito manejador del buzzer

### f. Luz piloto

El circuito manejador de la luz piloto es similar a los utilizados para manejar los relés electromecánicos, detallados en líneas previas.

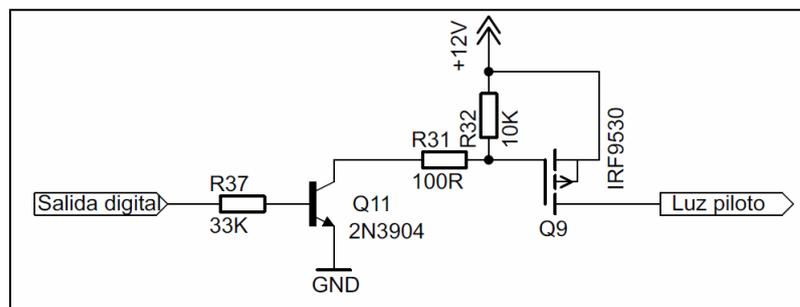


Figura 4.18: Circuito manejador de la luz piloto

#### 4.1.5. ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA

Es importante resaltar que el sistema está dividido en dos módulos. El primero contiene al microcontrolador maestro que se encarga de leer los sensores y el panel táctil, y manejar la GLCD. El segundo contiene al microcontrolador esclavo y su función es manejar los circuitos de potencia y leer las entradas lógicas.

Al existir dos módulos, se halla un circuito de regulación de voltaje por cada uno de ellos.

##### c. Fuente de alimentación del módulo maestro

La tensión de alimentación se obtiene de la batería del automóvil, se filtra y se aplica regulada al resto del circuito. La fuente convierte el voltaje de casi 14V de entrada en una tensión constante de 5.0V.

En la figura 4.19 la fuente de alimentación consta de un rectificador (D3, D1), una protección por sobretensión (R1, D2), un filtro de interferencias (C1, C2, C3, C4), un regulador lineal fijo de 9V (IC1) y un regulador variable calibrado a 5V (IC2).

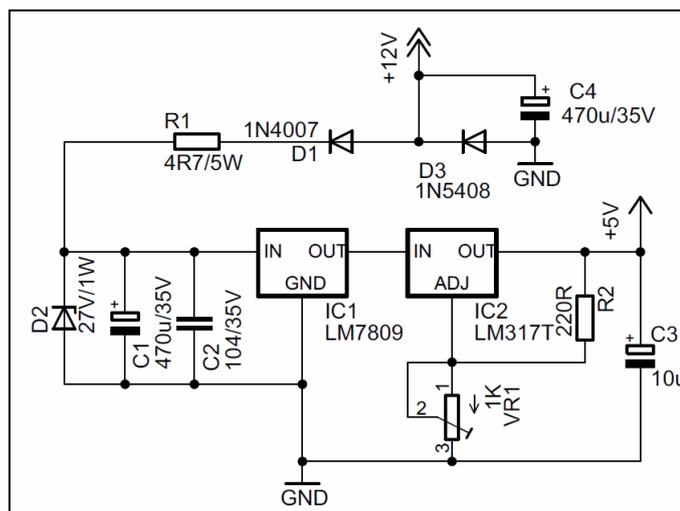


Figura 4.19: Circuito de alimentación del módulo maestro

El rectificador recorta picos negativos de voltaje y protege al circuito cuando por error, se invierte la polaridad de la batería. Si esto sucede, el fusible F1 se destruye y el módulo se bloquea. De allí que la corriente nominal del fusible es la misma que del diodo D3 (2A).

La resistencia R1 y el zener D2, resguardan el circuito de sobrevoltajes instantáneos. Estos pueden escaparse desde el alternador cuando se quita contacto del motor.

La regulación se hace en etapas: primero se regula a 9V y luego a 5V simultáneamente. De esta manera, la caída de voltaje de 9V (considerando un voltaje de entrada de 14V), se disipa en algunos integrados. Así, los reguladores de voltaje se calientan menos.

La ecuación 4.8, extraída y adaptada desde la hoja de datos del LM317T, indica el voltaje de salida obtenido en IC2 con la configuración de resistencias R2 y VR1.

$V_{regulación} \cong \frac{R_2 + VR_1}{R_2} \cdot (1.25V)$	<p>Ecuación 4.8: Voltaje de salida en regulador variable LM317</p>
---	--

$$V_{regulación} \cong \frac{220\Omega + 660\Omega}{220\Omega} \cdot (1.25V) = 5.0V$$

La corriente que pueden suministrar los reguladores según las hojas de datos, es de máximo 1A. Este valor es suficiente para satisfacer las necesidades de potencia del circuito.

#### **d. Fuente de alimentación del módulo esclavo**

La fuente de alimentación de este módulo es similar a la del módulo maestro. Por eso su análisis es exactamente igual.



## **4.4. DESCRIPCIÓN DEL FIRMWARE**

### **4.4.1. FIRMWARE DEL MICROCONTROLADOR MAESTRO**

A continuación se describen de manera general los algoritmos usados en el microcontrolador.

#### **d. Programa principal**

El programa empieza con la inicialización de pines, configuración de módulos internos y activación de interrupciones. Luego se visualiza un teclado sobre la GLCD, en el que el usuario debe ingresar la clave de acceso. Si la clave es correcta, se abre la visualización del tablero y el teclado virtual, para esperar a que se presionen los botones en el panel táctil, administrando así todos los sistemas eléctricos del automóvil. Si se ha colocado contacto, se empiezan a leer las variables del vehículo y del motor (de manera similar que un tablero automotriz). Por otro lado, si el usuario presiona el botón de bloqueo, el dispositivo regresa a pedir el código de seguridad.

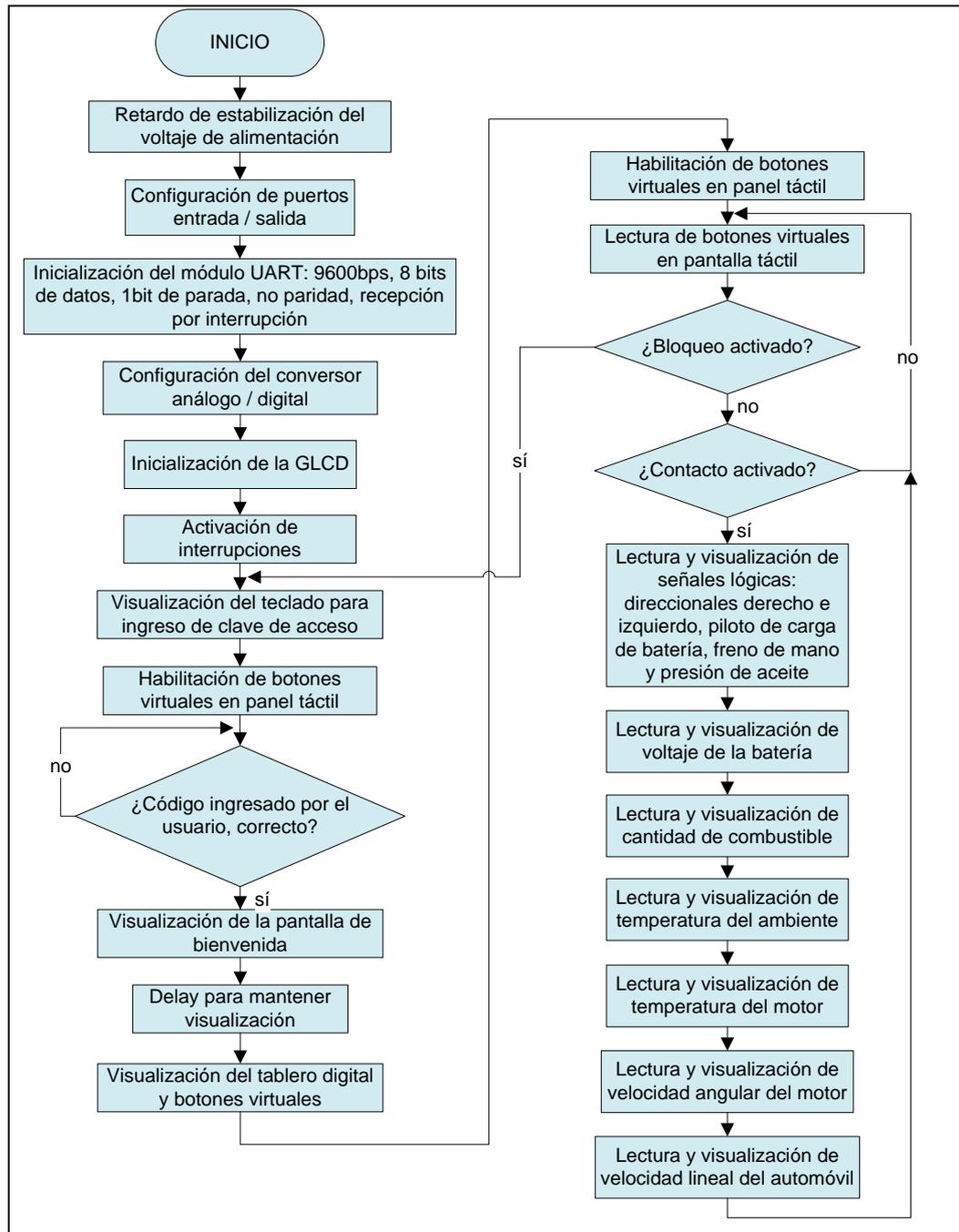


Figura 4.21: Diagrama de flujo del programa principal del microcontrolador maestro

Cuando se enciende la alimentación del dispositivo aparece el teclado virtual que permite el ingreso de la clave de seguridad, al presionar sobre cada botón de la pantalla táctil. Adicionalmente, se encuentran botones que habilitan el encendido de luces guías, luz de salón, faros neblineros y luz de aparcó. El sistema se

encuentra bloqueado y no permite el encendido del vehículo. Todo esto se puede apreciar en la figura 4.22.

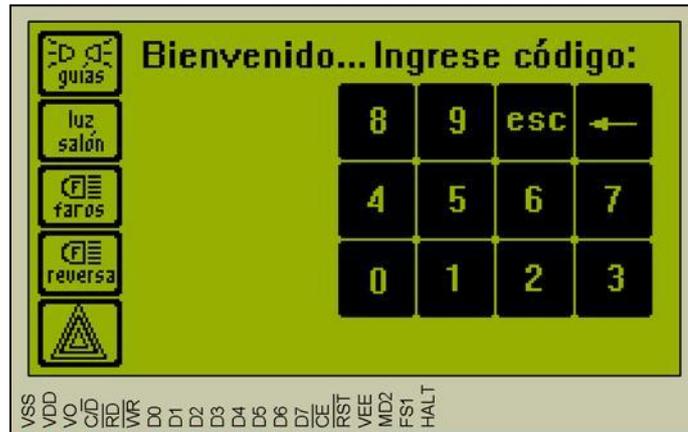


Figura 4.22: Presentación del teclado para ingreso del código de seguridad

Una vez que el usuario ingresó la clave de seguridad de 6 dígitos, el sistema se desbloquea e indica el mensaje de bienvenida mostrado en la figura 4.23.



Figura 4.23: Presentación del mensaje de bienvenida

La figura 4.24 muestra el tablero digital y el teclado virtual para encendido de los distintos sistemas eléctricos del vehículo. Si bien se encuentran dibujados todos los indicadores, no se adquieren variables hasta que el usuario presione el botón "Ignición".

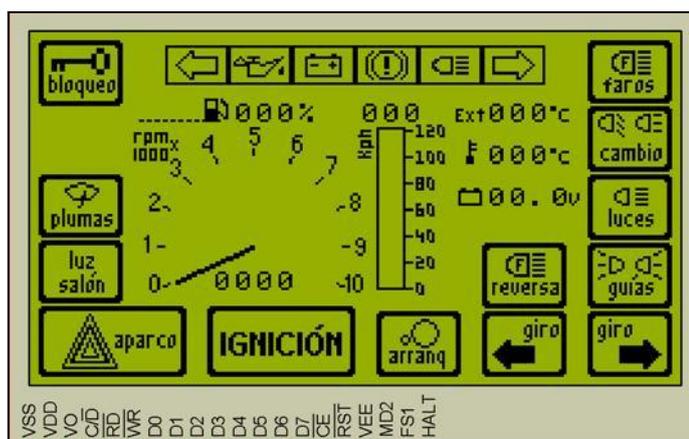


Figura 4.24: Presentación del tablero y el teclado digital, cuando el vehículo está apagado

Una vez activada la ignición se empiezan a adquirir las variables. Esto se realiza hasta que el usuario presione nuevamente el botón “Ignición” sobre la pantalla táctil.

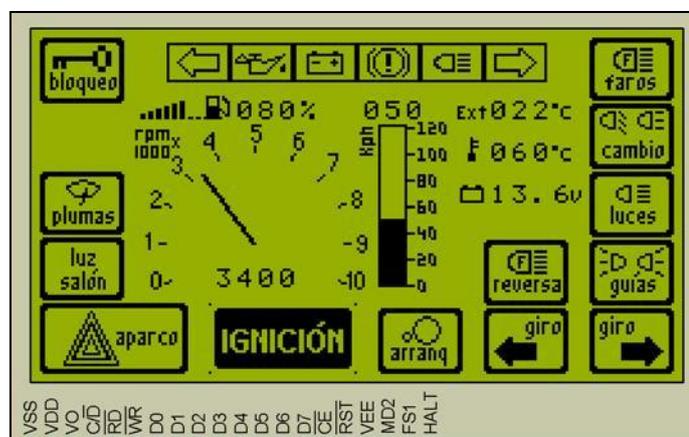


Figura 4.25: Presentación del tablero y el teclado digital, cuando el vehículo está encendido

Las variables muestreadas por el programa son:

- Señales lógicas: direccionales derecho e izquierdo, piloto de carga de batería, activación del freno de mano y presión de aceite.
- Voltaje de la batería.

- Temperatura del habitáculo del vehículo.
- Temperatura del motor.
- Velocidad angular del motor.
- Velocidad lineal del vehículo.

## **e. Subrutinas especiales**

### **b.1. Subrutina de manejo del panel táctil**

El procedimiento para determinar las coordenadas de la posición del panel que ha sido presionada, puede dividirse en dos pasos. El primero es la determinación de la coordenada X y el segundo el de la coordenada Y del punto.

Para determinar la coordenada X, es preciso conectar el contacto izquierdo de la superficie X a masa y el contacto derecho a la fuente de alimentación. Esto permite obtener un divisor de tensión presionando el panel táctil. El valor de la tensión obtenida en el divisor se puede leer en el contacto inferior de la superficie Y. La tensión variará en el rango de 0V a la tensión suministrada por la fuente de alimentación y depende de la coordenada X. Si el punto está próximo al contacto izquierdo de la superficie X, la tensión estará próxima a 0 V.

Para la determinación de la coordenada Y, es preciso conectar el contacto inferior de la superficie Y a masa, mientras que el contacto superior se conectará a la fuente de alimentación. En este caso, la lectura de la tensión se hará en el contacto izquierdo de la superficie X.

Para realizar la transformación de voltajes a coordenadas virtuales en el eje X, el algoritmo hace una resta entre el voltaje obtenido al presionar sobre el punto extremo derecho y el obtenido con el extremo izquierdo. Este resultado, medido en voltios, corresponde a los 240 píxeles que la pantalla GLCD tiene de largo de imagen. Con estos dos valores se obtiene el factor de conversión que da origen al siguiente modelo:

$Pixel_x = \frac{240\text{pixel}}{V_{x_{\max}} - V_{x_{\min}}} \cdot (Vin_x)$	Ecuación 4.9: Relación entre el voltaje de entrada y su píxel de equivalencia en el eje X del panel táctil
---	--

En la ecuación anterior, el píxel presionado en X, se obtiene al reemplazar  $Vin_x$  por el valor del voltaje obtenido mediante el conversor análogo – digital.

Similar procedimiento se realiza para transformar voltajes a coordenadas virtuales en el eje Y, considerando el voltaje obtenido al presionar el extremo superior y el extremo inferior del panel táctil. Hay que tener en cuenta que la pantalla tiene 128 píxeles de ancho.

$Pixel_y = \frac{128\text{pixel}}{V_{y_{\max}} - V_{y_{\min}}} \cdot (Vin_y)$	Ecuación 4.10: Relación entre el voltaje de entrada y su píxel de equivalencia en el eje Y del panel táctil
---	---

## **b.2. Teclado virtual**

El teclado virtual sobre la pantalla táctil tiene un algoritmo simple. La lectura de cada botón consiste únicamente en aislar el área y posición que cada uno ocupa en la pantalla.

Si el usuario presionó en un área comprendida entre los rangos X y Y correspondientes a un botón, el sistema asigna la función predeterminada para este. El microcontrolador dibuja el botón normal o invertido, dependiendo de su estado anterior, y envía un comando serial hacia el microcontrolador esclavo. Este último es el encargado de manejar la etapa de potencia para que el sistema eléctrico correspondiente a cada botón sea encendido o apagado. La siguiente tabla detalla lo indicado:

Tabla 4.3. Estados de visualización y comandos correspondientes a cada botón

ESTADO DESACTIVADO	ESTADO ACTIVADO	COMANDO DESACTIVACIÓN	COMANDO ACTIVACIÓN	OBSERVACIONES
	-	-	-	Da la orden para que el microcontrolador envíe comandos seriales para apagar todos los sistemas y retorne al estado de bloqueo, donde se pide el código de seguridad. Sólo se activa cuando el contacto está apagado.
		H0<cr>	H1<cr>	
		G0<cr>	G1<cr>	
		Y0<cr>	Y3<cr>	Tiene prioridad sobre los direccionales; cuando se activa, apaga cualquiera de los botones de direccionales.
<b>IGNICIÓN</b>	<b>IGNICIÓN</b>	A0<cr>	A1<cr>	
	-	-	-	Sólo se activa cuando está encendido el contacto y las revoluciones del motor son cero. Su duración depende de la temperatura del motor.
		D0<cr>	D1<cr>	
		Y0<cr>	Y1<cr>	Sólo se activa cuando el vehículo está en contacto.
		Y0<cr>	Y2<cr>	Sólo se activa cuando el vehículo está en contacto.
		B0<cr>	B1<cr>	Tiene prioridad sobre las luces. Si las guías se desactivan, también lo harán las luces.
		E0<cr>	E1<cr>	
	-	F0<cr>	F1<cr>	Conmuta luces altas o bajas. Funciona sólo cuando el botón de luces está encendido.
		C0<cr>	C1<cr>	

### b.3. Señales lógicas

Estas señales son enviadas desde el microcontrolador esclavo hacia el maestro, mediante comandos seriales. Este último administra las visualizaciones en la pantalla GLCD.

Tabla 4.4. Estados de visualización y comandos correspondientes a cada indicador

VARIABLE	COMANDO DESACTIVACIÓN	COMANDO ACTIVACIÓN	ESTADO DESACTIVADO	ESTADO ACTIVADO
Direccional derecho	B1<cr>	B0<cr>		
Luces altas	C1<cr>	C0<cr>		
Freno de mano	I1<cr>	I0<cr>		
Carga de batería	G1<cr>	G0<cr>		
Presión de aceite	H1<cr>	H0<cr>		
Direccional izquierdo	A1<cr>	A0<cr>		

#### b.4. Menú de petición de código de seguridad

Este menú demanda del ingreso de un código de seguridad de seis dígitos. Considerando que el largo de palabra es 6 y la base es 10 (cada dígito puede ser 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9), el siguiente modelo indica el total de combinaciones posibles.

$Combinaciones = Base^{palabra}$	Ecuación 4.11: Combinaciones posibles en una clave de seguridad
----------------------------------	--

$$Combinaciones = 10^6 = 1000000$$

Las siguientes, son características del menú:

- Cada dígito ingresado es enmascarado en la pantalla con un asterisco (\*), para evitar que se visualice el código de seguridad.
- La clave por defecto es 861007.
- El código se encuentra implementado en EEPROM, que lo hace permanente ante el corte de alimentación en el módulo.
- Existe un código de súper usuario que permite visualizar la contraseña vigente, en caso de olvido de la misma.
- El código de súper usuario es 10027732400.

### b.5. Medición del voltaje del acumulador

Una característica importante del hardware es que la alimentación y la referencia de voltaje para el conversor análogo – digital, se hacen con 5.0V. Por tanto, el valor resultante de la conversión con la que se adquiere el voltaje, se multiplica por 5.0V y se divide entre 1023 (resolución del conversor).

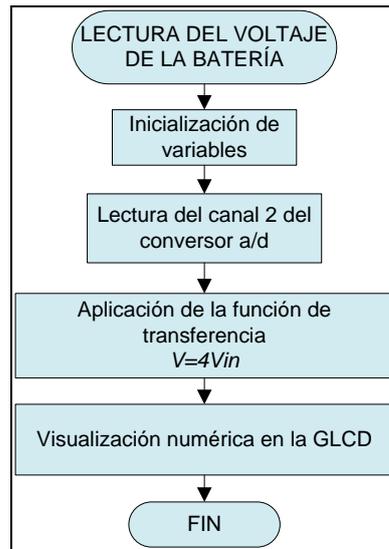


Figura 4.26: Diagrama de flujo de la subrutina de adquisición y visualización del voltaje de la batería

El valor se multiplica también por 4, debido a que el divisor de voltaje fue de 1/4. De esta manera, se obtiene finalmente el valor numérico real del voltaje.

$V = \frac{5V}{1023} * Valor_{CAD} * divisor$	Ecuación 4.12: Digitalización del voltaje
---	---

### b.6. Medición de la cantidad de combustible

El procedimiento de multiplicar el valor obtenido desde el conversor análogo – digital por la resolución del conversor también se realiza aquí. El valor que se obtiene está en voltios y para transformarlo a cantidad de combustible, se utiliza la función que caracteriza al sensor.

La figura 4.27 muestra la curva de dispersión resultante de la medición del voltaje para ciertas cantidades de combustible. Además se observa la línea de tendencia en base a la cual, se puede realizar un modelo matemático de aproximación.

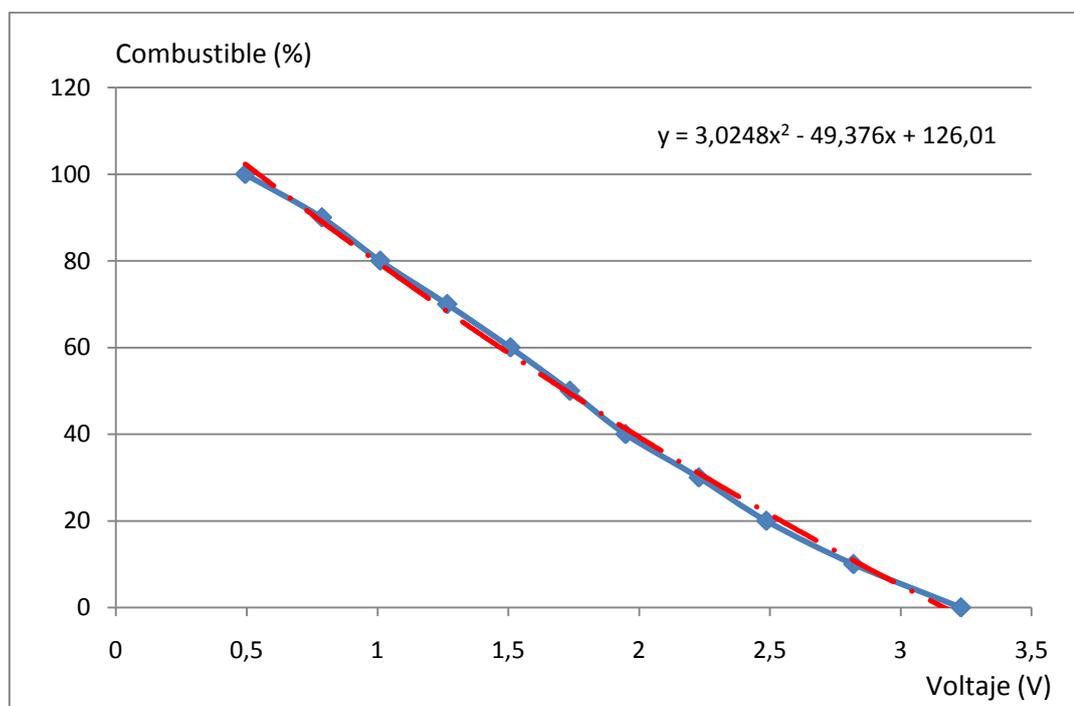


Figura 4.27: Modelo de tendencia utilizado para la medición de combustible

Por tanto, la ecuación que relaciona al combustible  $C$  con el voltaje  $V$ , es la siguiente:

$C = 3.0248V^2 - 49.376V + 126.01$	Ecuación 4.13: Función de transferencia del reóstato de combustible
------------------------------------	---

Donde el voltaje  $V$ , es calculado con el modelo de la ecuación 4.12.

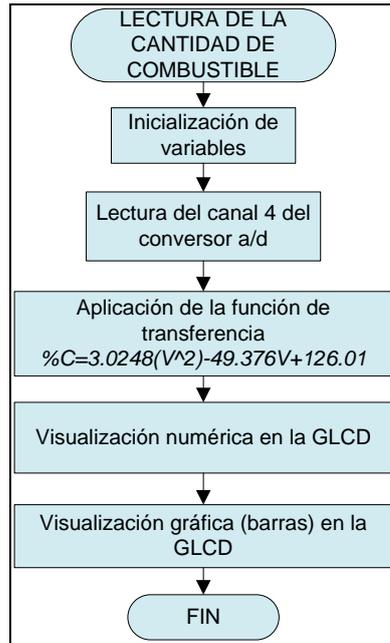


Figura 4.28: Diagrama de flujo de la subrutina de adquisición y visualización de la cantidad de combustible

### b.7. Medición de la temperatura del refrigerante

Debido a que la adquisición de temperatura y combustible tienen las mismas interfaces, el procedimiento para digitalizar las señales es similar. La curva de dispersión resultante de la medición del voltaje en función de la temperatura, así como también su línea de tendencia, se aprecian en la figura 4.29.

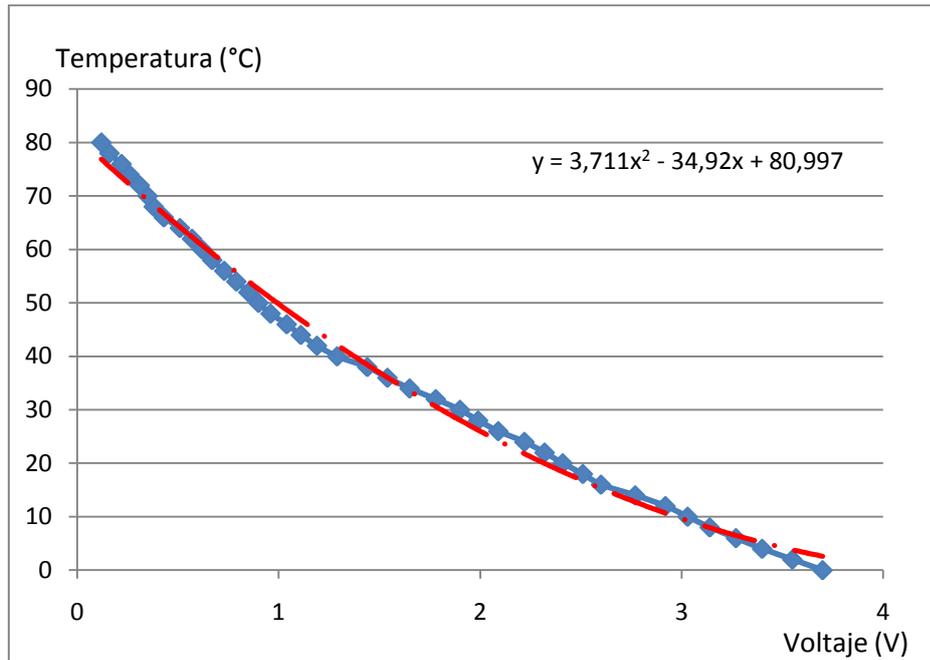


Figura 4.29: Modelo de tendencia utilizado para la medición de temperatura

El modelo matemático de aproximación que relaciona la temperatura  $T$  con el voltaje  $V$ , es el siguiente:

$T = 3.711V^2 - 34.92V + 80.997$	<p>Ecuación 4.14: Función de transferencia del sensor de temperatura del refrigerante</p>
----------------------------------	---

Donde el voltaje  $V$ , es calculado con el modelo de la ecuación 4.12.

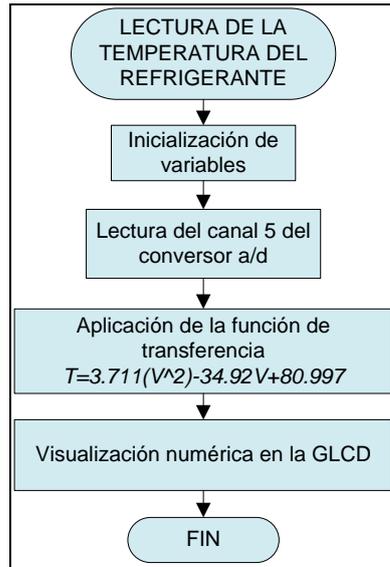


Figura 4.30: Diagrama de flujo de la subrutina de adquisición y visualización de la temperatura del refrigerante

### b.8. Medición de la temperatura del habitáculo

Para calcular este parámetro se multiplica por 100 al valor del voltaje, debido a que el sensor de temperatura LM35 tiene una respuesta lineal de 10mV por grado centígrado. Así, al simplificar el factor de conversión (1°C/10mV), se obtiene la relación 100°C/ V.

$V = \frac{5}{1023} * Valor_{CAD} * 100$	Ecuación 4.15: Digitalización de la temperatura desde el sensor LM35
--	--

El proceso que realiza el sistema para la digitalización y visualización de esta variable se puede observar en la figura 4.31.

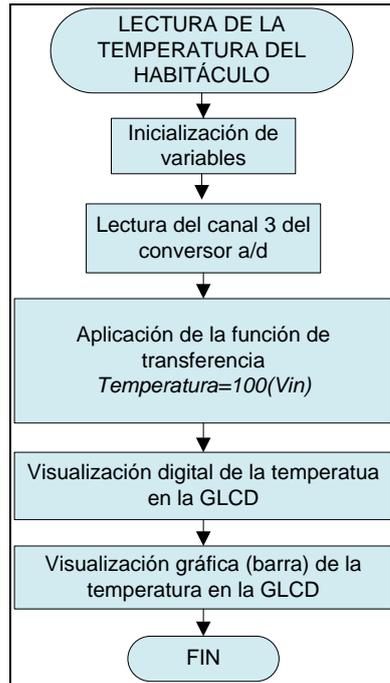


Figura 4.31: Diagrama de flujo de la subrutina de adquisición y visualización de la temperatura del habitáculo

A pesar de que el sensor de temperatura usado puede medir entre  $-55^{\circ}\text{C}$  y  $+150^{\circ}\text{C}$ , el rango de medición del sistema está entre  $0^{\circ}\text{C}$  y  $+150^{\circ}\text{C}$  para la visualización digital. Esto debido a que es relativamente imposible encontrar en nuestro país, temperaturas bajo cero.

### b.9. Medición de la velocidad angular del motor

Esta subrutina no hace más que mostrar numérica y gráficamente el valor de las RPM obtenidas mediante las interrupciones del módulo de captura de pulsos y del TIMER1.

Una vez que se obtienen los valores, el programa de visualización hace corresponder una posición de la manecilla del tacómetro virtual a cada valor de velocidad angular, con una precisión de 100rpm. Todo esto basándose en cierta tabla almacenada en el microcontrolador.

### b.10. Visualización de la velocidad lineal del vehículo

Es importante resaltar que la velocidad lineal es medida por el microcontrolador esclavo y transmitida serialmente mediante UART hacia el maestro. Este se encarga de su visualización numérica y gráfica.

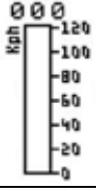
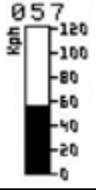
COMANDO	VISUALIZACIÓN
V<0x00><cr>	
V<0x39><cr>	

Figura 4.32: Ejemplos de respuesta del sistema ante diversos mensajes de velocidad del vehículo

Como se puede apreciar en la figura 4.32, el comando serial que transmite el valor de la velocidad entre esclavo y maestro, contiene el inicio de trama (código ASCII “V”), la carga útil (valor numérico hexadecimal entre 0x00 y 0xff) y el final de trama (carácter especial <cr>).

Los valores de KPH son recibidos y almacenados en un búfer de datos. Esto se hace en segundo plano, es decir, mediante interrupciones ante la llegada de cada byte. Luego de que la trama ha llegado completa, la rutina de interrupción autoriza a la rutina de visualización la impresión en la GLCD del dato almacenado previamente en el búfer de recepción. El diagrama de flujo de la figura 4.33 detalla lo indicado.

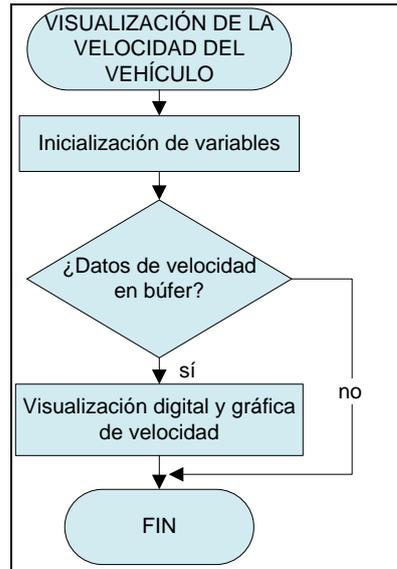


Figura 4.33: Diagrama de flujo de la subrutina de visualización de la velocidad lineal del vehículo

## f. Interrupciones

El hardware del PIC18F452 permite configurar prioridad en las interrupciones. Si una de menor importancia está ejecutándose, puede ser interrumpida por otra más relevante. Adicionalmente, cada interrupción se trata en un vector diferente.

Las interrupciones del programa, en orden de prioridad, son:

- Desbordamiento del TIMER1.
- Flanco activo en CCP2.
- Dato recibido por el módulo UART.

### c.1. Desbordamiento del TIMER1

Su implementación tiene relación directa con la interrupción CCP2. El módulo TIMER1 está configurado como temporizador (contador sincrónico con la señal del oscilador), con preescala de 8.

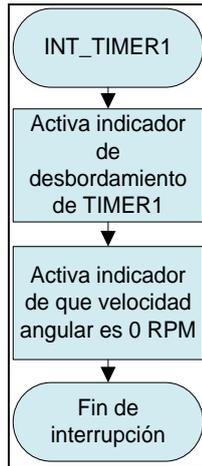


Figura 4.34: Diagrama de flujo de la rutina especial de interrupción del TIMER1

Teniendo en cuenta al oscilador de 20Mhz y que en los PICs un ciclo de máquina dura 4 ciclos de reloj, el período de conteo del TIMER1 es de 1.6µseg. En base a este resultado y a que la resolución del temporizador es de 16bits, el tiempo máximo que se puede medir en el desbordamiento del TIMER1, es de 0.104856seg. Lo anterior se resume en los siguientes modelos:

$T_{\text{conteo}} = \frac{4}{F_{\text{osc}}} \cdot \text{preescala}$	Ecuación 4.16: Período de conteo del TIMER1
---	---

$$T_{\text{conteo}} = \frac{4}{20\text{Mhz}} \cdot 8 = 1.6\mu\text{s}$$

$T_{\text{máx}} = \frac{4}{F_{\text{osc}}} \cdot 65535 \cdot \text{preescala}$	Ecuación 4.17: Temporización máxima obtenida en el TIMER1
--	---

$$T_{\text{máx}} = \frac{4}{20\text{Mhz}} * 65535 * 8 = 0.104856\text{seg}$$

### c.2. Flanco activo en CCP2

El módulo CCP2 está configurado en modo captura ante flancos ascendentes. Se realiza una interrupción cada vez que exista una señal transicional desde nivel lógico 0 hasta nivel lógico 1.

Como se observa en el diagrama de flujo, la rutina especial de interrupción reinicia el registro contador del TIMER1, pero también guarda el valor que tenía este justo en el momento de la interrupción. Además, verifica si el TIMER1 se ha desbordado.

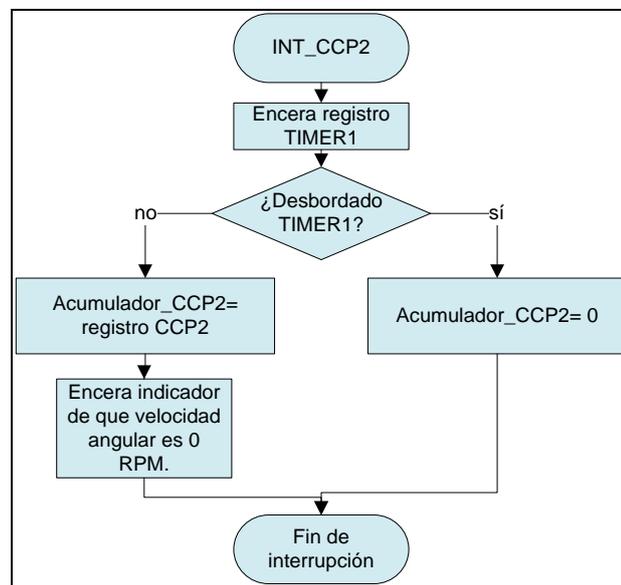


Figura 4.35: Diagrama de flujo de la rutina especial de interrupción del módulo CCP2

El beneficio práctico de esta interrupción y la de desbordamiento del TIMER1, se orienta a la medición de la velocidad angular del motor. Con los valores obtenidos mediante las ecuaciones 4.16 y 4.17, se puede obtener la frecuencia máxima y mínima que es capaz de medir el módulo:

$f = \frac{1}{T}$	Ecuación 4.18: Obtención de frecuencia en función de período
-------------------	--

$$f_{\text{máx}} = \frac{1}{T_{\text{conteo}}} = \frac{1}{1.6\mu\text{s}} = 625\text{Khz}$$

$$f_{\text{mín}} = \frac{1}{T_{\text{máx}}} = \frac{1}{0.104856\text{seg}} = 9.5369\text{Hz}$$

Este valor de frecuencia se obtiene desde un sensor dispuesto a medir los pulsos de una rueda fónica de 4 dientes, colocada en la polea del cigüeñal. Transformando los dos valores anteriores a velocidad angular, se consiguen las frecuencias angulares máxima y mínima que puede medir el sistema.

$w = \frac{60 * f}{\# \text{dientes}_{\text{rueda}}}$	Ecuación 4.19: Obtención de frecuencia angular para rueda fónica ubicada en el cigüeñal
---	---

$$w_{\text{máx}} = \frac{60 * 625\text{Khz}}{4} = 9375000\text{RPM}$$

$$w_{\text{mín}} = \frac{60 * 9.5369\text{Hz}}{4} = 143.053\text{RPM}$$

En base a los resultados, si se divide el valor obtenido en el TIMER1 cada interrupción de CCP2, por el número 9375000, se obtiene la velocidad angular.

### c.3. Dato recibido por el módulo UART

Esta interrupción es la que verdaderamente se encarga de la recepción y verificación de datos provenientes del microcontrolador esclavo. La información es recibida a nivel de bytes. Cada mensaje adquirido en formato ASCII empieza con un identificador, seguido de la carga útil, finalizando con el caracter especial <cr> (CARRIAGE RETURN), como se muestra en la figura 4.36.

<code>V&lt;0xf0&gt;&lt;cr&gt; A0&lt;cr&gt; B0&lt;cr&gt; C0&lt;cr&gt; G0&lt;cr&gt; H0&lt;cr&gt; I0&lt;cr&gt;</code>
--

Figura 4.36: Ejemplo de tramas recibidas por el microcontrolador maestro

El diagrama de flujo de la interrupción se muestra en la figura 4.37. Una vez que la rutina recibe el carácter especial <cr> (fin de trama), coloca la carga útil del búfer en los registros de trabajo.

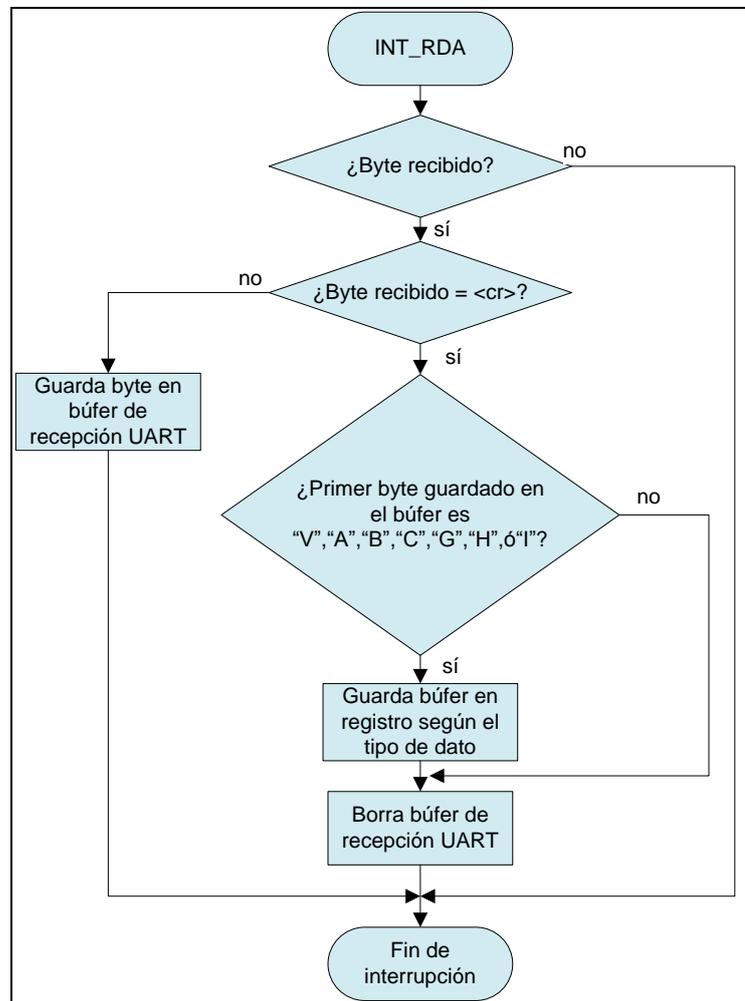


Figura 4.37: Rutina especial de interrupción por recepción UART

#### 4.4.2. FIRMWARE DEL MICROCONTROLADOR ESCLAVO

##### c. Programa principal

El programa espera la llegada de comandos seriales, para administrar los relés electromecánicos de activación de los diversos sistemas eléctricos del automóvil. Además, se encarga de la lectura de la velocidad lineal y de las señales lógicas.

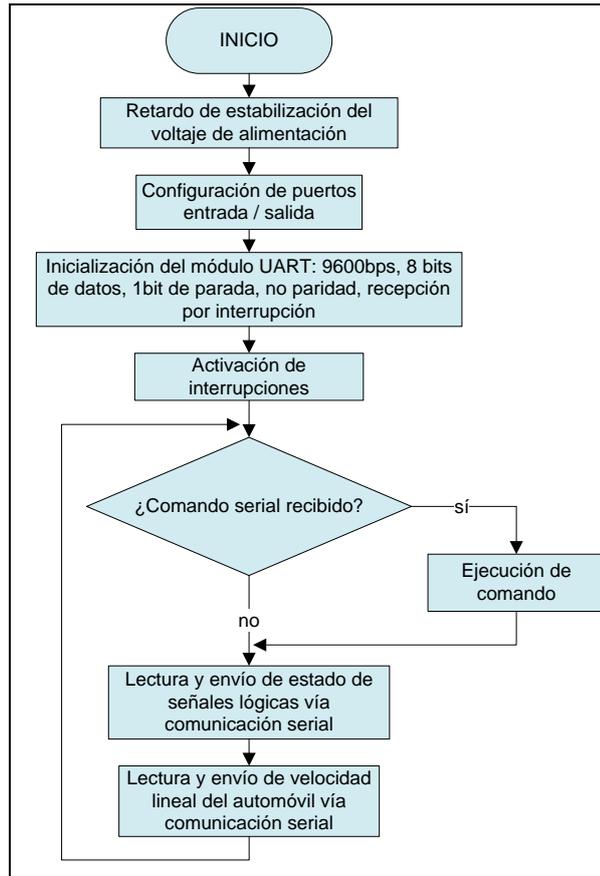


Figura 4.38: Diagrama de flujo del programa principal del microcontrolador esclavo

Además del flujo principal, se manejan tres interrupciones:

- Desbordamiento del TIMER1.
- Flanco activo en CCP2.
- Dato recibido por el módulo UART.

El funcionamiento de cada una de ellas es exactamente igual a las interrupciones correspondientes del microcontrolador maestro. Por esta razón, se suprime su explicación.

La siguiente tabla, resume el significado de los comandos seriales enviados por el microcontrolador maestro e interpretados por el esclavo.

Tabla 4.5. Comandos seriales recibidos y funciones de respuesta del microcontrolador esclavo

<b>COMANDO</b>	<b>FUNCIÓN</b>
A0<cr>	Apagar alimentación del sistema de encendido
A1<cr>	Encender alimentación del sistema de encendido
B0<cr>	Apagar luces guías
B1<cr>	Encender luces guías
C0<cr>	Apagar faros neblineros
C1<cr>	Encender faros neblineros
D0<cr>	Apagar faro de reversa
D1<cr>	Encender faro de reversa
E0<cr>	Apagar luces bajas
E1<cr>	Encender luces bajas
F0<cr>	Apagar luces altas
F1<cr>	Encender luces altas
G0<cr>	Apagar luz de salón
G1<cr>	Encender luz de salón
H0<cr>	Apagar motor de plumas
H1<cr>	Encender motor de plumas
J1<cr>	Encender motor de arranque (apagado automático)
X0<cr>	Desactivar lectura automática de entradas
X1<cr>	Activar lectura automática ante cambios de entradas
X3<cr>	Encender lectura de velocidad del vehículo
X4<cr>	Apagar lectura de velocidad del vehículo
Y0<cr>	Apagar intermitencias
Y1<cr>	Encender luz direccional izquierda
Y2<cr>	Encender luz direccional derecha
Y3<cr>	Encender luces de aparcamiento
Z0<cr>	Ajuste de duración del pulso de arranque a 262,14ms
Z1<cr>	Ajuste de duración del pulso de arranque a 327,68ms
Z2<cr>	Ajuste de duración del pulso de arranque a 524,28ms
Z3<cr>	Ajuste de duración del pulso de arranque a 720,89ms
Z4<cr>	Ajuste de duración del pulso de arranque a 983,03ms
Z5<cr>	Ajuste de duración del pulso de arranque a 1,51ms
Z6<cr>	Ajuste de duración del pulso de arranque a 1,97ms
Z7<cr>	Ajuste de duración del pulso de arranque a 2,49ms
Z8<cr>	Ajuste de duración del pulso de arranque a 3,14ms
Z9<cr>	Ajuste de duración del pulso de arranque a 3,47ms

#### d. Subrutinas especiales

##### b.1. Medición de la velocidad lineal del vehículo

La medición de la velocidad lineal del vehículo es similar a la de la velocidad angular del motor, pero con un factor de conversión distinto.

Teniendo en cuenta que el microcontrolador esclavo trabaja con un oscilador de 8Mhz, con una preescala de 8, utilizando la ecuación 4.16, el período de conteo del TIMER1 es de 4µseg. En base a este resultado y a que la resolución del temporizador es de 16bits, el tiempo máximo que se puede medir en el desbordamiento del TIMER1, es de 0.26214seg.

$$T_{\text{conteo}} = \frac{4}{8\text{Mhz}} \cdot 8 = 4\mu\text{s}$$

$$T_{\text{máx}} = \frac{4}{8\text{Mhz}} * 65535 * 8 = 0.26214\text{seg}$$

Con los valores anteriores, se puede obtener la frecuencia máxima y mínima que es capaz de medir el microcontrolador, al utilizar la ecuación 4.17:

$$f_{\text{máx}} = \frac{1}{T_{\text{conteo}}} = \frac{1}{4\mu\text{s}} = 250\text{Khz}$$

$$f_{\text{mín}} = \frac{1}{T_{\text{máx}}} = \frac{1}{0.26214\text{seg}} = 3.81476\text{Hz}$$

Este valor de frecuencia se obtiene desde un sensor dispuesto a medir los pulsos de una rueda fónica de 4 dientes, colocada en la brida del árbol de transmisión. Transformando los dos valores anteriores a velocidad lineal del móvil, se obtienen las velocidades máxima y mínima que puede medir el sistema, según el modelo de la ecuación 4.18.

$V = \frac{3.6\pi * f * \phi_{\text{lanta}} * i_{\text{diferencial}}}{\# \text{dientes}_{\text{rueda\_fónica}}}$	<p>Ecuación 4.20: Obtención de frecuencia angular para rueda fónica ubicada en la brida del árbol de transmisión.</p>
--	---

Utilizando la anterior ecuación, para un diámetro exterior de la llanta de 0.61m y una relación de transmisión del diferencial de 0.42, se obtiene:

$$V_{\text{máx}} = \frac{3.6\pi * 250\text{Khz} * 0.61\text{m} * 0.42}{4} = 181097\text{KPH}$$

$$V_{\text{mín}} = \frac{3.6\pi * 3.81476\text{Hz} * 0.61\text{m} * 0.42}{4} = 2.763\text{KPH}$$

## CAPÍTULO 5

### 5. IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

En primera instancia el vehículo fue adquirido con algunos sistemas averiados como el velocímetro, switch de arranque, neblineros, switch de aparco, indicador de nivel de combustible, switch de plumas, direccionales quemados, tacómetro no dispone.



Figura 5.1: Estado inicial del vehículo Suzuki Hormiga año 1979.

#### 5.1. INSTALACIÓN DEL CABLEADO Y FUSIBLERAS

En el desmontaje de todo el cableado obsoleto se encontró uniones averiadas, falsos contactos, bornes y cables de batería totalmente sulfatados, tablero con luces internas quemadas por cortos circuitos en las conexiones por lo que se procedió la instalación de fusibleras nuevas y cableado nuevo.



Figura 5.2: Instalación de fusibleras y cableado nuevo



Figura 5.3: Fusibleras y fusibles nuevos

## 5.2. INSTALACIÓN DE ACCESORIOS

Todos los accesorios que se instaló son nuevos como los focos silbines fueron reemplazados por faros halógenos H4 de 90/100W para una mejor iluminación



Figura 5.4: Desmontaje de focos silbines



Figura 5.5: Reemplazo focos silbines a faros halógenos



Figura 5.6: Instalación neblineros

### 5.3. INSTALACIÓN DE SENSORES

Para la instalación de los sensores de efecto hall se recurrió a un taller especializado en la adaptación de los mismos realizando la rueda fónica respectivamente en la polea del cigüeñal para el sensor de revoluciones y en la junta del árbol de transmisión para el sensor de velocidad.



Figura 5.7: Rueda fónica adaptada en la polea del cigüeñal



Figura 5.8: Rueda fónica adaptada en la junta del árbol de transmisión

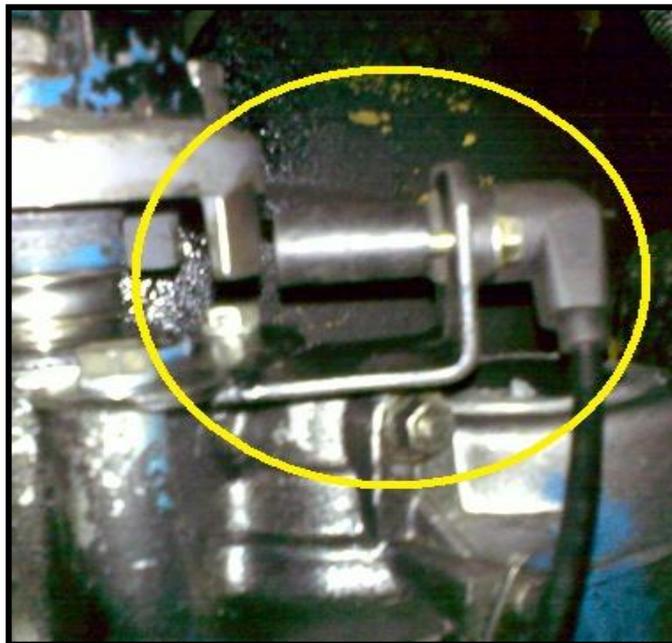


Figura 5.9: Sensor de velocidad



Figura 5.10: Sensor de revoluciones

En la adaptación del sensor de temperatura se instaló uno nuevo del vehículo Renault Clío por su costo bajo pero de buen rendimiento con un nexo de igual rosca que el deteriorado.



Figura 5.11: Sensor de temperatura NTC

## 5.4. INSTALACIÓN DE MÓDULOS

En la instalación de los dos módulos se realizó en primera fase el módulo maestro (control de potencia) con los relés previamente identificados.

Para el módulo esclavo (control touch) se fabricó una caja en fibra de vidrio a la medida de la placa con sus orificios respectivos para las entradas y salidas de comunicación del sistema.

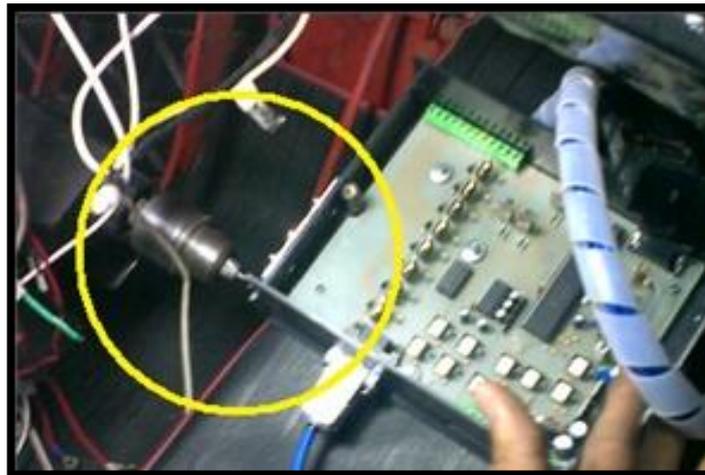


Figura 5.12: Fijación del módulo esclavo con platinas de aluminio



Figura 5.13: Fijación del conjunto de relés



Figura 5.14: Reemplazo de regulador electromecánico por un electrónico



Figura 5.15: Instalación del módulo maestro con la pantalla GLCD



Figura 5.16: Fijación módulo maestro con la pantalla GLCD

## 5.5. SISTEMA EN FUNCIONAMIENTO

Una vez instalado todo el sistema se tiene el siguiente procedimiento para poner en funcionamiento.



Figura 5.17: Master switch del sistema



diferentes lecturas del sistema como nivel de combustible, temperatura del motor y ambiente, voltaje de la batería, presión de aceite



Figura 5.20: Contacto del vehículo, luz de salón y guías activadas



Figura 5.21: Luz de salón



Figura 5.22: Activación de todos los accesorios



Figura 5.23: Neblinero trasero, aparco y guías encendidas



Figura 5.24: Neblineros, faros en alta activados

## 5.6. DIAGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Ver anexo E

## 5.7. PRUEBAS

Las verificaciones más importantes son las siguientes:

- Funcionamiento de las interfaces utilizadas e interacción pertinente de éstas con los microcontroladores.
- Comunicación serial dúplex entre los microcontroladores maestro y esclavo, sin bits errados.
- Respuesta correcta de los controladores ante los diferentes comandos manejados en la transmisión / recepción de datos.
- Adecuada actualización de datos en la GLCD de acuerdo a las frecuencias de muestreo establecidas para cada variable.
- Correspondencia entre los valores medidos de las variables y los valores calculados mediante las funciones de transferencia.

- Apropiaada entrega de voltaje desde los reguladores lineales hacia los dispositivos electrónicos.
- Respuesta acertada del microcontrolador maestro ante la presión de los botones virtuales, en el panel táctil.

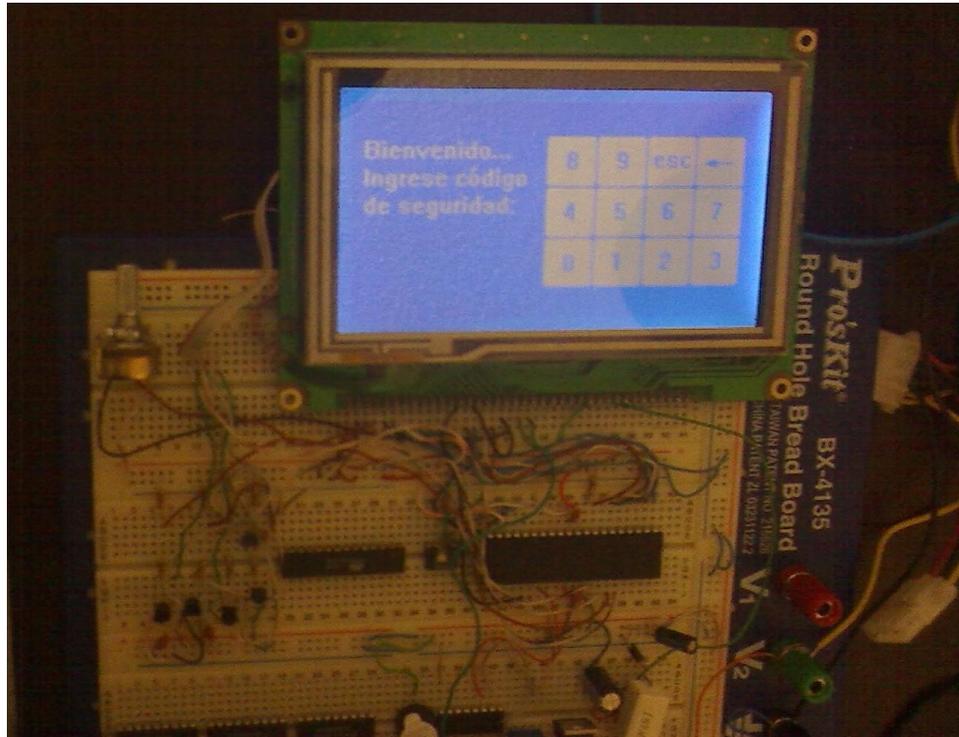


Figura 5.25: Ensayo del sistema completo en el tablero de pruebas

Luego de superar todas las verificaciones y de haberse montado en el vehículo, se confirmó el funcionamiento de todo el sistema en conjunto. Al ser un instrumento de monitoreo, las pruebas consistieron en tomar datos ante distintas condiciones de funcionamiento y compararlos con lecturas adquiridas desde instrumentos digitales similares de precisión aceptable.

Para las referencias de temperatura del habitáculo, temperatura del refrigerante, voltaje del acumulador y velocidad angular del motor, se usó un multímetro automotriz BLUEPOINT MT586.

En la medición de velocidad lineal del vehículo, se utilizó el GPS de un teléfono celular Nokia E71 series, comparando mencionada variable con la velocidad del móvil con respecto a los satélites.

Las muestras se tomaron con el vehículo encendido, para observar posibles fluctuaciones debidas a corrientes parásitas.

### 5.7.1. MEDICIÓN DEL VOLTAJE DEL ACUMULADOR

Se utilizó un potenciómetro para poder variar el voltaje desde la batería.

Tabla 5.1: Mediciones del voltaje del acumulador

MUESTRA	LECTURA PATRÓN (V)	LECTURA SISTEMA (V)	ERROR (%)
1	8,99	9	0,111
2	9,48	9,5	0,210
3	10,01	10	0,099
4	10,51	10,5	0,095
5	11	11	0
6	11,49	11,5	0,087
7	12,01	12	0,083
8	12,48	12,5	0,160
9	12,99	13	0,076
10	13,5	13,5	0

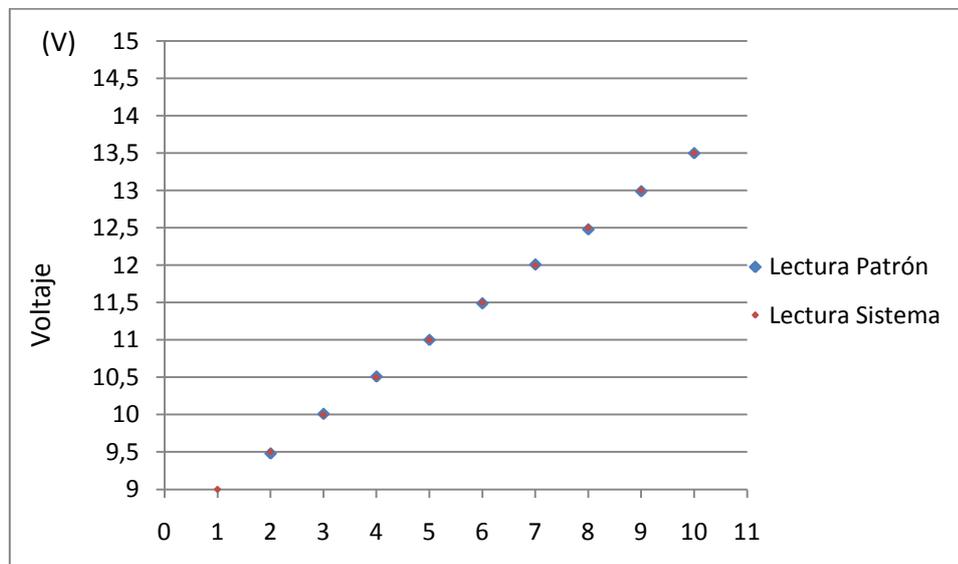


Figura 5.26: Curva de dispersión de mediciones del voltaje del acumulador

## 5.7.2. MEDICIÓN DE LA CANTIDAD DE COMBUSTIBLE

El muestreo se realizó adicionando medidas de combustible al tanque, que estuvo en inicio vacío.

Tabla 5.2: Mediciones de la cantidad de combustible

<i>MUESTRA</i>	<i>LECTURA PATRÓN (%)</i>	<i>LECTURA SISTEMA (%)</i>	<i>ERROR (%)</i>
1	10	10	0
2	20	20	0
3	30	30	0
4	40	41	2,5
5	50	51	2
6	60	59	1,666
7	70	69	1,428
8	80	81	1,250
9	90	91	1,111
10	100	100	0

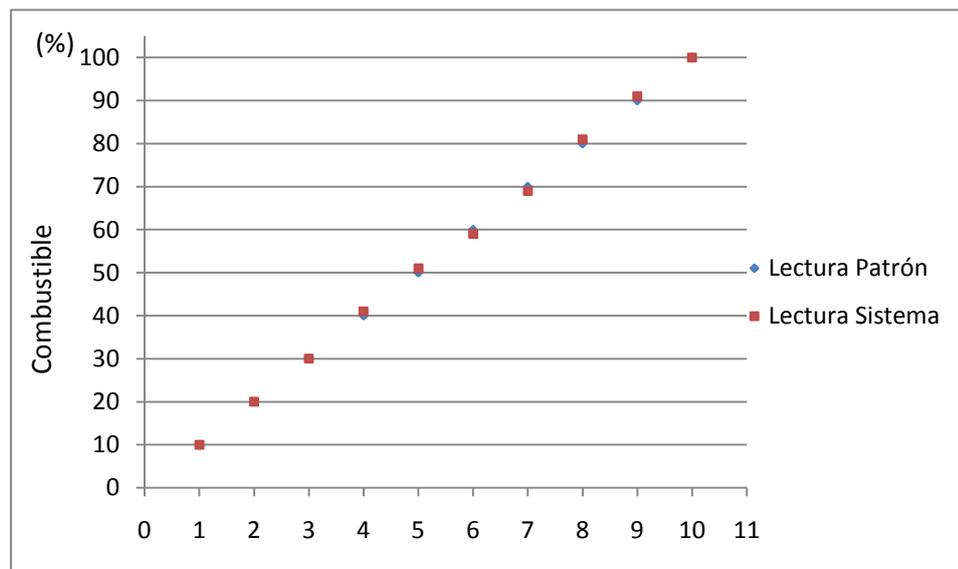


Figura 5.27: Curva de dispersión de mediciones de la cantidad de combustible

### 5.7.3. MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE

La sonda de temperatura del multímetro se colocó en el radiador por la tapa principal del mismo y bien sellada.

Tabla 5.3: Mediciones de la temperatura del refrigerante

MUESTRA	LECTURA PATRÓN (°C)	LECTURA SISTEMA (°C)	ERROR (%)
1	30	30	0
2	35	36	2,857
3	40	41	2,5
4	45	46	2,222
5	50	51	2
6	55	55	0
7	60	60	0
8	65	65	0
9	70	71	1,428
10	75	76	1,333

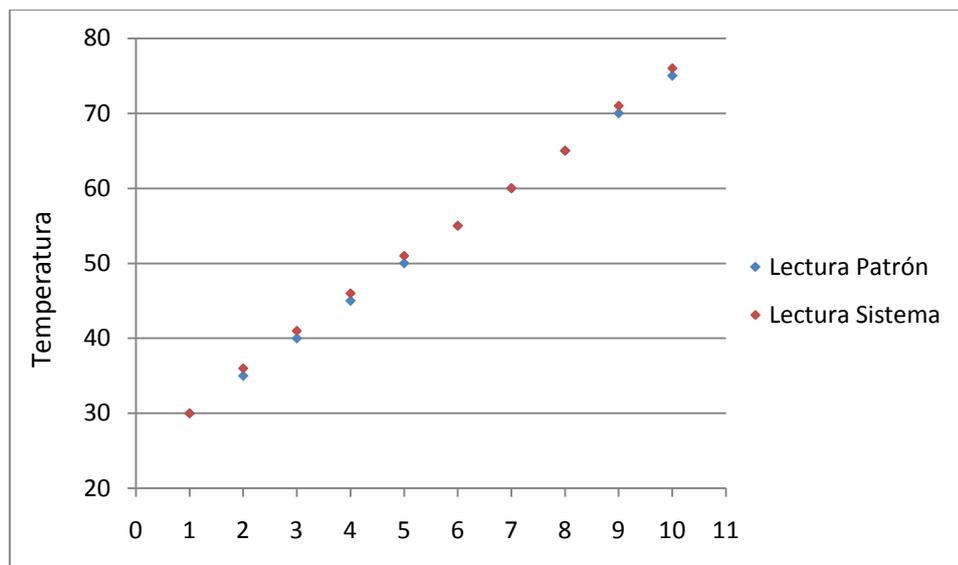


Figura 5.28: Curva de dispersión de mediciones de la temperatura del refrigerante

### 5.7.4. MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DEL HABITÁCULO DEL VEHÍCULO

Debido a que el vehículo es descapotado, esta medición equivale a medir la temperatura del ambiente.

Tabla 5.4: Mediciones de la temperatura del habitáculo del vehículo

MUESTRA	LECTURA PATRÓN (°C)	LECTURA SISTEMA (°C)	ERROR (%)
1	9,9	10	1,010
2	11,9	12	0,840
3	14,1	14	0,709
4	16,1	16	0,621
5	18,1	18	0,552
6	19,9	20	0,502
7	22,1	22	0,452
8	24	24	0
9	26,1	26	0,383
10	28	28	0

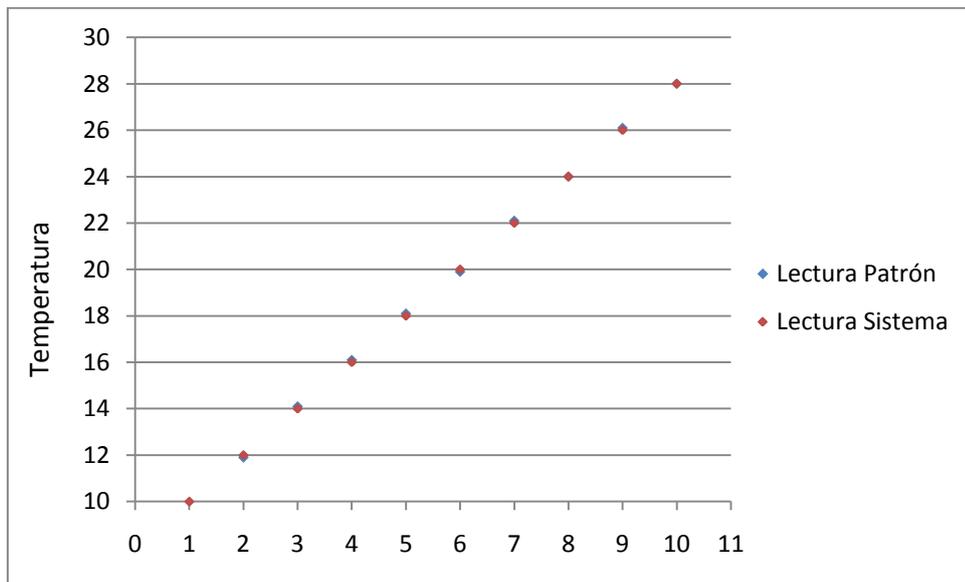


Figura 5.29: Curva de dispersión de mediciones de la temperatura del habitáculo del vehículo

### 5.7.5. MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD ANGULAR DEL MOTOR

Se mantuvo el vehículo a distintos regímenes y se procedió a tomar muestras con el multímetro colocando la punta de prueba en el terminal negativo de la bobina con la selección en el modo para 4 cilindros de 4 tiempos.

Tabla 5.5: Mediciones de la velocidad angular del motor

MUESTRA	LECTURA PATRÓN (RPM)	LECTURA SISTEMA (RPM)	ERROR (%)
1	810	800	1,234
2	1010	1000	0,990
3	1210	1200	0,826
4	1390	1400	0,719
5	1590	1600	0,628
6	1790	1800	0,558
7	1990	2000	0,502
8	2490	2500	0,401
9	3010	3000	0,332
10	3510	3500	0,284

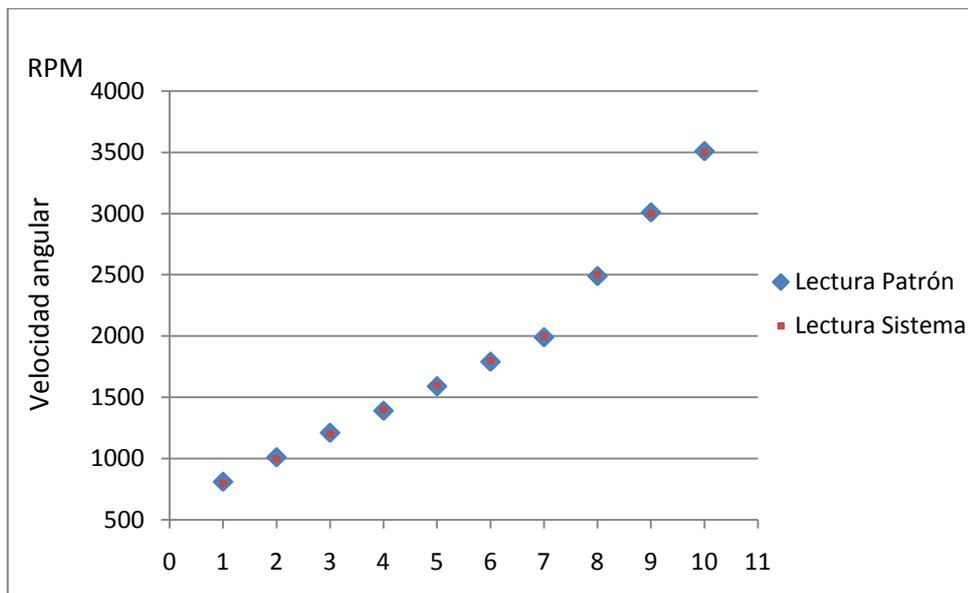


Figura 4.30: Curva de dispersión de mediciones de la velocidad angular del motor

### 5.7.6. MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD LINEAL DEL VEHÍCULO

Se mantuvo el vehículo a velocidades constantes en un lugar abierto para poder comparar las señales del sistema con los dados por el GPS del móvil Nokia E71.

Tabla 5.6: Mediciones de la velocidad lineal del vehículo

<b>MUESTRA</b>	<b>MEDICIÓN CON SNAP – ON MT586 (RPM)</b>	<b>MEDICIÓN EN EL SISTEMA DE ENCENDIDO TEMPORIZADO (RPM)</b>	<b>Error (%)</b>
1	10	10	0
2	15	15	0
3	20	20	0
4	25	26	4
5	30	30	0
6	40	41	2,5
7	50	50	0
8	60	59	1,666
9	70	69	1,428
10	80	80	0

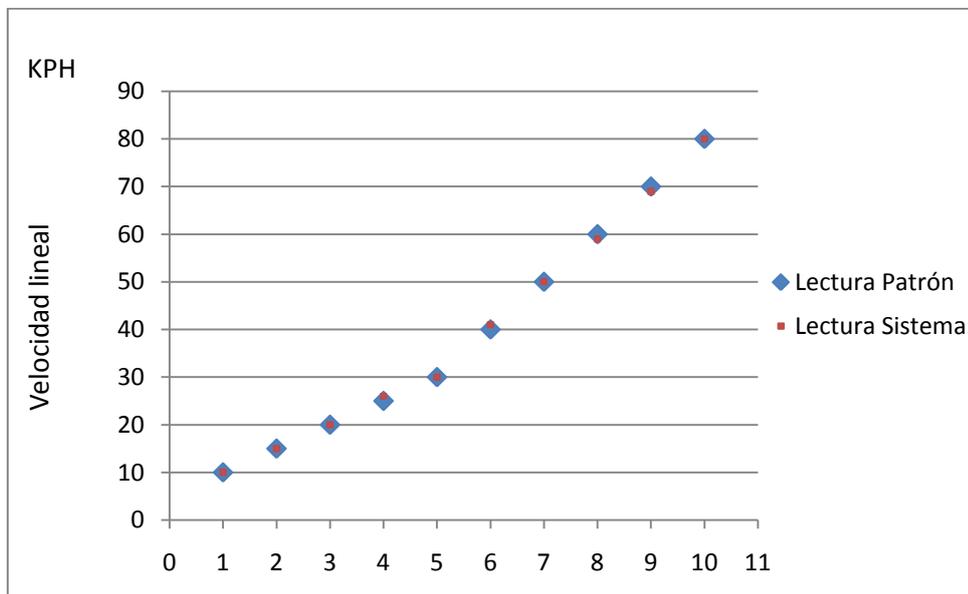


Figura 5.31: Curva de dispersión de mediciones de la velocidad lineal del vehículo

## 5.8. DESEMPEÑO GENERAL DEL SISTEMA

En todas las mediciones realizadas se obtuvieron valores completamente satisfactorios. La siguiente tabla muestra el error máximo obtenido con cada una de las variables determinadas.

Tabla 5.7: Error máximo de cada prueba ejecutada

<i>VARIABLE MEDIDA</i>	<i>ERROR MÁXIMO (%)</i>
Voltaje	0,210
Combustible	2,5
Temperatura del refrigerante	2,857
Temperatura del habitáculo	1,010
Velocidad angular	1,234
Velocidad lineal	4

La inserción de error en la medición de voltaje, se debe únicamente a la aproximación a una cifra decimal que realiza el algoritmo. Con respecto a los errores presentados en las mediciones de combustible y temperatura del refrigerante, se justifican ya que el programa de adquisición utiliza una función de transferencia aproximada, más no una ecuación perfectamente compatible con la variable.

El porcentaje de error en la lectura de la temperatura del habitáculo del vehículo se debe a la aproximación a las unidades del sistema.

Las mediciones de velocidad angular y lineal, indican que este dispositivo de monitoreo, con lecturas basadas en sensores magnéticos, tiene una exactitud extraordinaria.

De manera general, las pruebas de funcionamiento del sistema completo en el vehículo, indican que el dispositivo es fiable y sensible. Así, su implementación sobre cualquier vehículo es recomendable.

## **5.9. PRESUPUESTO**

El presupuesto describe los costos de los elementos del sistema.

Tabla 5.8: Costo de los componentes electrónicos del sistema digital

<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>VALOR UNITARIO</i>	<i>VALOR TOTAL</i>
Microcontrolador PIC18F452	2	12.00	24.00
Transceptor MAX232	2	0.80	1.60
Regulador de voltaje LM7809	2	0.80	1.60
Regulador de voltaje LM317T	3	0.80	2.40
Optoacoplador 4N25	12	0.80	9.60
Conector DB9 acodado	4	0.80	3.20
Conector DB9 con zócalo	4	1.00	4.00
Array ULN2803	2	1.20	2.40
Zócalo PDIP	18	0.30	5.40
Módulo GLCD 240x128 con BACKLIGHT y panel táctil	1	110.0	110.0
MOSFET canal P IRF9530	13	3.00	39.00
Transistor 2N3904	6	0.20	1.20
Cristal	2	1.00	2.00
Conector MOLEX de 12 pines	2	2.00	4.00
Conector MOLEX de 8 pines	2	1.50	3.00
Conector MOLEX de 4 pines	1	0.80	0.80
Zócalo ZIF de 40 pines	1	6.00	6.00
Sensor CLT	1	15.00	15.00
Sensor de temperatura LM35DZ	1	3.00	3.00
Bornera de tornillo de 2 pines	14	0.30	4.20
Caja para alojamiento del sistema	2	15.00	30.00
Cable plano de 20 conductores (0.5m)	1	3.00	3.00
Cable blindado de 2 conductores (8m)	1	8.00	8.00
Relé automotriz 12V/40A	12	3.50	42.00
Cable automotriz N°14 (60m)	1	30.00	30.00
Zócalo para relé automotriz	12	3.00	36.00
Trimmer 1K de alta precisión	5	0.80	4.00
Sensor de efecto hall	2	60.00	120.00
Placa de fibra de vidrio, incluida manufactura	2	25.00	50.00
Elementos de soldadura	1	5.00	5.00
Elementos varios (resistencias, capacitores y leds)	1	6.00	6.00
TOTAL (USD)			576.40

## 5.10. ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO

Se debe tener en cuenta que no existe un dispositivo de características afines en el mercado automotriz. Por ello no se puede hacer un análisis comparativo con sistemas similares.

El prototipo, al ser único en su clase, se presenta como una aplicación autotrónica novedosa y por lo tanto está en plena capacidad de ser difundida en el mercado de accesorios automotrices. Además, su naturaleza programable lo hace fácil de instalar en vehículos de distintas características.

El sistema tiene bajo costo en relación a su gran desempeño.

## 6. CONCLUSIONES

Finalizando el presente trabajo de investigación se concluye lo siguiente:

- Se diseñó, construyó e implementó un sistema electrónico de monitoreo de accesorios y parámetros de control del vehículo a través de una pantalla GLCD táctil.
- El sistema es un dispositivo eficiente que cumple con los requerimientos propuestos en su concepción: es insensible a la interferencia eléctrica, fiable en la administración de los sistemas eléctricos del auto y preciso en la lectura e interpretación de variables.
- Los elementos eléctricos y electrónicos que forman parte del sistema son dispositivos vigentes y de gama mejorada, características que incrementaron la respuesta eficiente del módulo pero provocaron la elevación de su precio.
- Las funciones de transferencia de los sensores, adaptadas mediante modelos matemáticos de aproximación, se constituyen en una excelente herramienta para interpretar señales desde sensores o transductores, cuyas especificaciones eléctricas se desconocen.
- El desarrollo eficiente de este mecanismo se debió en gran parte a las herramientas utilizadas. El compilador CCS permitió la programación del firmware del microcontrolador con relativa facilidad. PROTEUS disminuyó el tiempo de diseño al permitir simular el hardware y firmware. Además, EAGLE facilitó el diseño de los diagramas electrónicos.
- Por los resultados emitidos en las pruebas de campo indicaron que el prototipo es un sistema confiable, versátil y de alto desempeño.

- La realización de un manual de usuario permitió dejar disponible una herramienta útil para facilitar la familiarización del operador con el sistema.

## 7. RECOMENDACIONES

- Al momento de la instalación del sistema tener mucha precaución con los elementos deteriorados, como bornes de la batería y cables del arranque sulfatados ya que estos producen una alta caída del voltaje al momento de dar arranque el vehículo y el sistema tiende a reiniciarse.
- No exponer el sistema al fuego.
- No usar alcohol para limpiar el dispositivo o otras sustancias de limpieza, realizarlo con un paño seco libre de grasas o cualquier sustancia que pueda dañar el sistema.
- Evitar el contacto con el agua o líquidos q puedan afectar el sistema.
- No exponer a temperaturas altas a los módulos de funcionamiento.
- La activación de los sistemas en la pantalla táctil no se deben hacer con algún elemento corto punzante.
- Por ser un sistema electrónico evitar realizar soldaduras en el vehículo en caso de ser necesario desconectar la batería.
- Utilizar el manual de usuario en caso de dudas en la instalación y utilización del mismo.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- BATES M., “*Interfacing PIC Microcontrollers: Embedded Design by Interactive Simulation*”, (2006). Elsevier, Burlington MA 01803 – USA.
- IBRAHIM D., “*Microcontroller Based Applied Digital Control*”, (2006). John Wiley & Sons, England.
- IBRAHIM D., “*Advanced PIC Microcontroller Projects in C*”, (2008). Elsevier, Burlington MA 01803, USA.
- JOHNSON D., “*Análisis Básico de Circuitos Eléctricos*”, (1995). Quinta Edición, Prentice.
- MICROCHIP TECHNOLOGY INC, “*Embedded Control Handbook*”, (1997). *Microchip Technology Inc*, USA: Arizona.
- MICROCHIP TECHNOLOGY INC, “*PIC18FXX2 Datasheet*”, (2007). *Microchip Technology Inc*, USA: Arizona.
- MUHAMMAD R., “*Electrónica de Potencia: Circuitos, Dispositivos y Aplicaciones*”, (2004). Tercera Edición, Pearson Educación, México.
- RAMOS G., “*Electrónica Digital y Circuitos Integrados*”, (2000). CEKIT Compañía Editorial Tecnológica, Colombia: Pereira.

## **ANEXOS**

## **ANEXO “A”. DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS**

## **ANEXO “B”. DISEÑO DE LAS PLACAS DE CIRCUITO IMPRESO**

## **ANEXO “C”. MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA**

**ANEXO “D”. ARTÍCULO PARA REVISTA**

**ANEXO “E”. DIAGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA**

Latacunga, Diciembre 2010

Realizado por:

---

JAIME FERNANDO CERVANTES ORQUERA

---

BETTY ELIZABETH ESPIMBERA BELALCÁZAR

---

ING. JUAN CASTRO C.  
DIRECTOR DE CARRERA  
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

---

DR. EDUARDO VÁSQUEZ A.  
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE  
ADMISIÓN Y REGISTRO