

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

SEDE LATACUNGA



CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO A BORDO CON CONEXIÓN POR RADIO FRECUENCIA PARA UN VEHÍCULO CHEVROLET FORSA 1.3 LT”

PROYECTO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

ALEX FELIPE NÚÑEZ MAYORGA

Latacunga, Octubre del 2008

CERTIFICACIÓN

CERTIFICO QUE EL PRESENTE PROYECTO TEÓRICO PRÁCTICO FUE DESARROLLADO EN SU TOTALIDAD POR EL SEÑOR ALEX FELIPE NÚÑEZ MAYORGA Y LA SEÑORITA JULIETA NATHALIE VÁSCONEZ TOVAR, EGRESADOS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ Y DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN RESPECTIVAMENTE, BAJO NUESTRA DIRECCIÓN Y CODIRECCIÓN.

ING. GALO ÁVILA

DIRECTOR DEL PROYECTO

ING. GERMÁN ERAZO

CODIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme sus bendiciones durante mi vida estudiantil, por haberme dado fortaleza para superar los momentos de dificultad y poder culminarla con éxito.

A mi familia; por ser mi apoyo en el día a día, por su esfuerzo, cariño y paciencia

A mis maestros de la ESPE, por guiarme con sabiduría durante mi formación profesional.

Para todos ellos, inmensa gratitud.

Alex

DEDICATORIA

Para mi familia, quienes con su ejemplo de sacrificio y entrega han forjado en lo más profundo de mi ser el sentido del amor, responsabilidad y tenacidad, haciendo de mí una persona de bien.

Alex

CONTENIDO

Resumen.....	i
Presentación.....	ii

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. SISTEMAS DEL MOTOR.....	1
1.1.1 SISTEMA DE ADMISION DE AIRE.....	1
1.1.2 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE	2
1.1.3 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	10
1.1.4 SISTEMA DE LUBRICACIÓN	12
1.1.5 SISTEMA DE ENCENDIDO	13
1.2 PARÁMETROS A CONTROLAR EN UN MOTOR.....	15
1.3 MICROCONTOLADORES Y SUS APLICACIONES EN EL VEHÍCULO .	16
1.4 COMPUTADORAS A BORDO	17
1.5 COMUNICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA	17
1.6 ESTANDAR RS-232.....	19

CAPÍTULO II

ANÁLISIS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

2.1 TÍTULO DEL PROYECTO	20
2.2 ÁREA DE INFLUENCIA	20
2.3 ANTECEDENTES.....	20

2.4	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROBLEMA A RESOLVER	21
2.5	OBJETIVO GENERAL	22
2.6	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
2.7	METAS DEL PROYECTO.....	23
2.8	METODOLOGÍA	23
2.9	DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA	24
2.10	SELECCIÓN DE ELEMENTOS	25
2.10.1	SELECCIÓN DE SENSORES.....	25
2.11.2	SELECCIÓN DEL MICROCONTROLADOR.....	26
2.11.3	SELECCIÓN DEL DISPLAY LCD	27
2.11.4	SELECCIÓN DE LOS RADIOS Y ANTENAS	28
2.11.5	SELECCIÓN DEL COMPUTADOR.....	29
2.11	DISEÑO DEL HARDWARE DEL SISTEMA.....	29
2.11.1	DISEÑO DE LA FUENTE.....	29
2.11.2	ACONDICIONAMIENTO DE ENTRADAS ANALÓGICAS	30
2.11.3	ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES DIGITALES.....	31
2.11.4	DISEÑO DEL HARDWARE DE TRANSMISIÓN.....	32
2.11.5	DISEÑO DEL HARDWARE DE VISUALIZACIÓN	32
2.12	CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO.....	33
2.13	DISEÑO DEL SOFTWARE DE ADQUISICIÓN Y TRANSMISIÓN DE DATOS.....	33
2.14	DISEÑO DE LAS INTERFACES HMI	40

2.15	INSTALACIÓN DEL MÓDULO EN EL VEHÍCULO.....	42
------	--	----

CAPÍTULO III

PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.1	DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL PROYECTO.....	44
3.2	PRUEBAS EXPERIMENTALES	45
3.2.1	PRUEBA DE VELOCIDADES DE TRANSMISIÓN.....	45
3.2.2	PRUEBA DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN	46
3.2.3	PRUEBAS DE INTERFERENCIA.....	48
3.3	ANÁLISIS TÉCNICO.....	48
3.3.1	PRESTACIONES DEL SISTEMA.....	49
3.4	ALCANCES Y LIMITACIONES	64

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1	CONCLUSIONES	65
4.2	RECOMENDACIONES.....	66

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
--	-----------

ANEXOS.....	68
--------------------	-----------

ANEXO A	Diagrama eléctrico del sistema de monitoreo por radiofrecuencia	
----------------	---	--

ANEXO B	Diseño del circuito impreso del sistema de monitoreo por radiofrecuencia
ANEXO C	Código del programa del microcontrolador
ANEXO D	Reportes históricos generados por el sistema
ANEXO E	Especificaciones técnicas del PIC 16F877A
ANEXO F	Especificaciones técnicas del MAX232
ANEXO G	Especificaciones técnicas del AD820
ANEXO H	Especificaciones técnicas del radio NL900
ANEXO I	Manual del Usuario
ANEXO J	Artículo Infociencia

RESUMEN

El hecho de que existen vehículos que no poseen sistemas de monitoreo, es la principal razón que dio origen a la presente investigación que se enfoca en el desarrollo de un sistema de monitoreo a bordo con conexión por radiofrecuencia. Este proyecto se presenta como una herramienta para los propietarios de este tipo de vehículos, debido a que brinda la posibilidad de realizar un monitoreo al interior del mismo y a distancia.

El proyecto plantea un sistema que monitorea al vehículo durante su desempeño, por lo que se presupone que su aplicabilidad específica es en competencias en circuitos; sin embargo no se puede dejar de lado su utilización como una herramienta en grandes talleres en donde el monitoreo remoto de vehículos es de gran utilidad.

El sistema supervisa los parámetros más importantes del vehículo, y los presenta al usuario a través de dos interfaces, una al interior del vehículo y otra de manera remota en un computador. Adicionalmente el sistema genera un reporte de los datos de funcionamiento del vehículo durante el monitoreo, en una hoja de cálculo en la que se pueden observar la fecha y hora de las mediciones de las características importantes del vehículo así como sus magnitudes, dando la oportunidad al usuario de detectar fallas durante el desempeño del vehículo información necesaria para la toma de decisiones.

PRESENTACIÓN

El presente trabajo contiene los resultados procedentes de la investigación realizada para desarrollar el Sistema de Monitoreo a Bordo con Conexión por Radiofrecuencia; este incluye los aspectos teóricos y prácticos tratados para llegar a concluir con éxito el proyecto, los mismos que se describen sintéticamente a continuación.

En el Capítulo I, se describen los sistemas del vehículo y del motor, con la finalidad de identificar aquellos de más importancia y describir sus características relevantes, a fin de que los datos del monitoreo reflejen el estado de estos parámetros, se incluye una breve descripción del uso de los microcontroladores en el vehículo, así como una revisión de temas importantes que sirvieron de base para el desarrollo del proyecto como computadoras a bordo, comunicación por radiofrecuencia y el estándar RS-232.

Dentro del Capítulo II, se hace una explicación de las razones que justifican el desarrollo el proyecto. Se hace una descripción general del proyecto por medio de un diagrama de bloques, se explica también la selección de elementos eléctricos y electrónicos utilizados en la construcción del hardware y los diseños de los circuitos electrónicos y del software desarrollado para el microcontrolador y para el computador. Se hace referencia asimismo a la instalación del módulo en el vehículo.

El Capítulo III, describe el proyecto, denota sus prestaciones y hace referencia a los alcances y limitaciones que posee el mismo. La pruebas experimentales realizadas y sus resultados están incluidas en este capítulo.

Las conclusiones y recomendaciones de la investigación se recogen en el Capítulo IV.

Finalmente se incluyen en el este trabajo las referencias bibliográficas y los anexos correspondientes, que contienen los diagramas eléctricos del sistema, los códigos fuente del software diseñado, ejemplos de los reportes que está en

capacidad de realizar el sistema, las especificaciones técnicas de los elementos electrónicos y el correspondiente manual del usuario.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. SISTEMAS DEL MOTOR

El motor es una máquina térmica que convierte la energía calorífica del combustible en energía mecánica de movimiento, para realizar este proceso, intervienen algunos sistemas que se encuentran dentro del mismo, entre los cuales podemos enumerar los siguientes:

- Sistema de admisión de aire
- Sistema de alimentación de combustible
- Sistema de refrigeración
- Sistema de lubricación
- Sistema de encendido

Todos estos sistemas conforman el motor, si alguno de estos no funciona adecuadamente, el tampoco lo hará; además de estos sistemas, existen otros que se encuentran en el vehículo y que sin estos no podría desplazarse, como lo son:

- Sistema de transmisión
- Sistema de frenos

Para el presente trabajo solo nos vamos a centrar en los sistemas anteriormente expuestos y aplicados en motores con inyección Monopunto.

1.1.1 SISTEMA DE ADMISION DE AIRE

El sistema de admisión de aire, como su nombre lo indica es el encargado de proveer al motor la cantidad necesaria de aire para su mezcla con combustible, para que sea absorbida por el motor, y lo convierta en energía mecánica. Como en todo sistema tiene algunos componentes, los cuales detallamos a continuación (Figura 1.1).

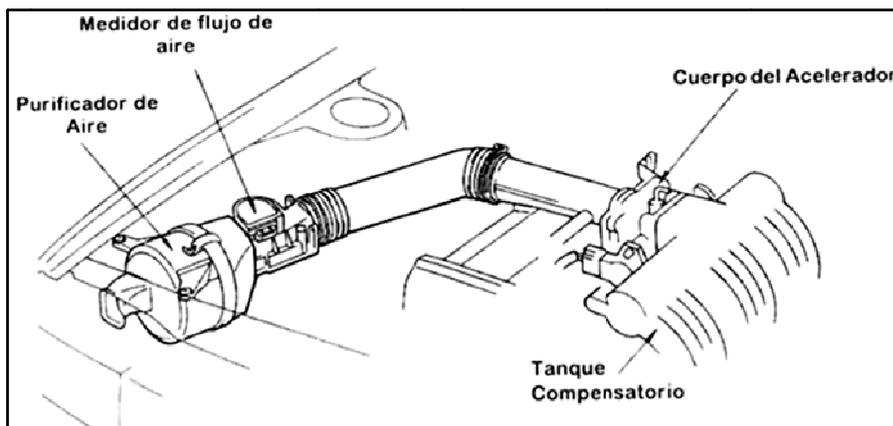


Figura 1.1 Sistema de Admisión de Aire.

El aire que ha sido tomado limpiado por el purificador de aire, fluye hacia el motor de acuerdo con el ángulo de apertura de la mariposa del acelerador, luego es distribuido a los cilindros a través del múltiple de admisión. En motores con EFI, la cantidad de aire de admisión es detectada por un medidor del flujo de aire (EFI – L) o sensor de vacío (EFI – D) a fin de hacer la apropiada mezcla de aire-combustible. El computador luego envía señales de inyección de combustible para el sistema de combustible de acuerdo con el volumen de aire de admisión.

1.1.2 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE

Este sistema suministra combustible al motor, bombeado desde el tanque de combustible por la bomba de combustible pasa a través de la línea de presión (tubería de alta presión) y es filtrado en el filtro de combustible. Este es luego distribuido al inyector o inyectores a través de la tubería de entrega. El inyector pulveriza en el cuerpo de inyección el combustible en el caso de ser un sistema Monopunto, o en el múltiple de inyección en el caso de ser un sistema Multipunto

Para el presente estudio se analizó el sistema monopunto y sus componentes (Figura.1.2).

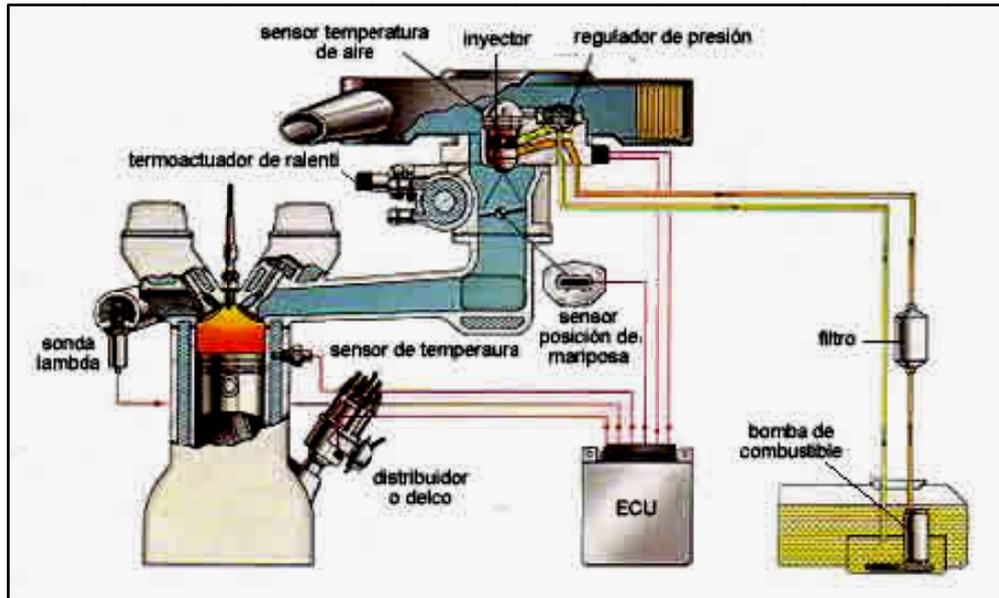


Figura 1. 2 Esquema de un Sistema Monopunto

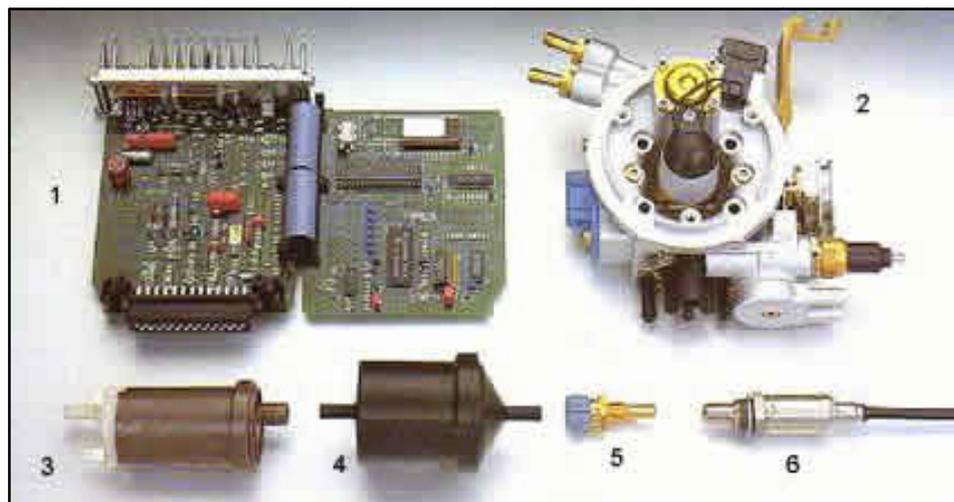


Figura 1.3 Componentes de un sistema Monopunto

Componentes del sistema Mono-jetronic (Figura 1.3):

- 1.- ECU
- 2.- Cuerpo de mariposa
- 3.- Bomba de combustible
- 4.- Filtro
- 5.- Sensor temperatura refrigerante

6.- Sonda lambda

1.1.2.1 Bomba de combustible

La bomba de combustible es la encargada de absorber el combustible del tanque y enviarla con una presión determinada hacia el cuerpo de inyección no sin antes pasar por filtros.

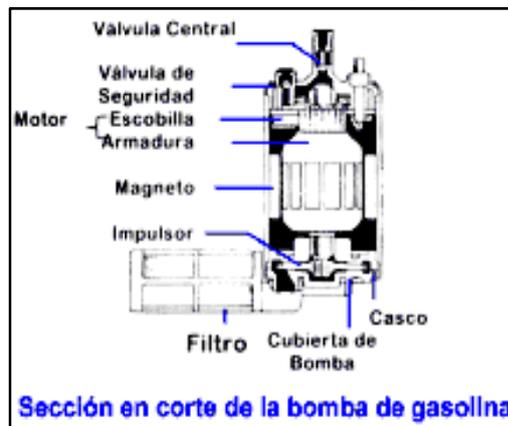


Figura 1.4 Corte en Sección de Bomba de Combustible

1.1.2.2 Filtro de Combustible

El filtro de combustible, es un elemento que consta de múltiples capas de papel filtrante, el cual retiene las impurezas del combustible al pasar por este. Existen dos tipos de filtros, el uno es de recubrimiento de plástico y de construcción más débil, y que regularmente es usado en motores a carburador, puesto que no soportan presiones muy altas, al contrario de los motores que poseen inyección, que tienen que soportar presiones altas, y por lo tanto usan filtros de construcción más fuerte tanto interna como externamente, estos filtros son de recubrimiento metálico.

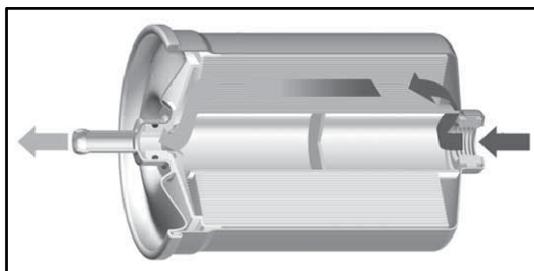


Figura 1.5 Filtro de Combustible

1.1.2.3 Regulador de Presión

El regulador de presión está compuesto de una carcasa contenedora, un dispositivo móvil constituido por un cuerpo metálico y una membrana accionada por un muelle calibrado.

Cuando la presión del combustible sobrepasa el valor determinado, el dispositivo móvil se desplaza y permite la apertura de la válvula que deja salir el excedente de combustible, retornando al depósito por una cañería de retorno

Un orificio calibrado, previsto en el cuerpo de inyección pone en comunicación la cámara de regulación con la cañería de retorno, permitiendo así disminuir la carga hidrostática sobre la membrana cuando el motor esta parado.

La presión de funcionamiento es de 0,8 bar.

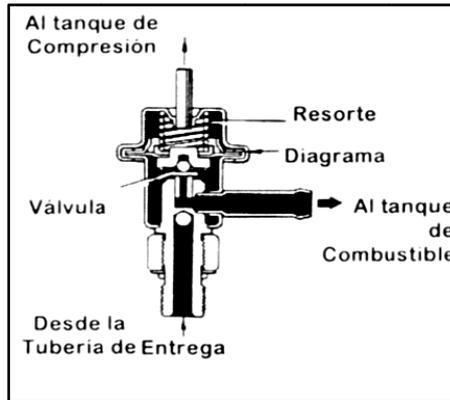


Figura 1.6 Sección en Corte del Regulador de Presión

1.1.2.4 Sensor de Temperatura de Aire (IAT)

El sensor de la temperatura del aire se halla situado en el cuerpo de la mariposa y registra la temperatura del aire aspirado. La ECU mide el cambio de resistencia del sensor para calcular la temperatura a la que esta ingresando el aire.

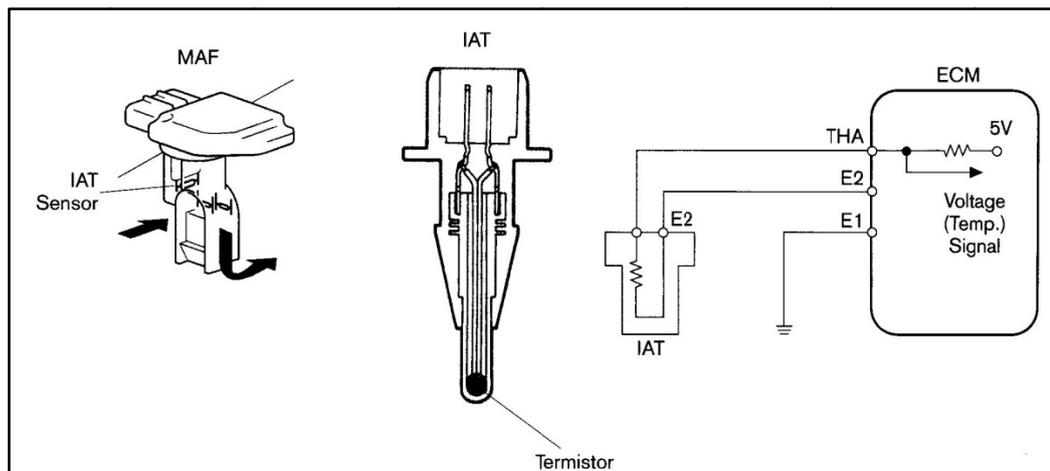


Figura 1.7 Sensor de Temperatura de Aire

1.1.2.5 Cuerpo de Mariposa

El cuerpo de la mariposa aloja el regulador de la presión del combustible, el motor paso a paso de la mariposa y el inyector único. La ECU controla el motor paso a paso de la mariposa y el inyector. El contenido de monóxido de carbono no se puede ajustar manualmente. El interruptor potenciómetro de la mariposa va

montado en el eje y envía una señal a la ECU indicando la posición de la mariposa. Esta señal se convierte en una señal electrónica que modifica la cantidad de combustible inyectada. El inyector accionado por solenoide pulveriza la gasolina en el espacio comprendido entre la mariposa y la pared del venturi. El motor paso a paso controla el ralentí abriendo y cerrando la mariposa. El ralentí no se puede ajustar manualmente.

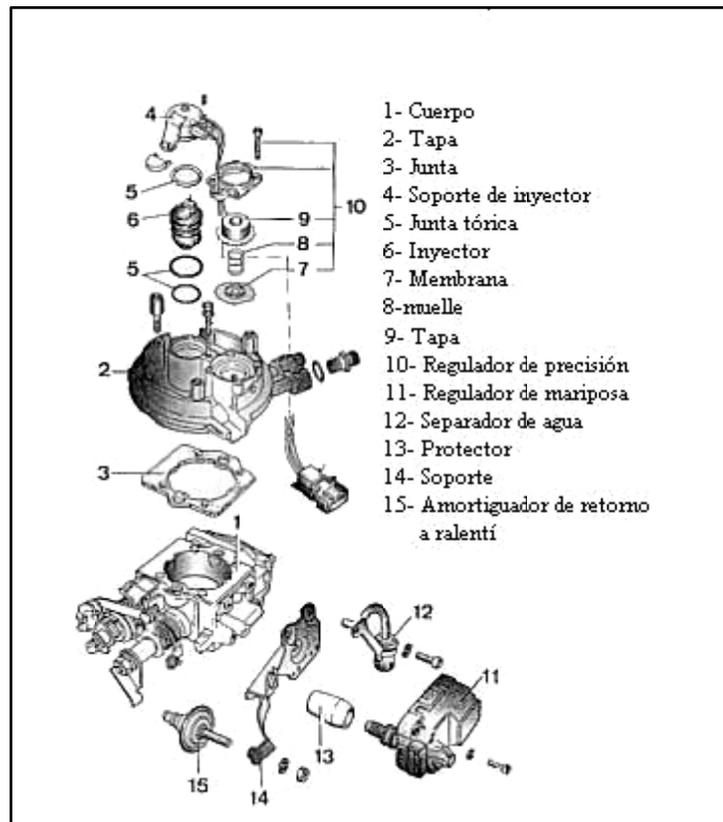


Figura 1.8 Cuerpo de Mariposa

1.1.2.6 Sensor de Posición de Mariposa (TPS)

El sensor TPS es el encargado de informar a la ECU en que posición se encuentra la mariposa; está compuesto por un potenciómetro de tres cables, en algunos casos son cuatro, este cable es de un interruptor que indica si la mariposa se encuentra en posición de ralentí. La señal que se obtiene de este

sensor es de tipo analogico, y va desde menos de 1 voltio, (cuando esta la mariposa se encuentra en la posición de ralenti), hasta 4,5 voltios (cuando esta totalmente abierta).

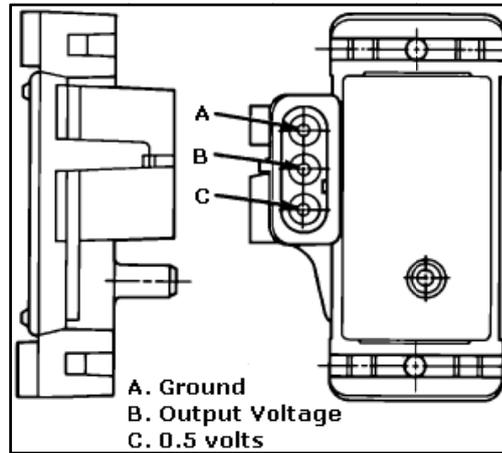


Figura 1. 9 Sensor Tps

1.1.2.7 Inyector

El inyector es un elemento inductivo, que funciona como una válvula, que deja el paso de combustible, ya que el inyector recibe el combustible presurizado desde el depósito de combustible, e inyecta cuando la *ECU* manda una señal que cierra el circuito y el émbolo que está dentro del inyector se alza, permitiendo el paso de combustible hacia el motor.

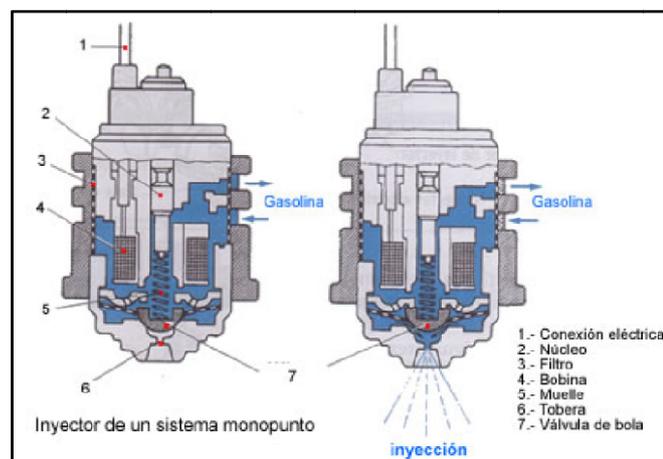


Figura 1.10 Inyector de un sistema monopunto

1.1.2.8 Sensor de temperatura del motor (WTS - ECT)

El sensor de temperatura del motor, es un elemento termistor, es decir es una resistencia que varía con la temperatura. Esta señal le sirve a la ECU para determinar la cantidad de combustible que debe suministrar el inyector, según su *cartografía* de inyección.

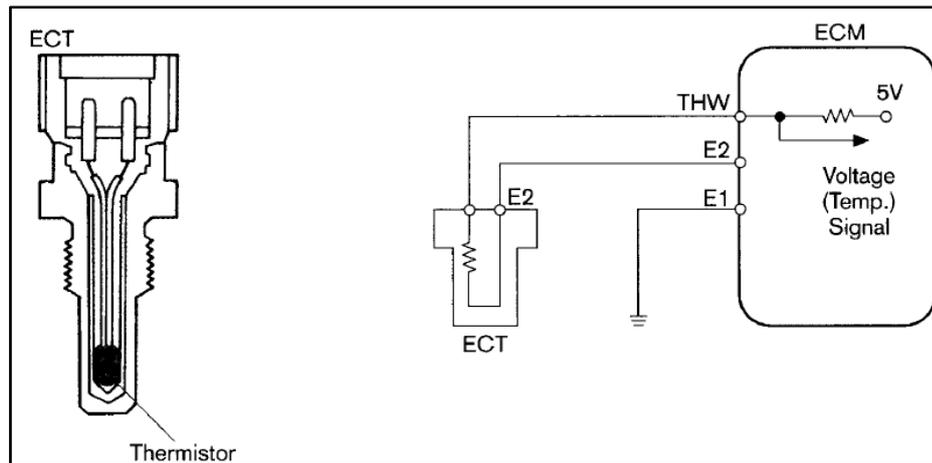


Figura 1. 11 Sensor de Temperatura del motor

1.1.2.9 Sensor de Oxígeno

Está basado en el principio de funcionamiento de una célula galvánica de concentración de oxígeno con un electrolito sólido.

El electrolito sólido está formado por un compuesto cerámico de Dióxido de Zirconio estabilizado con óxido de litio, dicha estructura es impenetrable por los gases, la capa cerámica está cerrada por un extremo, por el otro extremo está en contacto con la atmósfera (aire exterior) como referencia, ambos extremos del cuerpo cerámico están provistos en su parte interna de electrodos que poseen una fina capa de platino permeable a los gases, un tubo cerrado por un extremo y ranurado por los laterales que protege al cuerpo cerámico de golpes y cambios bruscos de temperatura.

El cuerpo cerámico es permeable a los iones de O₂ a partir de aproximadamente 350° C, con temperaturas de trabajo de 600° C, esta es la razón por la cual las

sondas lambda están siendo provistas de sistemas calentadores (resistencias eléctricas) para que la sonda entre en funcionamiento (envíe señal a la E.C.U) cuando el motor aún, no ha alcanzado su temperatura normal de funcionamiento.

El contenido de O₂ en los gases de escape en relación con el aire de referencia producen una tensión eléctrica entre ambas superficies.

Esta tensión puede ser, con una mezcla rica ($\lambda < 1$) de 800 a 1000 mV (0.8 a 1.0 voltios) con una mezcla pobre ($\lambda > 1$), la tensión estaría en valores de 100 mV (0.01 Voltios).

El margen de transición entre mezcla rica y pobre, está entre 450 y 500 mV (0.45 a 0.50 Voltios).

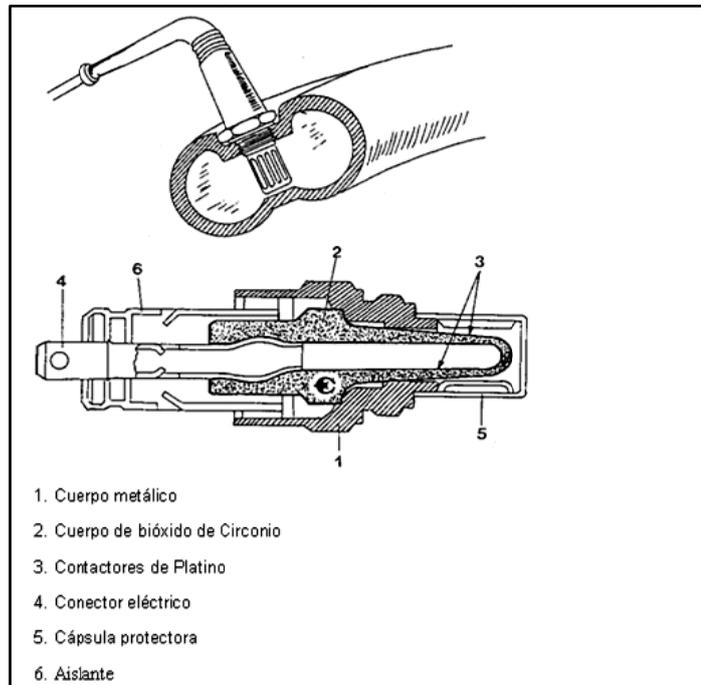


Figura 1.12 Partes de un sensor de Oxígeno

1.1.3 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El sistema de refrigeración, es el encargado de mantener una temperatura óptima de funcionamiento para el motor, para que este tenga el mejor desempeño posible, y sin riesgos de sufrir daños por recalentamiento.

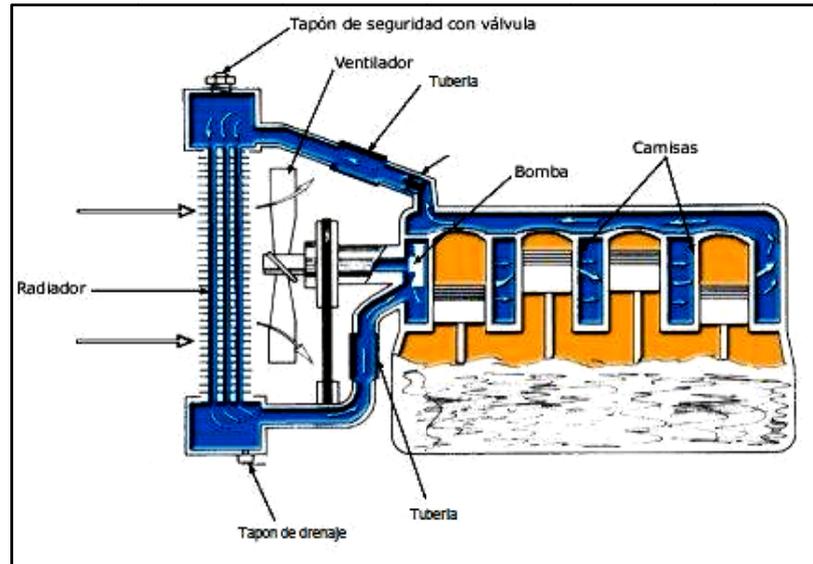


Figura 1.13 Esquema del sistema de refrigeración

Una polea accionada por el cigüeñal hace funcionar el ventilador que lleva a pasar el aire por el radiador.

El radiador es un depósito de láminas por donde circula el agua. Tiene un tapón por donde se rellena y dos comunicaciones con el bloque, una para enviarle agua y otra para recibirla. Los conductos que comunican con el bloque son de goma dura y sujetos por abrazaderas.

En tiempo frío, desde que se arranca el motor hasta que alcance la temperatura ideal de los 75°C ó 90°C, conviene que no circule agua fría del radiador al bloque, por lo que se intercala, a la salida del bloque, el termostato y que, mientras el agua no alcance la temperatura adecuada para el motor, no permita su circulación.

Para evitar que se congele el agua del circuito, cuando el clima está muy frío, se suelen utilizar otros líquidos, que soportan bajas temperaturas sin solidificarse, denominados anticongelantes.

El termostato está formado por un material muy sensible al calor y consiste en una espiral bimetalica o un acordeón de metal muy fino ondulado y que debido a

la temperatura del agua abre o cierra una válvula, regulando así la circulación del refrigerante.

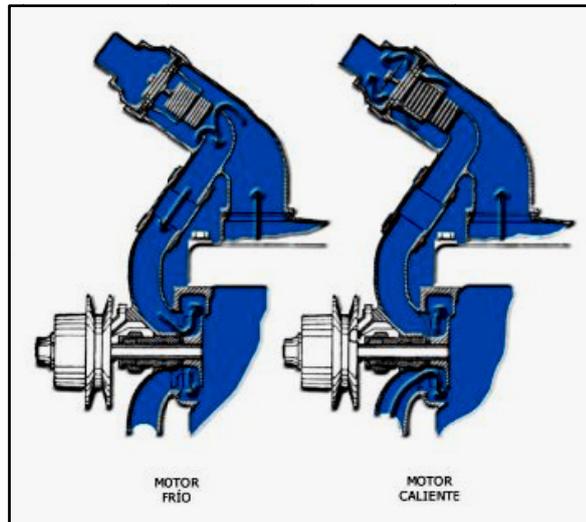


Figura 1.14 Funcionamiento del Termostato

1.1.4 SISTEMA DE LUBRICACIÓN

La lubricación tiene varios objetivos:

- Reducir el rozamiento o fricción para optimizar la duración de los componentes.
- Disminuir el desgaste.
- Reducir el calentamiento de los elementos del motor que se mueven unos con respecto a otros.

Las partes de un sistema de lubricación son:

1. Cárter
2. Malla o Filtro de la Bomba
3. Bomba de Aceite
4. Filtro de Aceite
5. Varilla indicadora
6. Conductos de lubricación

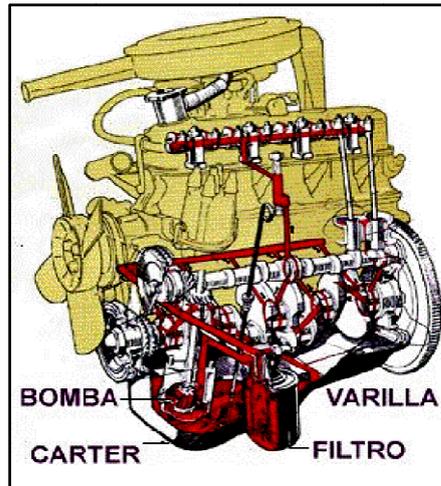


Figura 1.15 Sistema de Lubricación

1.1.5 SISTEMA DE ENCENDIDO

Este sistema proporciona impulsos de alto voltaje (de 20,000 a 40,000 volts) entre los electrodos de las bujías en el cilindro del motor. Estos impulsos producen arcos eléctricos en el espacio comprendido entre los electrodos de la bujía, chispas que inflaman la mezcla comprimida en la cámara de combustión. Cada arco eléctrico se sincroniza de manera que salte cuando el pistón se aproxima al punto muerto superior en la carrera de compresión.

Para cumplir con estos objetivos existen 2 tipos diferentes de sistemas de ignición los cuales son muy importantes y éstos son:

- Encendido convencional (platinos y condensador)
- Encendido electrónico

Para el presente estudio nos centraremos en el sistema de encendido electrónico.

1.1.5.1 Encendido Electrónico

“Los sistemas de encendido electrónico no tienen platinos y condensador pero cuentan con elementos que hacen la misma función que ellos. En algunos casos pueden ser el reluctor y el elemento magnético, el sensor óptico o el de efecto

Hall los que producen este funcionamiento. Estos sistemas permiten producir mayores voltajes para generar la chispa en las bujías, éste puede ser de hasta 40,000 volts, además de que permiten tener mejor respuesta a altas revoluciones. Son mucho más confiables que los sistemas de encendido con platinos y condensador, ya que no requieren calibración ni mantenimiento periódico.

Cuando alguno de los dientes del reluctor coincide con la pastilla magnética, se envía una señal al módulo de control electrónico el cual le permite que la corriente fluya desde el acumulador hasta el devanado primario de la bobina. Inicialmente el flujo de corriente empieza a incrementarse rápidamente, apareciendo una fuerza electromotriz en el devanado primario que se opone a ella, hasta llegar a una corriente máxima. Una vez que la corriente fluye a través del devanado primario, se induce un campo magnético que corta al devanado secundario produciendo un alto voltaje en éste. Debido a que la fuerza electromotriz se opone al flujo de corriente, el voltaje en el primario es de baja intensidad, por lo que también en el secundario el voltaje inducido es bajo y no lo suficiente como para vencer el dieléctrico entre los electrodos de las bujías y producir el arco eléctrico.

El sistema está diseñado de manera que la corriente en el primario alcance su máximo cuando los dientes del reluctor se alejen de la pastilla magnética. Esto genera otra señal en el módulo de control electrónico que corta la corriente a la bobina. Con el circuito primario abierto, el acumulador no proporciona corriente a través de aquél y el campo magnético de la bobina se corta; este corte induce un alto voltaje en el devanado secundario. Este alto voltaje es distribuido a cada una de las bujías a través de sus respectivos cables.”¹

¹ www.4x4noja.es/tecnicas/mecanica_basica/sistema_de_encendido.pdf

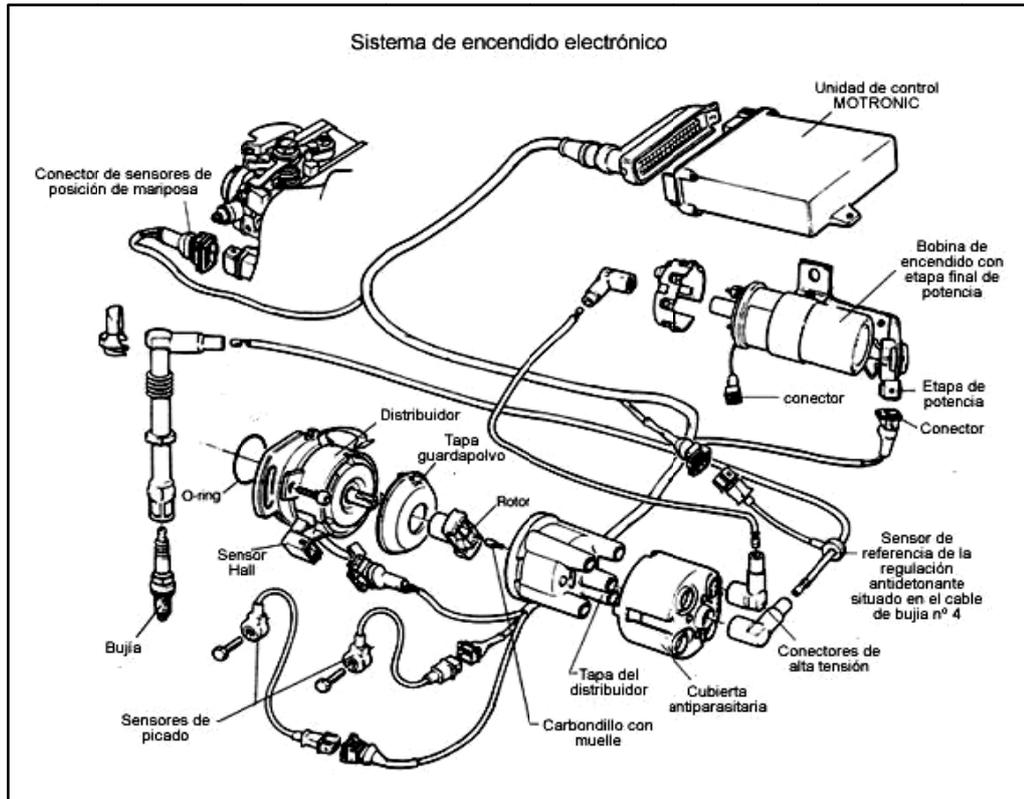


Figura 1.16 Encendido Electrónico

1.2 PARÁMETROS A CONTROLAR EN UN MOTOR

Dentro de un motor existen muchos parámetros a controlar, pero como en todo sistema muchos son indispensables para el desenvolvimiento óptimo del mismo, mientras que otros no son tan importantes. Sin duda que lo ideal para un control de rendimiento es monitorear todos estos parámetros, pero dado el alto costo que esto implica no se justifica la relación costo beneficio.

Para nuestro estudio, se ha escogido los parámetros más importantes dentro de un vehículo, y mucho más dentro de una competencia, entre estos tenemos.

- Revoluciones del Motor
- Temperatura del Motor
- Presión de Absoluta en el Colector de Admisión
- Presión de Aceite
- Posición de la Mariposa de Aceleración

- Posición de Palanca de Cambios
- Posición de Pedal de Embrague
- Posición de Pedal de Freno
- Posición de Freno de Mano
- Accionamiento de Bomba de Combustible
- Cantidad de Combustible

Todos los parámetros escogidos anteriormente, son debido a que directa o indirectamente se relacionan, con el correcto funcionamiento óptimo del vehículo, y sin duda afectan con el rendimiento del mismo dentro de una cierta competencia; y si tenemos un sistema capaz de almacenar cada uno de estos parámetros, podremos tomar correctivos para mejorar el sistema, en tiempo real.

1.3 MICROCONTROLADORES Y SUS APLICACIONES EN EL VEHÍCULO

Desde muchos años atrás los fabricantes han tratado de mejorar sus vehículos, a través de la electrónica, y sin duda lo han hecho, desde la aparición de sistema de encendido por transistores, luego por sistema de inyección mixto (mecánico – electrónico), hasta el día de hoy que existen sistemas de inyección totalmente electrónica, sistema de frenos, tracción, amortiguación electrónicos, y muchos más; haciendo que todos estos sistemas sean más eficientes, de menor mantenimiento, mayor confort para el conductor, y lo más importante mucho más seguros.

Los microcontroladores han sido la base para el desarrollo sistemas aplicados en los vehículos, como son alarmas, sistemas de navegación, aire acondicionado, airbags, luces, asientos, etc.

No cabe la menor duda, que la aplicación de los microcontroladores dentro del vehículo es innumerable, y que seguirán siendo parte muy importante en el desarrollo de la tecnología en los vehículos.

1.4 COMPUTADORAS A BORDO

En la actualidad los fabricantes de los vehículos, han procurado que estos tengan una interacción con el conductor; muchos de estos sistemas indican parámetros del vehículo, como cantidad de combustible e independencia del mismo, cantidad de líquido en el reservorio del refrigerante y de limpiaparabrisas, controles de temperatura interna, y muchas otras informaciones que son de utilidad para el conductor, hoy en día las computadoras a bordo tiene hasta navegadores *GPS*, que incluso guían al conductor por las vías.

Las computadoras a bordo han hecho, que los vehículos sean más confiables, seguros, y han dado mucho confort, aspecto que es muy importante para el conductor.

En competición las computadoras a bordo, brindan las mismas prestaciones e incluso más, que los vehículos estándar; esta información es compartida con los equipos de abasto, y estos son quienes utilizan esta información, para realizar los correctivos, a tiempo real o en el puesto de abasto.

Entre las pocas desventajas de las computadoras a bordo, es que solo vienen en vehículos de gama alta y de última tecnología, no se pueden instalar como accesorios, y mucho menos son adaptables a los requerimientos del conductor.

1.5 COMUNICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA

El término radiofrecuencia, también denominado espectro de radiofrecuencia o RF, se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre unos 3 Hz y unos 300 GHz. Las ondas electromagnéticas de esta región del espectro se pueden transmitir aplicando la corriente alterna originada en un generador a una antena. La radiofrecuencia se puede dividir en diferentes bandas de espectro que se muestran en la Tabla I.1.

El uso de módems de radiofrecuencia se recomienda básicamente donde los datos a transmitir no son muy pesados. Es muy importante considerar la

existencia de una línea de visión en lo posible libre de obstáculos entre el sitio donde se ubiquen ambos radios pues las estructuras metálicas, tanques elevados de agua, árboles, condiciones atmosféricas, etc. pueden llegar a interferir e incluso impedir la transmisión/recepción. Cuando las condiciones de línea visible e interferencia entre ambos radios son adecuadas, esta es la forma de comunicación más económica y eficiente.

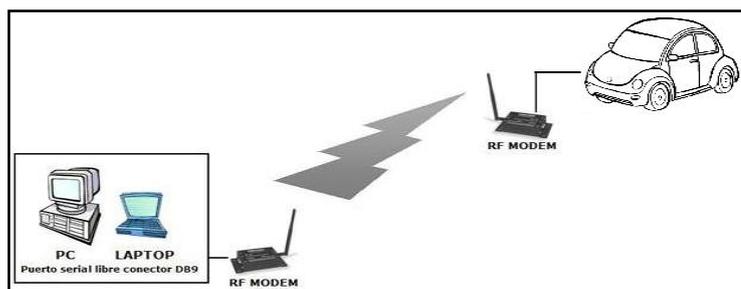


Figura 1.17 Comunicación por MODEM RF

Tabla I.1 Espectro de Radiofrecuencia

Nombre	Abreviatura inglesa	Frecuencias	Longitud de onda
		< 3 Hz	> 100.000 km
Extra baja frecuencia Extremely low frequency	ELF	3-30 Hz	100.000 km – 10.000 km
Súper baja frecuencia Super low frequency	SLF	30-300 Hz	10.000 km – 1000 km
Ultra baja frecuencia Ultra low frequency	ULF	300–3000 Hz	1000 km – 100 km
Muy baja frecuencia Very low frequency	VLF	3–30 KHz	100 km – 10 km
Baja frecuencia Low frequency	LF	30–300 KHz	10 km – 1 km
Media frecuencia Medium frequency	MF	300–3000 KHz	1 km – 100 m
Alta frecuencia High frequency	HF	3–30 MHz	100 m – 10 m
Muy alta frecuencia Very high frequency	VHF	30–300 MHz	10 m – 1 m
Ultra alta frecuencia Ultra high frequency	UHF	300–3000 MHz	1 m – 100 mm
Súper alta frecuencia Super high frequency	SHF	3-30 GHz	100 mm – 10 mm
Extra alta frecuencia Extremely high frequency	EHF	30-300 GHz	10 mm – 1 mm
		> 300 GHz	< 1 mm

1.6 ESTANDAR RS-232

RS-232 es una interfaz que designa una norma para el intercambio serie de datos binarios entre un DTE (Equipo terminal de datos) y un DCE (Equipo de Comunicación de datos), aunque existen otras situaciones en las que también se utiliza la interfaz RS-232 como el enlace entre dos computadores.

La interfaz RS-232 está diseñada para distancias cortas, de unos 15 metros o menos, y para velocidades de comunicación bajas, de no más de 20 [Kb/s]. A pesar de ello, muchas veces se utiliza a mayores velocidades con un resultado aceptable. La interfaz puede trabajar en comunicación asíncrona o síncrona y tipos de canal simplex, half duplex o full duplex.

El RS-232 puede transmitir los datos en grupos de 5, 6, 7 u 8 bits, a unas velocidades determinadas (normalmente, 9600 bps). Después de la transmisión de los datos, le sigue un bit opcional de paridad (indica si el número de bits transmitidos es par o impar, para detectar fallos), y después 1 ó 2 bits de Parada. Normalmente, el protocolo utilizado es 8N1 (que significa, 8 bits de datos, sin paridad y con 1 bit de Parada).

Las convenciones que se usan son las siguientes:

Tabla I.2 Convenciones RS-232

Voltaje	Señal	Nivel Lógico	Control
+3 a +15	Espacio	0	On
-3 a -15	Marca	1	Off

Los valores de voltaje se invierten desde los valores lógicos. Por ejemplo, el valor lógico más positivo corresponde al voltaje más negativo. También un 0 lógico corresponde a la señal de valor verdadero o activada.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

2.1 TÍTULO DEL PROYECTO

“Diseño e implementación de un sistema de monitoreo a bordo con conexión por radio frecuencia para un vehículo Chevrolet Forsa 1.3 LT”

2.2 ÁREA DE INFLUENCIA

Ecuador - Centro del País – Cotopaxi – Latacunga – Escuela Politécnica del Ejército, Vehículo Chevrolet Forsa 1.3 LT.

2.3 ANTECEDENTES

Los propietarios de vehículos automotores, necesitan tener un monitoreo de los mismos para controlar su rendimiento, y hacer de ellos un sistema más confiable y productivo.

El monitoreo de la vehículos se ha venido realizando a través de la supervisión humana, es decir, las mediciones no tenían la precisión y exactitud necesarias como las que un sistema electrónico hoy en día las puede brindar.

El avance de la tecnología ha permitido el desarrollo de sistemas que realizan la tarea de monitorear a éstos motores pero a precios que no justifican la relación costo beneficio. En el mercado se pueden encontrar estos sistemas ya sea incorporado al vehículo o por separado, pero el costo por la inclusión de este tipo de servicio es realmente alto.

Es tal la necesidad de este tipo de sistemas que las grandes industrias de nuestro país como la petrolera y de la construcción han optado por invertir su desarrollo, puesto que las pérdidas que la falta de monitoreo de su maquinaria genera son importantes y repercuten en las utilidades que la empresa percibe.

En el campo de la competición, los vehículos necesitan ser monitoreados en diversos parámetros para asegurar su buen desenvolvimiento dentro de la carrera, puesto que por la inexistencia de equipos que proporcionen este servicio se generan abandonos que pudieron ser evitados.

2.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROBLEMA A RESOLVER

Por trabajos realizados con anterioridad en actividades de la misma naturaleza que la de aquellas a las que está enfocado este estudio, se pudo detectar que el proceso de control de los vehículos presenta los siguientes problemas:

- El control del vehículo es mínimo y se hace en base a instrumentos analógicos que son de fácil adulteración.
- No hay posibilidad de hacer monitoreo del vehículo desde un cuarto de control y en tiempo real.
- No existen reportes históricos de la información de la computadora a bordo.

De los inconvenientes citados, ha surgido la necesidad de implementar una solución que facilite el monitoreo de vehículos, la misma que se encaminaría diseñando un sistema que contará de las siguientes etapas:

- Toma de señales de los parámetros importantes del funcionamiento del motor, ya sea a través de sensores existentes o instalados en forma adicional.
- Procesar estas señales en un microcontrolador para transmitir las a un módulo de radiofrecuencia y a un display LCD.
- Transmitir la información mediante equipos de radiofrecuencia a un computador en el que se pueda monitorear en forma remota al vehículo.

El sistema descrito anteriormente, proveerá la información suficiente para controlar el rendimiento del vehículo lo cual permitirá tomar medidas correctivas en el manejo.

Las ventajas que brindaría el sistema son altas con relación al costo del mismo, pues la instalación de este equipo en el vehículo permitiría aprovechar al máximo recursos, disminuyendo pérdidas innecesarias, con una inversión recuperable a corto o mediano plazo.

2.5 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema de monitoreo a bordo con conexión por radiofrecuencia para un vehículo Chevrolet Forsa 1.3 LT para monitorear el rendimiento del mismo.

2.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los puntos de adquisición de datos para control del motor del vehículo Chevrolet Forsa 1.3 LT, tales como temperatura de refrigerante, revoluciones, temperatura de ingreso del aire, oxígeno en la salida de los gases, nivel de combustible y flujo de ingreso, presión de aceite, velocidad, posición del freno de mano, freno de pedal, embrague, posición de palanca de cambios, temperatura interior del vehículo.
- Seleccionar componentes electrónicos, eléctricos y herramientas de programación que deben emplearse.
- Implementar un sistema de adquisición de datos.
- Implementar una red de comunicación entre el microcontrolador, el módulo RF y el PC que tenga un alcance de 1000 pies.
- Implementar las interfaces del sistema de monitoreo con el usuario, a través de una pantalla LCD gráfica instalada en el vehículo y de una visualización en el PC.

2.7 METAS DEL PROYECTO

- Familiarizarse con la transmisión de datos en radiofrecuencia
- Diseñar las interfaces con el usuario
- Realizar las pruebas experimentales del sistema.
- Monitorear al menos 7 variables de operación del vehículo Chevrolet Forsa 1.3lt, a un radio de cobertura de 300 metros
- Generar un prototipo de monitoreo por radiofrecuencia, que mediante ajuste en la respectivas variables, puedan ser implementadas en otros vehículos.
- Generar un sistema de monitoreo gráfico y base de datos históricos, para ser analizado por pilotos y técnicos.
- Generar información para soporte técnico y toma de decisiones por parte del equipos técnicos, 11 datos cada 10 ciclos del programa.

2.8 METODOLOGÍA

Se emplearán los métodos deductivo y sistemático para la recopilación y el análisis de la información (bibliográfica, de Internet). Para la elaboración e implementación del proyecto se utilizarán los métodos analítico y experimental.

2.9 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA

En la Figura 2.1 se puede apreciar el esquema que representa el diagrama de bloques que constituyen el sistema.

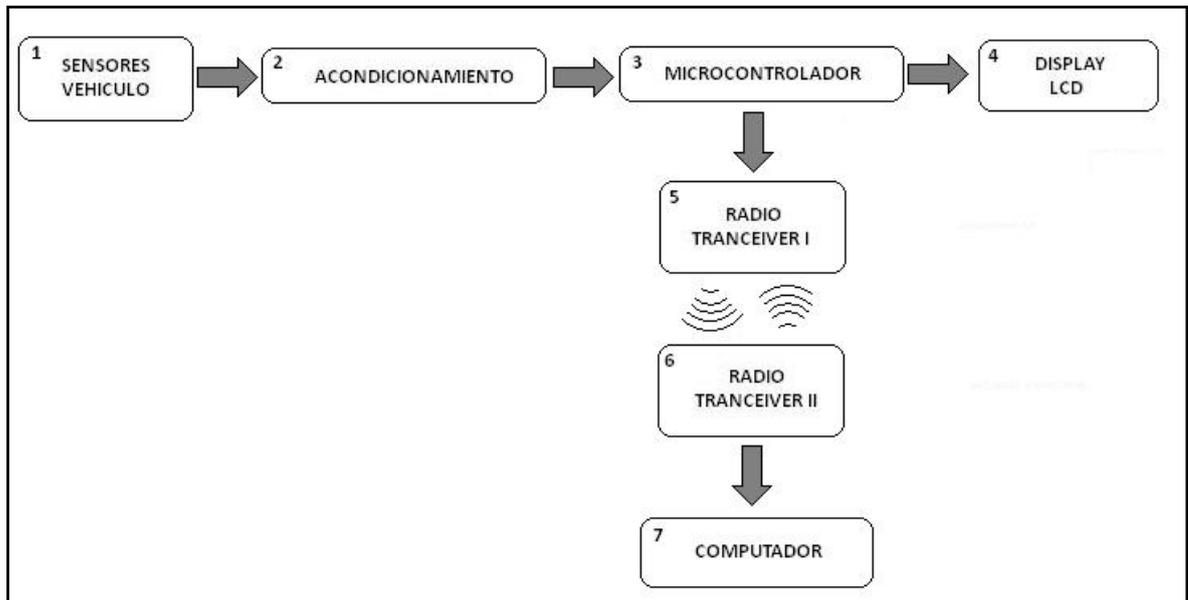


Figura 2.1 Diagrama de bloques del sistema

El bloque 1, representa los sensores que son los encargados de captar la señales analógicas y digitales de los parámetros que se van a monitorear. Para el caso de la temperatura de refrigerante, revoluciones, oxígeno en la salida de los gases, nivel de combustible, posición del freno de mano, freno de pedal y el accionamiento de la bomba de combustible, se ha utilizado señales provenientes de sensores existentes en el vehículo. Para el caso de la presión de aceite, posición de embrague y posición de palanca de cambios fue necesaria la instalación de sensores adicionales.

El bloque 2, representa los diferentes acondicionamientos que se realizaron en las señales tomadas del vehículo para convertirlas en señales de 0 a 5V que pueden ser manejadas por el microcontrolador. El acondicionamiento para las

señales analógicas consta de seguidores de voltaje; para señales digitales de 0 y 12V se realizaron divisores de voltaje y accionamientos con transistores.

El bloque 3, representa al microcontrolador que toma las señales previamente acondicionadas para procesarlas y enviarlas al radio para su transmisión.

El bloque 4, representa el display LCD que muestra la información en el vehículo a la vez de que se muestran en el computador.

Los bloques 5 y 6 están constituidos por los radios tranceiver I y II, que son utilizados por el microcontrolador y el computador vía RS-232 para realizar el enlace por radiofrecuencia.

El Bloque 7, representa al computador que contiene el software que interpreta los datos enviados desde el microcontrolador para presentarlos al usuario y a la vez generar reportes en hojas de cálculo.

2.10 SELECCIÓN DE ELEMENTOS

2.10.1 SELECCIÓN DE SENSORES

Para las variables analógicas y digitales que se van a monitorear se han escogido sensores de acuerdo al tipo y naturaleza de las mismas, así:

- Temperatura del refrigerante: Se utilizó el WTS (water temperature sensor) que existe en el vehículo, cuya salida está en el rango de 0 y 5V.
- Posición de la mariposa: Se utilizó el TPS (throttle position sensor) existente en el vehículo, en el que el voltaje de salida está entre 0 y 5V.
- Nivel de combustible: Se utilizó el medidor de nivel de combustible incluido en la bomba de combustible del vehículo el cual presenta variaciones de voltaje en la salida en el rango de 0 y 5V.
- Presión de aceite: Se instaló un sensor adicional de presión de aceite que proporciona en la salida variaciones de resistencia eléctrica proporcionales a ésta variable.

- Presión absoluta del múltiple de admisión: Se utilizó el MAP (mainfold air pressure) existente en el vehículo, que presenta variaciones de voltaje entre 0 y 5V.
- Oxígeno en la salida de los gases: Se utilizó el sensor de oxígeno existente en el vehículo, que presenta pequeñas variaciones de voltaje entre 0.2 y 0.9V.
- Posición de la palanca de cambios: Se instaló un microswitch para cada posición de la palanca a excepción del neutral, que proporciona señales de ON y OFF correspondientes a 5 y 0V respectivamente.
- Revoluciones del motor: Para detectar la magnitud de esta variable se tomó la señal directamente del punto de cierre del circuito del devanado secundario de la bobina, posteriormente a esta señal se la transformó a un tren de pulsos con una amplitud de 5V.
- Pedal de freno: Se utilizó el trompo que se encuentra debajo del pedal de freno y es el que cierra el circuito de luces del freno, a la señal que entrega este trompo se le realizó un acondicionamiento para convertirla a niveles TTL que puede manejar el microcontrolador.
- Pedal de embrague: Se utilizó un microswitch que entrega señales de ON y OFF que corresponden a 5 y 0V respectivamente.
- Freno de mano: Se utilizó el contacto de activación de la luz de activación del freno de mano, con el respectivo acondicionamiento a niveles TTL.
- Accionamiento de la bomba de combustible: Se utilizó directamente la señal de alimentación de la bomba a la que se realizó un acondicionamiento para convertirla a niveles TTL que puede manejar el microcontrolador.

2.10.2 SELECCIÓN DEL MICROCONTROLADOR

Para el desarrollo del presente proyecto se escogió el microcontrolador PIC 16F877A, ya que el mismo que está en capacidad de manejar el display LCD, de comunicarse vía RS-232 con el radio transceiver y de procesar las señales adquiridas.

Las características más importantes de este microcontrolador son:

- Arquitectura RISC avanzada

- Juego de 35 instrucciones
- Frecuencia de 20 MHz -
- Memoria de programa de 8K palabras de 14 bits (14.3 K)
- Memoria de datos RAM de 368 bytes y EEPROM de 256 bytes
- 33 líneas para conexión con periféricos exteriores
- 8 conversores A/D de 10 bits
- 14 fuentes de interrupción interna y externa
- Comunicación serial con USART
- Voltaje de alimentación de entre 2 y 5.5V
- Bajo consumo (menos de 2mA a 5V)

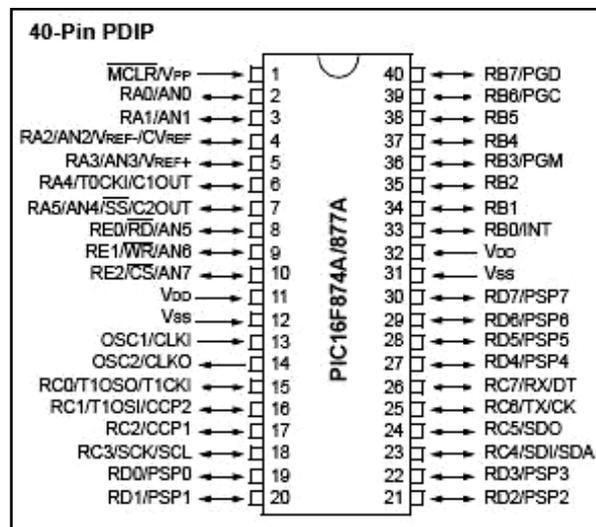


Figura 2.2 Diagrama de pines del PIC 16F877A

2.10.3 SELECCIÓN DEL DISPLAY LCD

Para la presentación de datos en el interior del vehículo se utilizó un display LCD alfanumérico de 20 columnas por 4 filas el mismo que se puede controlar con el PIC 16F877A y es suficiente para la presentación de los datos del sistema.



Figura 2.3 Display LCD de 20 x 4

2.10.4 SELECCIÓN DE LOS RADIOS Y ANTENAS

Se escogió los radios transceiver NL900 de Neulink que trabajan en una banda de 902 a 928 MHz con modulación tipo FSK, y pueden trabajar en las topologías punto-punto o punto-multipunto. Tienen una interface de comunicación RS-232, están provistos de un conector DB9 macho, el voltaje de alimentación está entre 6 y 18Vdc y su consumo promedio es de 765 mA. Poseen un conector RPSMA hembra para la conexión con la antena.

Las antenas que se han seleccionado son una de tipo dipolo de 2.5 dBi para el radio ubicado en el vehículo y una de tipo omnidireccional de 6.1dBi para el radio que tiene conexión física con el computador, requerimiento que fue necesario para poder incrementar el alcance del enlace por radiofrecuencia. La antena dipolo tiene un conector RPSMA macho y la antena omnidireccional posee un cable conversor a RPSMA macho ya que esta antena tiene un conector tipo N hembra.



Figura 2.4 Radio transceiver NL900 con antena dipolo y antena omnidireccional

2.10.5 SELECCIÓN DEL COMPUTADOR

Se seleccionó un computador que posea un conector DB9 macho, el cual permitirá la conexión con el radio transceiver II.

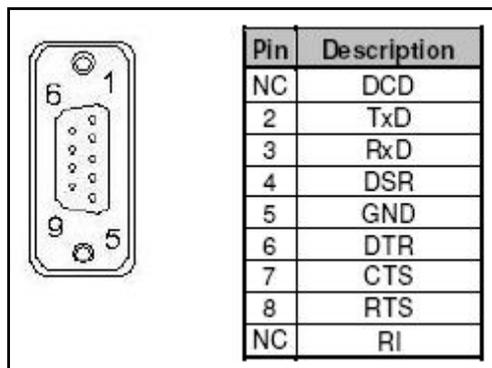


Figura 2.5 Conector DB9 macho

2.11 DISEÑO DEL HARDWARE DEL SISTEMA

2.11.1 DISEÑO DE LA FUENTE

El sistema requiere una alimentación de 5Vdc y la batería del vehículo provee un voltaje de 12Vdc, por lo tanto se diseñó el circuito de la Figura 2.6, el circuito incluye el integrado LM317L que es un regulador de voltaje ajustable que en la presente configuración el voltaje de salida se ajusta a la siguiente relación:

$$V_{salida} = 1.25 \left(1 + \left(\frac{R_2}{R_1} \right) \right) \quad (2.1)$$

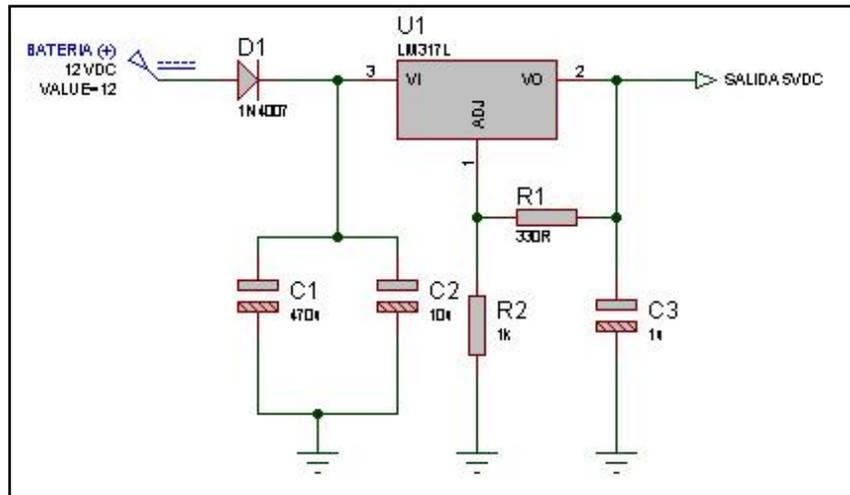


Figura 2.6 Fuente de 5Vdc con alimentación de 12Vdc

2.11.2 ACONDICIONAMIENTO DE ENTRADAS ANALÓGICAS

Para ingresar las señales analógicas de temperatura del refrigerante, posición de a mariposa, nivel de combustible, presión absoluta en el múltiple y presión de aceite al microcontrolador se implementó seguidores de voltaje en base a los circuitos integrados LM324N Y LM741 que contienen amplificadores operacionales. Para el caso de la señal de oxígeno, en la salida de los gases se diseñó un amplificador no inversor en base al circuito integrado AD820A que contiene un amplificador operacional de instrumentación el mismo que se utilizó porque la señal que entrega el sensor tiene una magnitud muy pequeña. El circuito que representa este acondicionamiento se muestra en la figura 2.7.

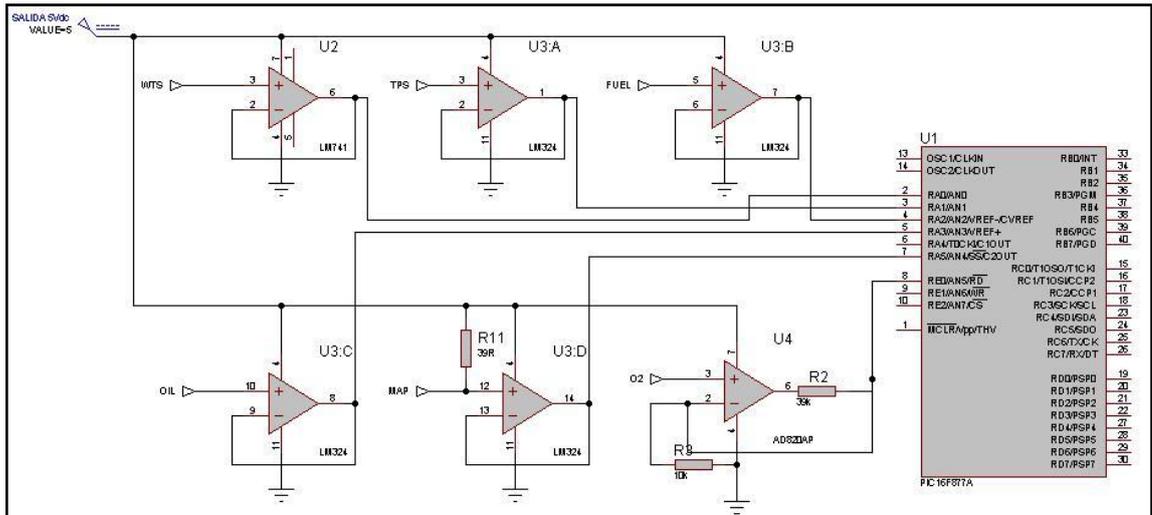


Figura 2.7 Acondicionamiento de señales analógicas

2.11.3 ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES DIGITALES

Para el caso de las entradas digitales que tienen voltajes de 0 y 12V como las de revoluciones, encendido de la bomba de combustible, activación del freno de pedal y del freno de mano, se diseñó una activación por transistor NPN, y para las entradas de 0 a 5V ingresan directamente al microcontrolador a través de una resistencia limitadora de corriente, lo que se muestra en la figura 2.8.

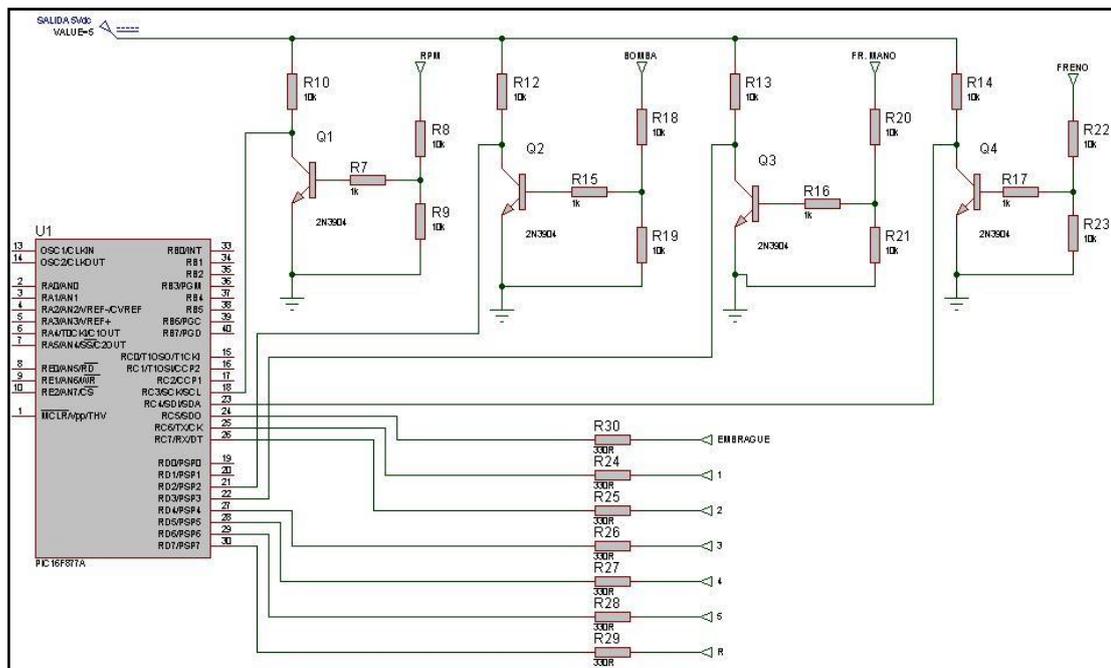


Figura 2.8 Acondicionamiento de señales digitales

2.11.4 DISEÑO DEL HARDWARE DE TRANSMISIÓN

La comunicación del microcontrolador con los radios tranceiver es a través de una red RS232, que utiliza niveles de tensión de 0 y 12V que se generan a través de circuito integrado MAX232, el mismo que mediante una arreglo de capacitores convierte a señales TTL de microcontrolador a estos niveles requeridos para posibilitar comunicación con el radio lo cual se muestra en la figura 2.8. El led D2 se enciende en el momento de transmisión de datos para indicar que el microcontrolador ha entrado a la subrutina de transmisión. Las salidas RX y TX se conectan a las entradas 2 y 3 del conector DB9 macho respectivamente.

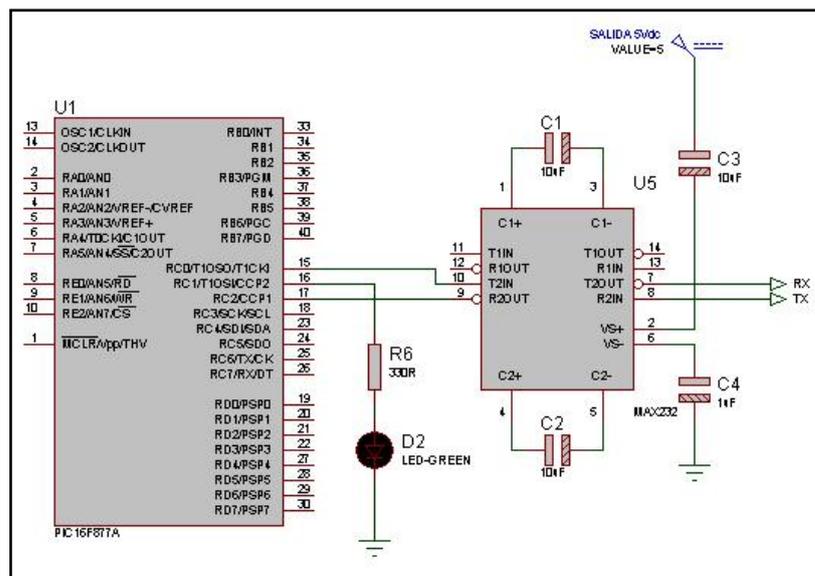


Figura 2.8 Circuito de transmisión con el CI MAX232

2.11.5 DISEÑO DEL HARDWARE DE VISUALIZACIÓN

Para la primera etapa de visualización de sistema se utiliza un display LCD de 20 x 4 el mismo que está instalado en el interior de vehículo, el display muestra en tiempo real el valor numérico de las señales monitoreadas. La conexión eléctrica del LCD se muestra en la figura 2.9.

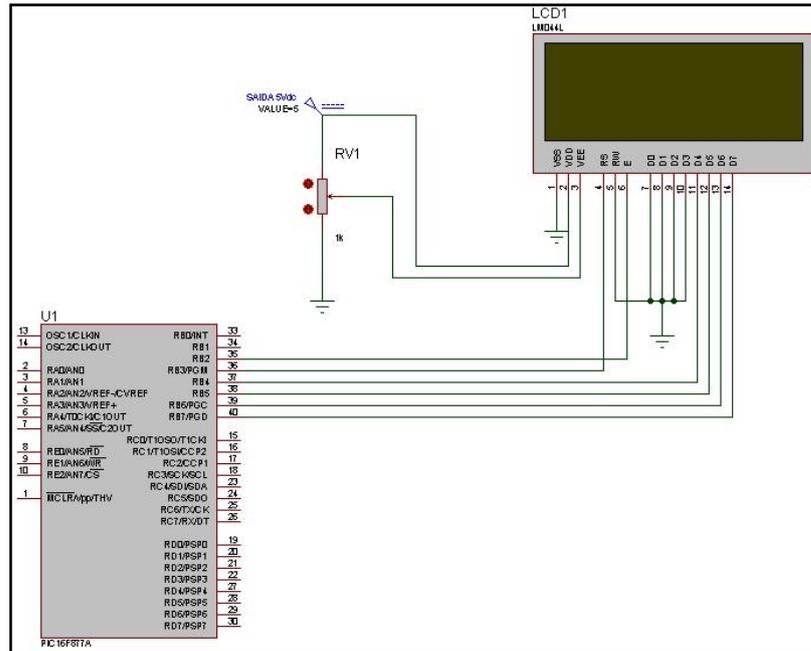


Figura 2.9 Circuito de visualización con display LCD 20 x 4

2.12 CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO

A partir de los circuitos que se describieron en la sección anterior, que se muestran en conjunto en el Anexo A, se diseñó el circuito impreso del Anexo B, al mismo que se soldó todos los componentes electrónicos del sistema. Para facilidad de conexión, las entradas de señales analógicas y digitales están conectadas al módulo mediante un conector DB25.

2.13 DISEÑO DEL SOFTWARE DE ADQUISICIÓN Y TRANSMISIÓN DE DATOS

En el sistema construido existen dos fases de adquisición de datos, una en la lectura de datos de los sensores y otra de adquisición de datos en el computador.

La primera etapa en la que se toman los datos de los sensores y se almacenan en la memoria del microcontrolador se realiza mediante la subrutina llamada "medir" que se muestra en el Anexo C, en la que se hace un barrido de todos los

sensores ubicados en el vehículo tanto los analógicos como los digitales. (Ver Anexo C)

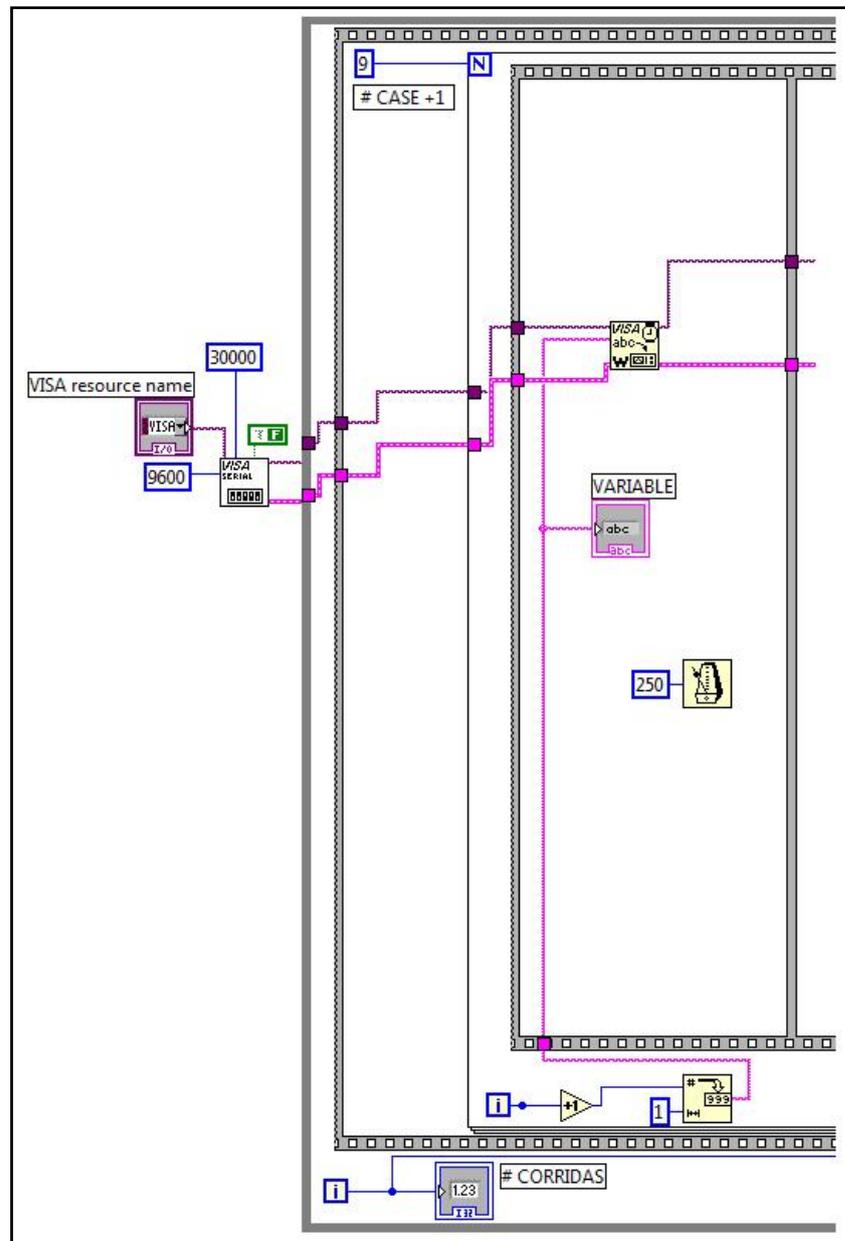


Figura 2.11 Software de pedido de datos al microcontrolador

La segunda etapa de adquisición se realiza mediante una sincronización entre el software del microcontrolador y del computador; el computador envía un pedido de datos vía RS-232 mediante el software que se muestra en la figura 2.11, dependiendo del cual en microcontrolador envía el dato correspondiente, esto lo

realiza mediante las subrutinas llamadas “leer” y “transmitir” que se encuentran en el Anexo B. (Ver Anexo B)

El software de la figura 2.11 se diseñó en LabVIEW que es una herramienta de programación gráfica utilizada para la instrumentación, en la que la programación se realiza con instrumentos virtuales llamados VIs. Un programa desarrollado en LabVIEW tiene dos partes: el panel frontal en donde se diseña la interface con el usuario y el diagrama de bloques donde se desarrolla la programación.

Para el caso de nuestro programa se necesitó en primer lugar una estructura llamada While Loop que permite que la secuencia que está dentro de la misma se realiza siempre y cuando el terminal condicional así lo indique, este terminal se acciona con un botón de parada que se acciona desde el panel frontal. Fuera de este lazo se encuentra un VI para inicializar el puerto serial llamado VISA Configure Serial Port, el puerto se configuró con el puerto serial COM 1, a una velocidad de 9600bps, 8 bits de datos y 1 bit de parada. Dentro de este While Loop se encuentra una estructura Flat Sequence que permite que se ejecuten secuencialmente los subdiagramas que contiene, a esta estructura la llamaremos Flat 1. En el primer subdiagrama se encuentra una estructura For Loop que realiza el subdiagrama que se encuentra dentro de ella N veces, en este caso 9. Dentro del lazo for se encuentra otra estructura Flat Sequence que tiene dos subdiagramas, el primero contiene un instrumento llamado VISA Write el cual escribe un dato en el buffer del puerto serial, en este subdiagrama se incluyó un retardo de 250 milisegundos para que la transmisión de datos tenga el tiempo suficiente para realizarse.

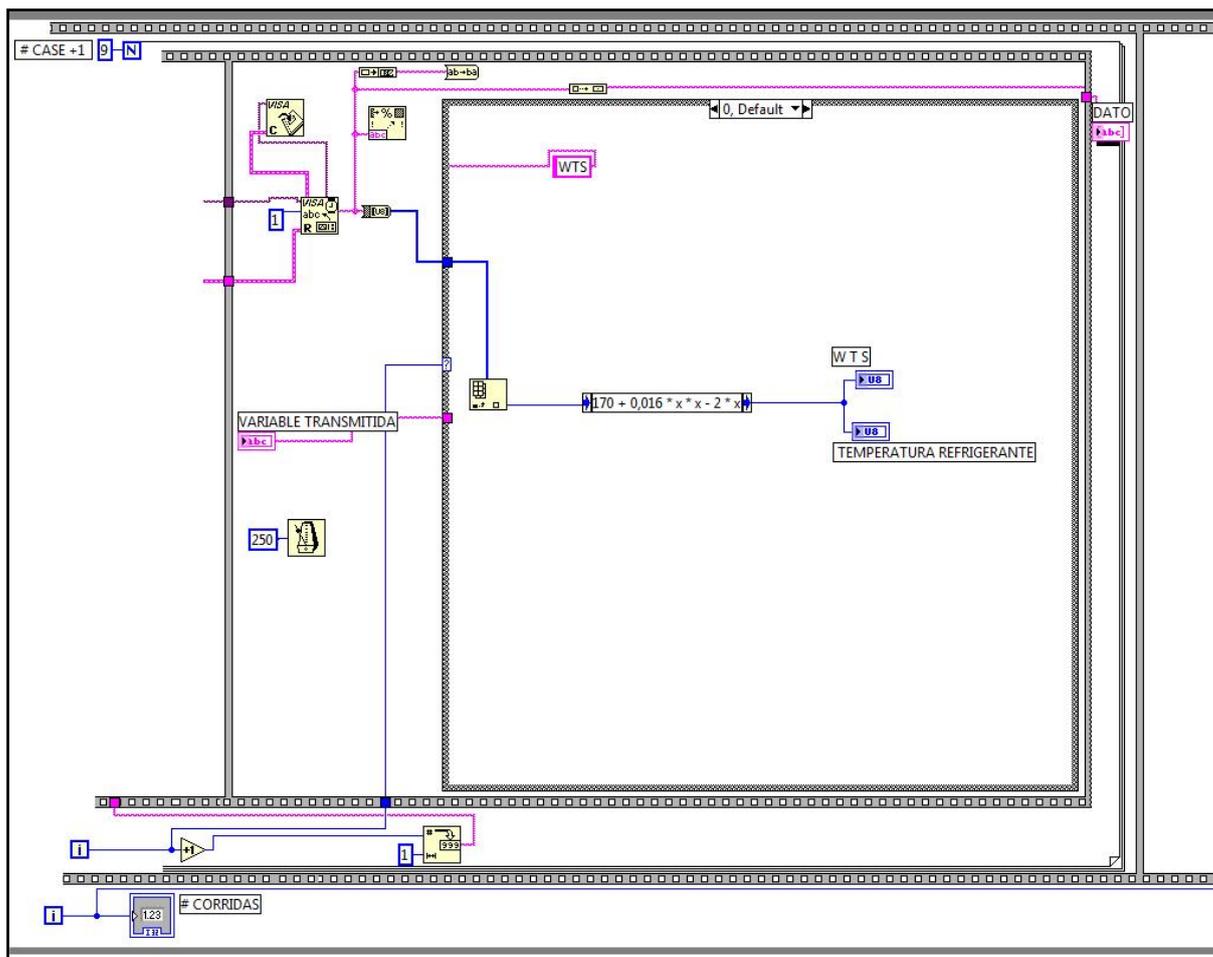


Figura 2.12 Software de recepción de datos en el microcontrolador

En la figura 2.12 se muestra el segundo subdiagrama que contiene un instrumento VISA Read que lee un determinado número de bytes del buffer del puerto serial (en este caso 1 byte), luego se utiliza un VISA Close que cierra el puerto serial después de la transmisión. Como el dato leído tiene el formato de una cadena de caracteres se lo transformó a un byte el cual se puede manipular matemáticamente para presentarlos al usuario. También contiene un retardo de 250 milisegundos para asegurar que la recepción del dato se ejecute sin interrupción. Los datos leídos en cada iteración se almacenan en una variable global de tipo carácter llamada “DATOS”.

En este subdiagrama también se encuentra una estructura Case numérica la cual contiene diferentes subdiagramas los cuales se ejecutan de acuerdo al valor que contiene el índice el cual está dado en nuestro diseño por el índice del For Loop.

Para las variables de temperatura del refrigerante, posición de la mariposa, nivel de combustible, presión absoluta en el múltiple, presión de aceite, revoluciones por minuto y oxígeno en la salida de los gases el valor leído se implementa dentro de la estructura Case un Index Array que se encarga de seleccionar el dato indicado para pasar luego por un Expression Node que contiene la ecuación matemática que transforma el dato medido en un valor que tenga significado para el usuario, el cual se presenta al mismo por un indicador gráfico y numérico lo cual se aprecia en la figura 2.13.

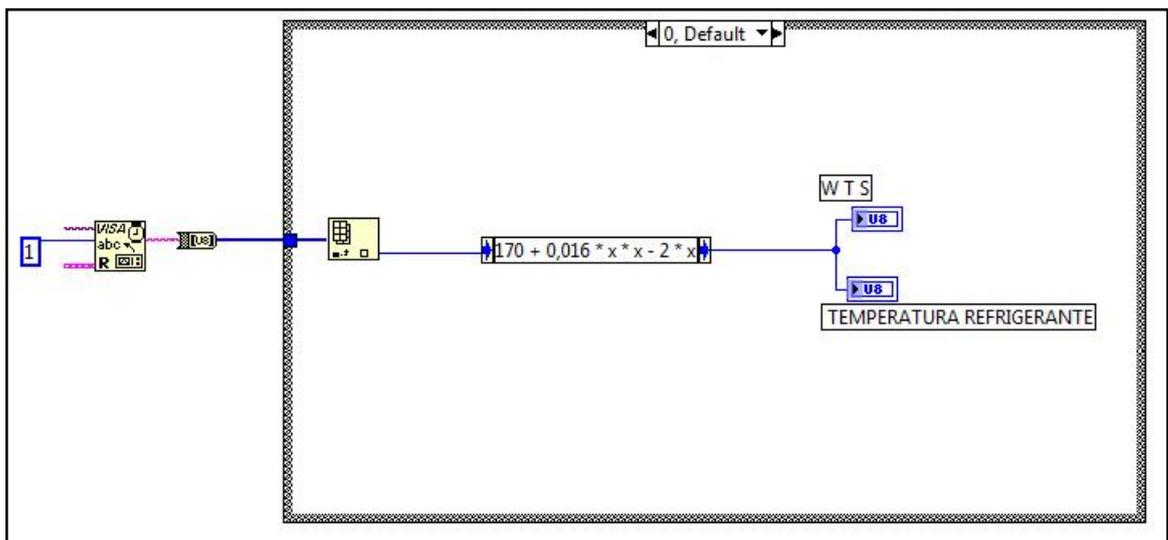


Figura 2.13 Estructura Case para conversión de datos

Para el caso de posición de la palanca de cambios, posición de los pedales y accionamiento de la bomba se realiza una decodificación para el accionamiento de los leds indicadores del panel frontal, como se muestra en la figura 2.14.

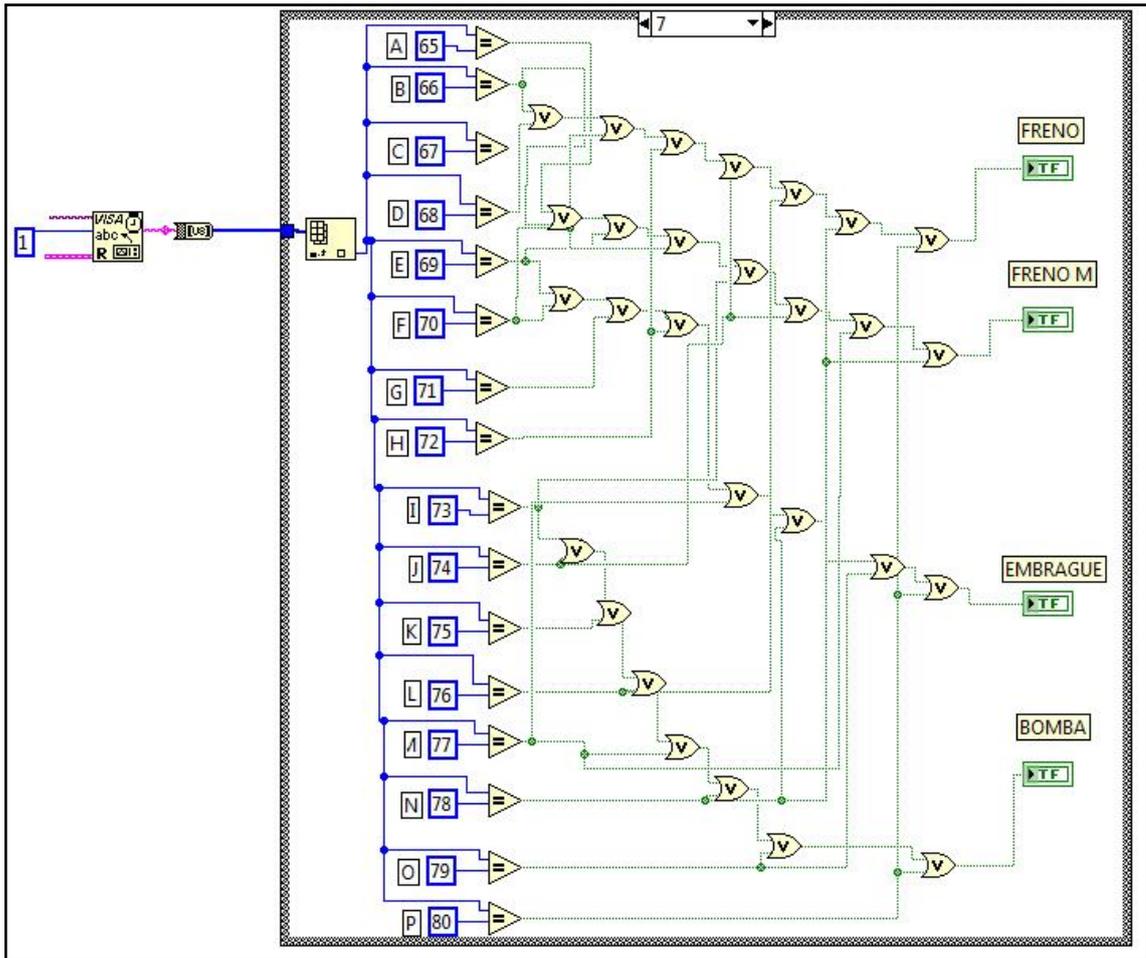


Figura 2.14 Estructura Case para decodificación de datos

En el segundo subdiagrama de la estructura Flat 1 mostrado en la figura 2.15 se encuentra una estructura Case booleana la cual ejecuta el subdiagrama correspondiente al valor que tiene el índice, en éste en la primera corrida del While Loop se almacena el encabezado de los reportes en una hoja de cálculo llamada “datos.xls” mediante un VI llamado Write Characters To File, el cual crea un archivo en la dirección y con el nombre que se le indica.

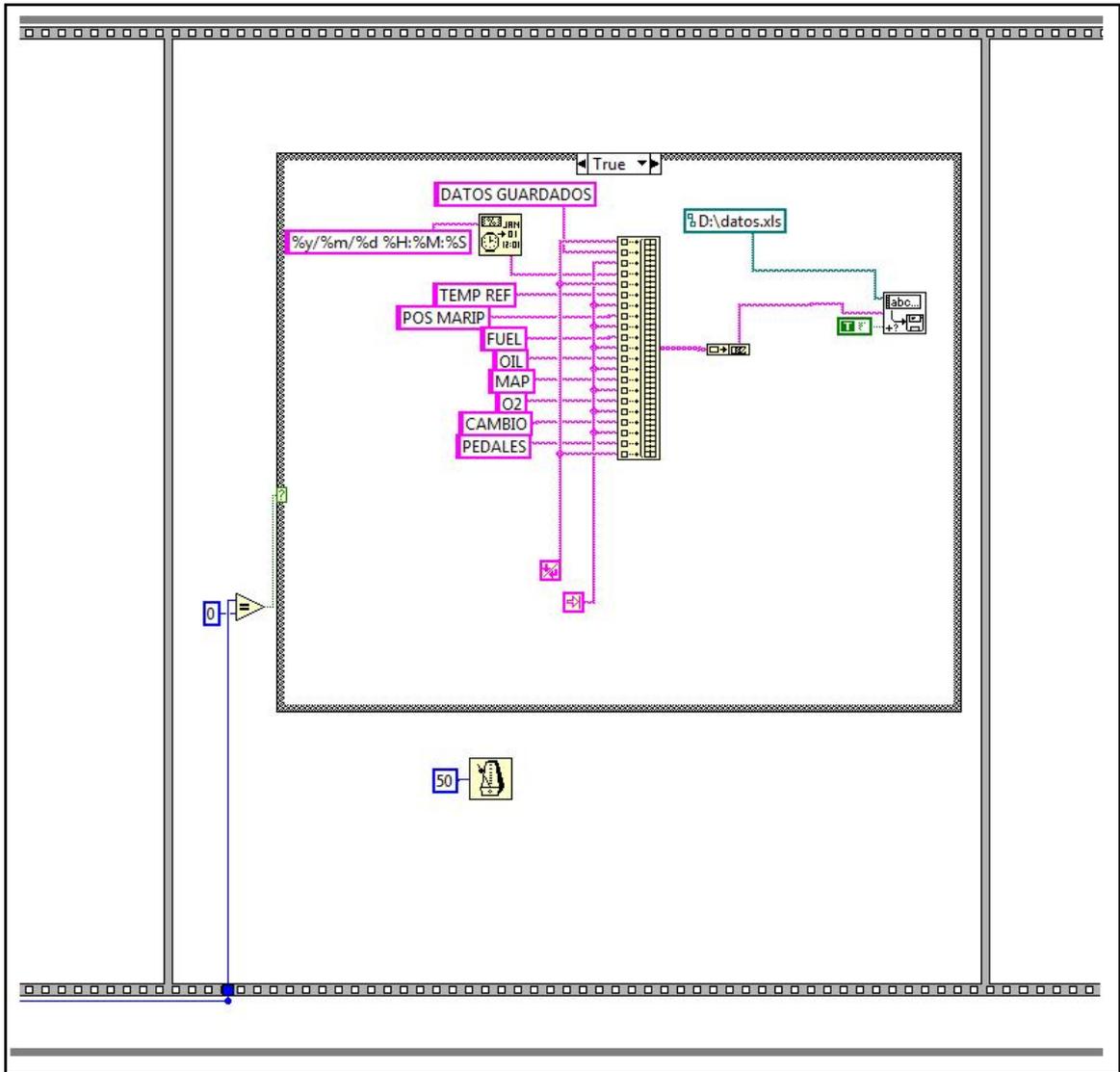


Figura 2.15 Almacenamiento del encabezado del reporte de datos

En el tercer y último subdiagrama de la estructura Flat 1 mostrado en la figura 2.16 se encuentra un estructura Case booleana la cual cada 10 corridas del programa almacena en el archivo de nombre "datos.xls" los datos del monitoreo tomados de la variable global "DATOS" y convertidos de caracteres a bytes sin signo que son datos que pueden ser manipulados por el VI

Write Characters To File.

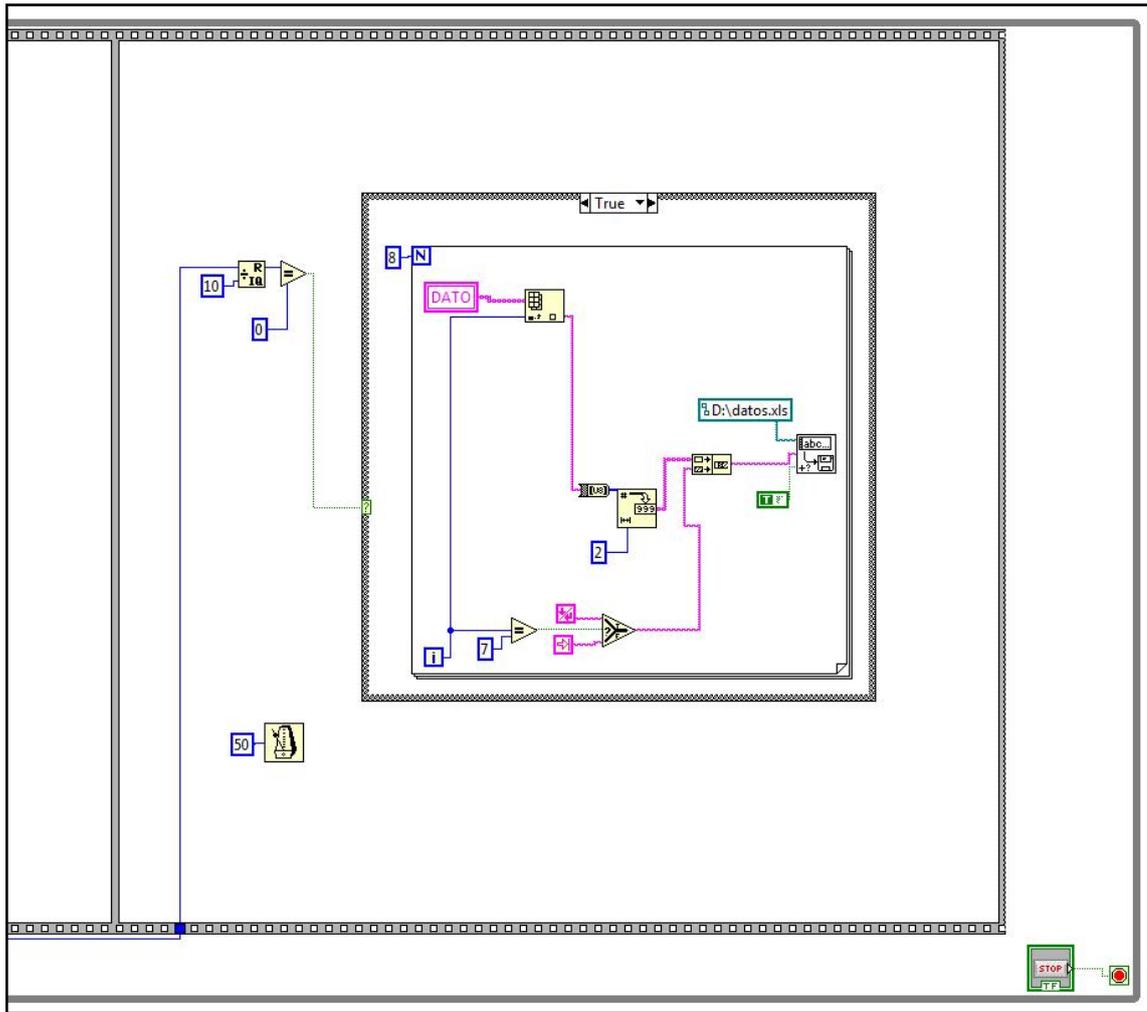


Figura 2.16 Almacenamiento de datos en el archivo de reporte

2.14 DISEÑO DE LAS INTERFACES HMI

Para que los datos obtenidos del monitoreo realizado por el sistema se puedan mostrar al usuario se implementó dos *HMI (Human Man Interface)*. La primera en el computador a través de un Tab Control que contiene varias pestañas las cuales presentan instrumentos que representan a las variables monitoreadas.

En la pestaña llamada "INICIO" presentada en la figura 2.17 se muestran los valores numéricos de las variables analógicas y los estados de las variables digitales, además se muestra un indicador analógico de revoluciones por minuto, la variable transmitida en ese instante y el número de corridas del programa,

también permite al usuario escoger el puerto para la comunicación y detener la ejecución del programa a través del botón de parada llamado “STOP”.

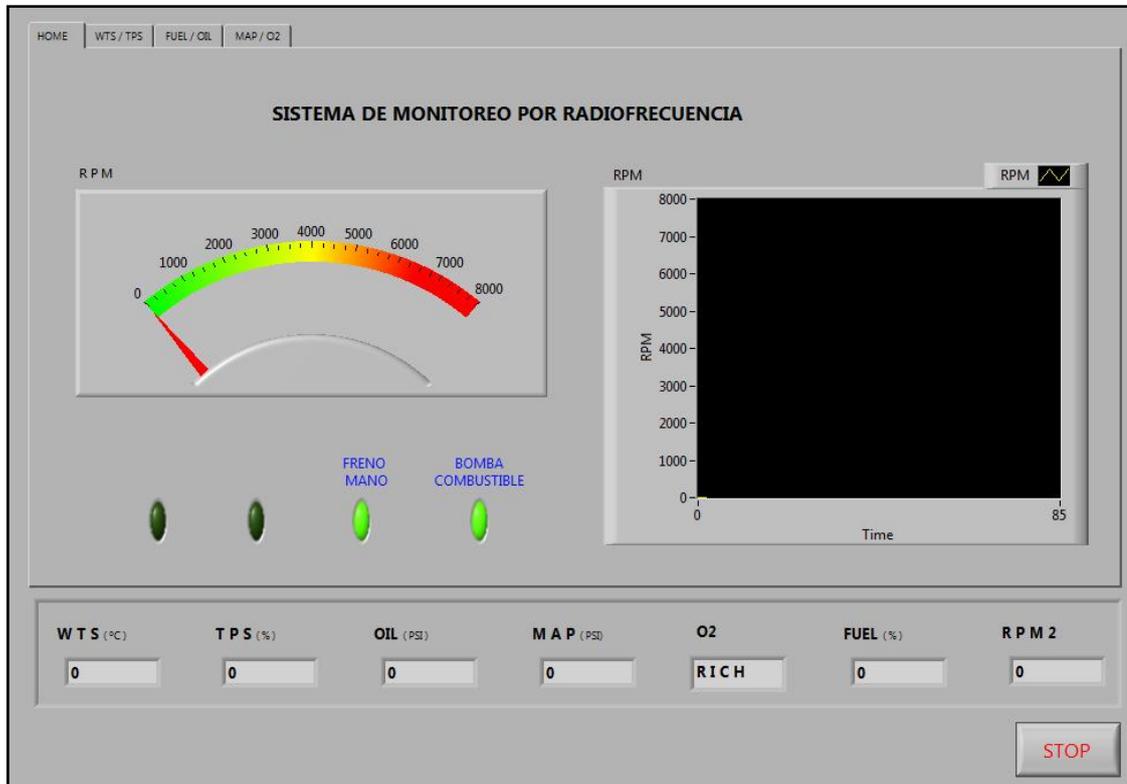


Figura 2.17 Pestaña INICIO

En las pestañas siguientes llamadas “WTS / TPS”, “FUEL / OIL” y “MAP / O₂” se muestran respectivamente las gráficas de los valores de éstas magnitudes con respecto al tiempo, como se aprecia en la figura 2.18.

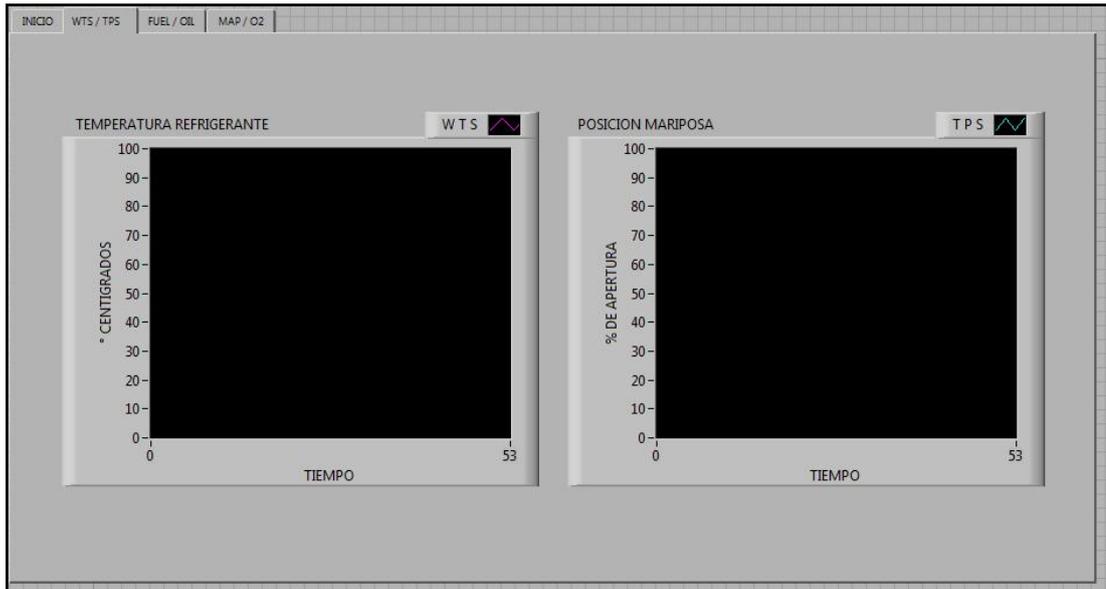


Figura 2.18 Pestaña WTS / TPS

La segunda HMI se basa en el LCD instalado en el vehículo en el que se observa el valor numérico de las variables monitoreadas y el la posición de la palanca de cambios, como se observa en la figura 2.19.



Figura 2.19 HMI con LCD instalado en el vehículo

2.15 INSTALACIÓN DEL MÓDULO EN EL VEHÍCULO

Primero se realizó la instalación de sensores adicionales como el de presión de aceite y los microswitch de las variables digitales, para los sensores de la palanca de cambios se construyó un soporte de madera con guías.

Luego se hizo la toma de señales de los sensores del vehículo mediante un cable soldado al de señal del sensor, mostrado en la figura 2.20.

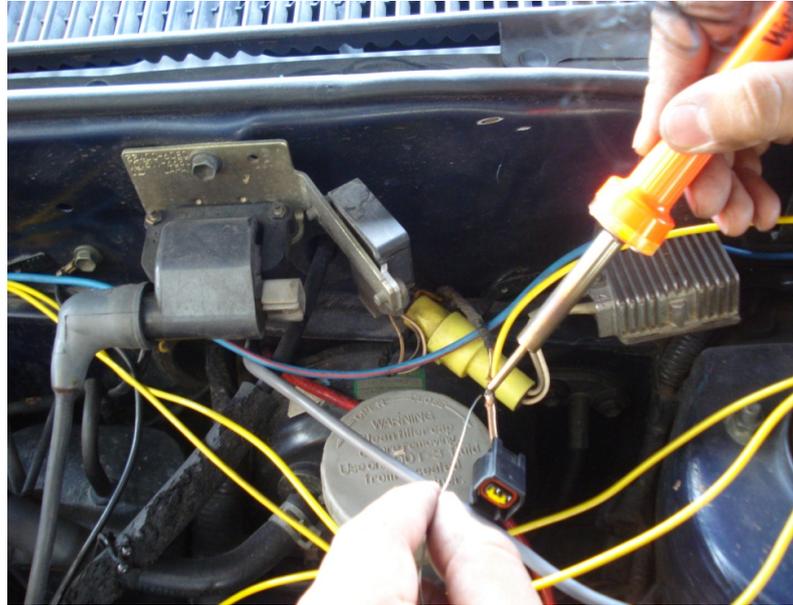


Figura 2.20 Toma de señal del sensor

Luego se procedió a instalar una bornera que ordene los cables de señal y para que ingresen de esta manera al interior del vehículo. Estas señales se conectan al módulo a través de un conector DB25.

El módulo se fija al interior del vehículo junto con el radio tranceiver, de tal modo que la antena del mismo se encuentre en una posición que no disminuya su alcance.

Tal como se mencionó anteriormente, se instaló una pantalla LCD en el tablero del vehículo para la visualización de algunos parámetros.

CAPÍTULO III

PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.1 DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL PROYECTO

El sistema funciona a con una alimentación de 12Vdc y tiene un consumo de 950 mA. Las señales de entrada se conectan al módulo principal por un DB25 y las de salida se conectan con un DB9.

La velocidad de transmisión del sistema es de 9600 Kbps en el modo *Full Duplex* y una *topología punto a punto*.

Como se explicó en los anteriores capítulos, el proyecto consta de tres etapas:

- Adquisición y acondicionamiento de datos
- Transmisión y recepción de datos
- Visualización e interpretación de datos

En la etapa de Adquisición y acondicionamiento de datos, se procedió a extraer señales de los distintos sensores que posee el vehículo, y en otros casos se procedió a la instalación de sensores, todas estas señales antes de entrar al microcontrolador, pasan ya sean por seguidores de voltajes (si la señal esta acondicionada de 0 a 5 V), o por acondicionadores de voltaje (si la señal no está acondicionada de 0 a 5V). Al llegar ya las señales al microcontrolador se procede a clasificar los datos y prepararlos para el envío a través del puerto serial.

La etapa de Transmisión y Recepción de datos se lo realiza a través de radio frecuencia, con equipos que poseen conexión serial RS-232, estos radios tienen un alcance de hasta 1000 pies (sin *línea de vista*), utilizan la banda de 902 a 928 MHz.

La etapa Visualización e interpretación de datos, se lo realiza en dos sitios, una en el vehículo y otra en la computadora; en el vehículo la visualización se lo hace a través de un pantalla LCD, en donde se observan de manera instantánea algunos de los parámetros monitoreados, y de mucha utilidad para el conductor,

en la computadora la visualización se lo realiza por medio de un software que se especializa en monitoreo y control de datos, tal como lo es el LabVIEW, estos datos son presentados de manera gráfica (Parámetro vs. Tiempo en caso de ser señales analógicas), y a través de indicadores visuales (en caso de ser señales digitales), todo esto para mejor comprensión del personal que está monitoreando el vehículo.

Además el programa en LabVIEW genera reportes históricos, que permitirá realizar un análisis profundo del motor durante una competición.

3.2 PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.2.1 PRUEBA DE VELOCIDADES DE TRANSMISIÓN

Para seleccionar la velocidad de transmisión óptima para el sistema, se realizó esta prueba, que consiste en realizar envío y recepción de cierta cantidad de datos en forma secuencial a diferentes velocidades (velocidades estándar RS-232 que soporta el PIC 16F877a) y verificar con cuál de todas estas velocidades se producen menor cantidad de fallos en la comunicación. Los resultados se muestran en la Tabla III.1

Tabla III.1 Resultados de Pruebas de Comunicación

VELOCIDADES DE TRANSMISION	INTENTOS DE COMUNICACIÓN	INTENTOS EXITOSOS	INTENTOS FALLIDOS
Envío y Recepción 300 Kbps	10	0	10
Envío y Recepción 1200 Kbps	10	1	9
Envío y Recepción 2400 Kbps	10	2	8
Envío y Recepción 9600 Kbps	10	10	0

La comunicación serial se realiza entre el Microcontrolador y el Puerto Serial del Computador que es manejado por un programa de LabVIEW, lo que se ilustra en la figura 3.1

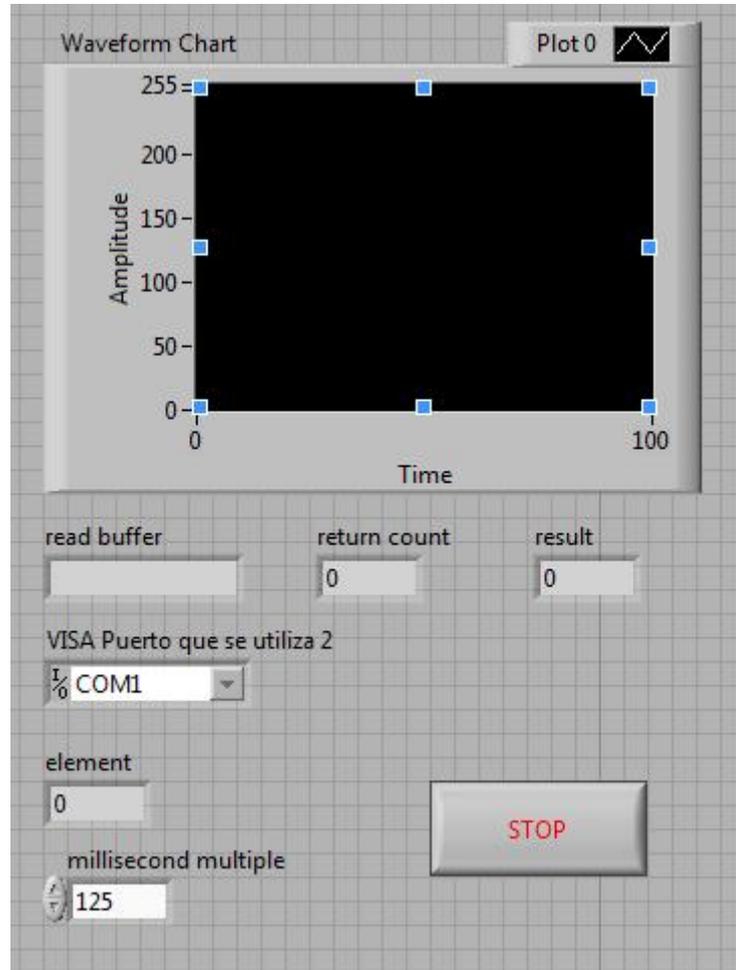


Figura 3.1 Programa en LabVIEW que maneja la comunicación serial

3.2.2 PRUEBA DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN

Para realizar esta prueba se utilizó la herramienta Serial Communicator del programa Microcode Studio; ésta nos permite enviar y recibir caracteres a través del puerto serial mediante el protocolo RS-232, lo que se muestra en la Figura 3.2.

La prueba consiste en enviar los caracteres del “1” al “6” y recibir el valor del conversor analógico correspondiente del PIC, para realizar esta comunicación se

debe configurar la herramienta con las mismas características que se especifican en el programa del microcontrolador, es decir 9600 Kbps, sin paridad, 8 bit de datos y un bit de parada, para desarrollar esta prueba se hicieron 10 intentos de transmisión y recepción, y los resultados se muestran en la tabla III.2.

Tabla III.2 Resultados de la Prueba de Transmisión y Recepción

PRUEBA	INTENTOS DE COMUNICACIÓN	INTENTOS EXITOSOS	INTENTOS FALLIDOS
Envío de Datos	10	10	0
Recepción de Datos	10	10	0
Recepción de datos requeridos	10	10	0

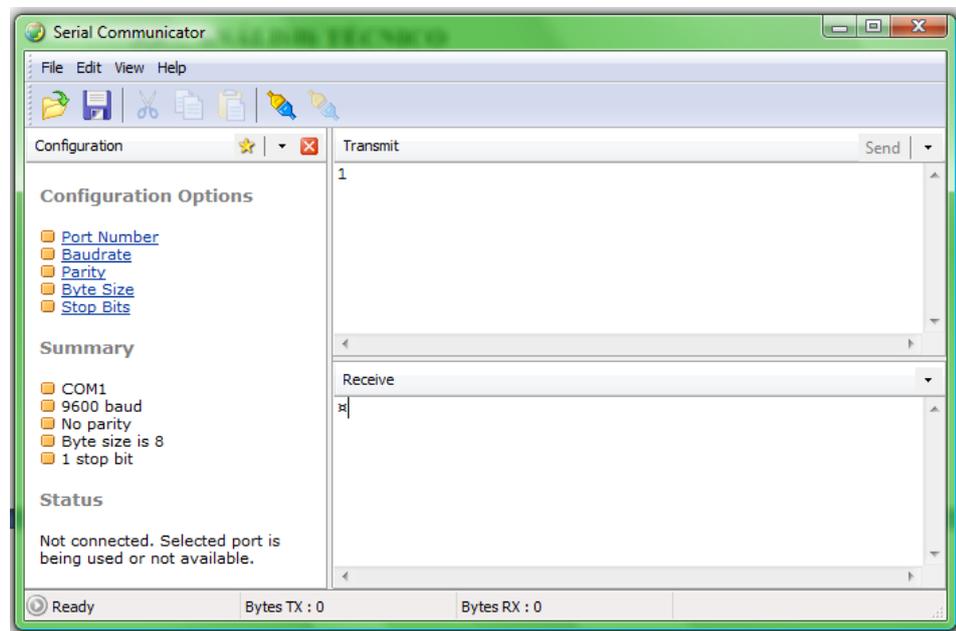


Figura 3.2 Herramienta de Comunicación de Microcode Studio

3.2.3 PRUEBAS DE INTERFERENCIA

Como todo sistema que trabaja con radio frecuencia, puede crear interferencia con otros sistemas y viceversa, por esta razón se ha visto la necesidad de hacer pruebas para verificar qué tipos de sistemas afectan al proyecto desarrollado. (Tabla III.3)

Tabla III.3 Interferencia en el sistema

EQUIPOS QUE CREAN INTERFERENCIA	SI	NO	Distancia a la que crean interferencia
Radios de Vehículo	X		0,50 M
Teléfono Celular	X		0,30 M
Dispositivos Bluetooth		X	0 M
Antenas WiFi		X	0 M
Antenas de Celulares		X	0 M

3.3 ANÁLISIS TÉCNICO

Las especificaciones y requerimientos técnicos del sistema, como los voltajes de alimentación y similares se resumen en la tabla III.4.

Tabla III.4 Detalles técnicos del equipo

ALIMENTACIÓN	12 Vdc
CONSUMO	950 mA
VELOCIDAD DE TRANSMISION	9600 Kbps
BANDA DE FRECUENCIA	902 a 928 MHz
TOPOLOGIA DE RED	Punto – Punto
SISTEMA OPERATIVO	WINDOWS XP

3.4 PRESTACIONES DEL SISTEMA

3.4.1 MONITOREO A TIEMPO REAL

El sistema permite monitorear al vehículo a distancia a través de pantallas donde se pueden visualizar los parámetros más importantes de desempeño. Para ilustrar lo mencionado se han capturado las siguientes imágenes a diferentes condiciones de funcionamiento del vehículo, que al usuario le servirá como base para el análisis de rendimiento.

En las figuras 3.3, 3.4, 3.5 se puede ver el funcionamiento de los distintos sensores. Los parámetros son normales, puesto que el vehículo no tiene fallas.

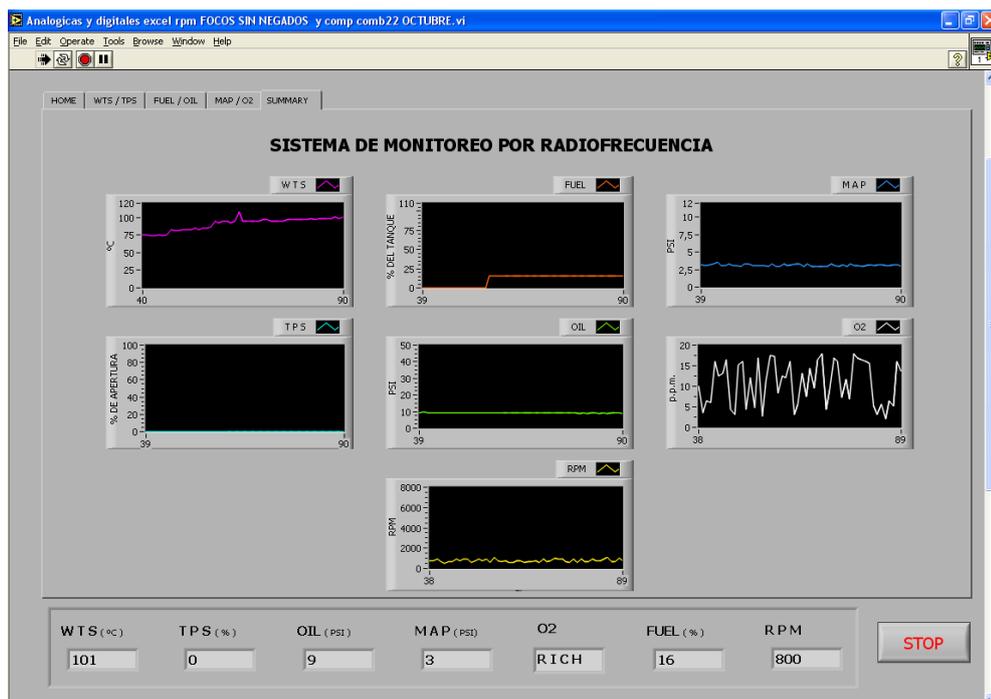


Figura 3.3 Pantalla inicial funcionamiento normal del vehículo (Ralenti)

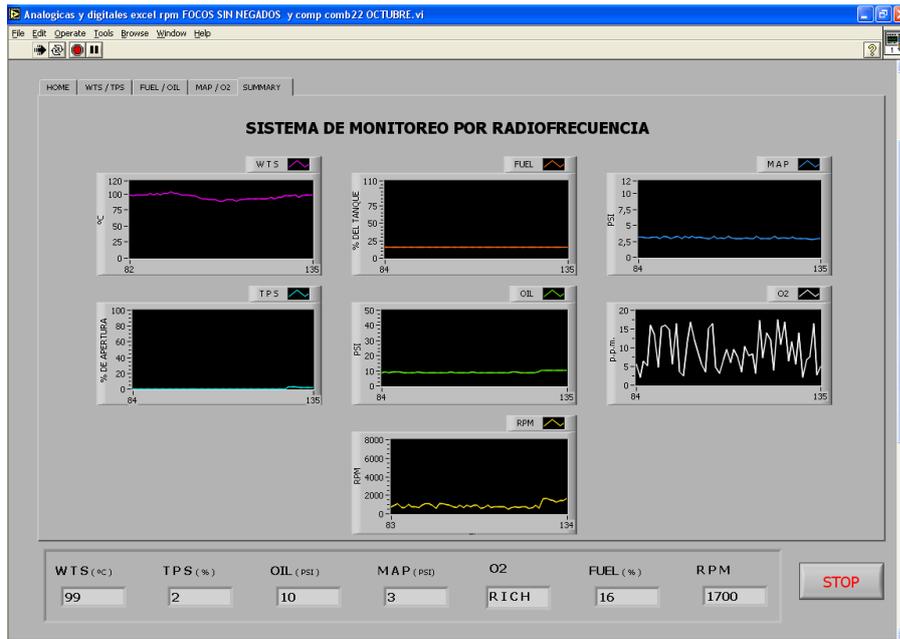


Figura 3.4 Pantalla inicial funcionamiento normal del vehículo (1700 RPM)

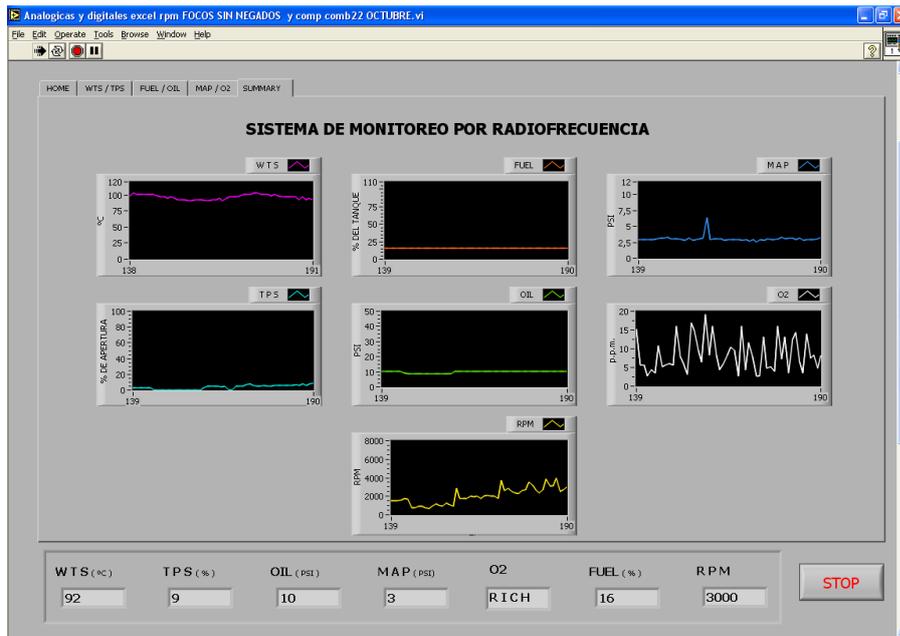


Figura 3.5 Pantalla inicial funcionamiento normal del vehículo (3000 RPM)

En la figura 3.6 se puede apreciar el corte de inyección y supresión de chispas para protección del motor.



Figura 3.6 Pantalla inicial funcionamiento normal del vehículo (6500 RPM Corte de Inyección)

En la figura 3.7 se aprecia las variaciones de los valores, durante una prueba de ruta.



Figura 3.7 Pantalla inicial funcionamiento en prueba de ruta

En la figura 3.8 se aprecia el comportamiento del vehículo, cuando existe una falla en el wts, directamente repercute en el tipo de mezcla, en este caso la ECU

interpreta que el motor se encuentra frío y trata de calentarlo lo más rápido posible, y para realizarlo, conserva una mezcla rica.



**Figura 3.8 Pantalla Inicial Comportamiento del vehículo
desconectado el sensor WTS (Ralenti)**



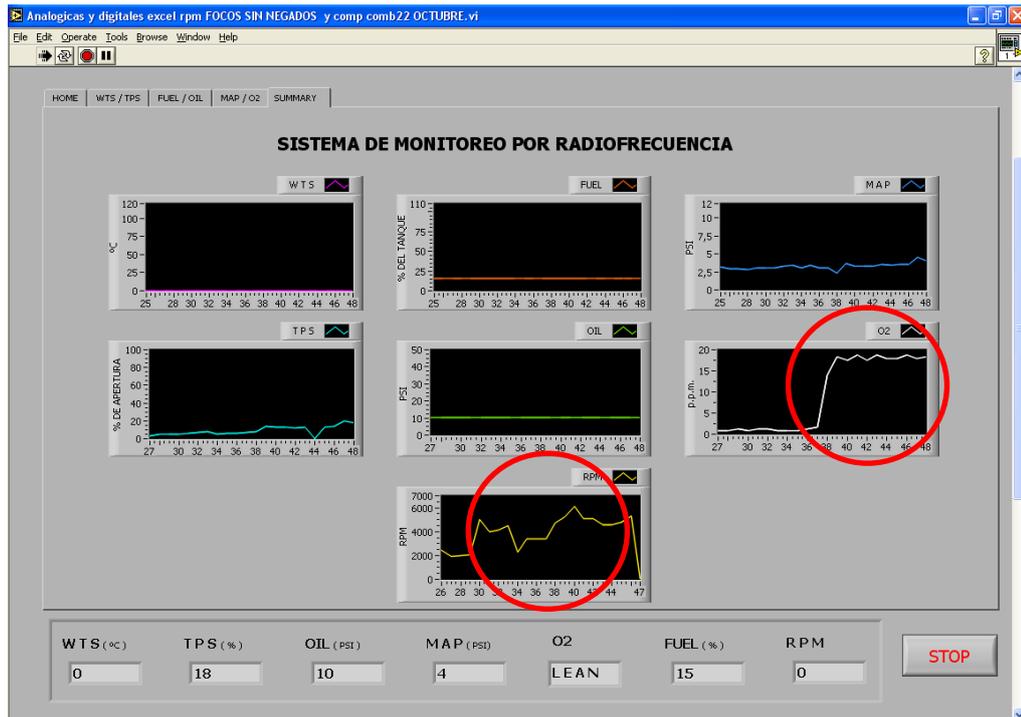
**Figura 3.9 Pantalla Inicial Comportamiento del vehículo
desconectado el sensor WTS (2000 RPM)**

En la figura 3.9 y 3.10 podemos ver que cuando el motor sobrepasa las 3000 rpm la mezcla se vuelve pobre, claramente se puede demostrar el mal funcionamiento del motor, puesto que el tipo de mezcla debe estar oscilando entre pobre y rica, ya que la ECU, siempre trata de mantener una mezcla estequiométrica perfecta, es decir 14.7 partes de aire por 1 de combustible.



**Figura 3.10 Pantalla Inicial Comportamiento del vehículo
desconectado el sensor WTS (5200 RPM)**

En la figura 3.11 se puede seguir apreciando el mal funcionamiento del motor, puesto que las revoluciones están oscilando sobre la línea de las 3000 rpm, pero el tipo de mezcla se sigue manteniendo rica.



**Figura 3.11 Pantalla Inicial Comportamiento del vehículo
desconectado el sensor WTS (6500 RPM corte de inyección)**

En las figuras 3.12, 3.13, 3.14 y 3.15, se aprecia el comportamiento del motor cuando existe falla en el sensor TPS, no se aprecia un cambio significativo en otros sensores, pero en el sensor TPS se mantiene en el 96% aunque haya cambio en aceleración. La comparación se debe hacer es, entre el monitoreo de las RPM y el sensor TPS, puesto que si hay cambio en el primero directamente debe haber un cambio en el segundo aunque sea mínimo.



**Figura 3.12 Pantalla Inicial Comportamiento del vehículo
desconectado el sensor TPS (Ralenti)**



**Figura 3.13 Pantalla Inicial Comportamiento del vehículo
desconectado el sensor TPS (3000 RPM)**

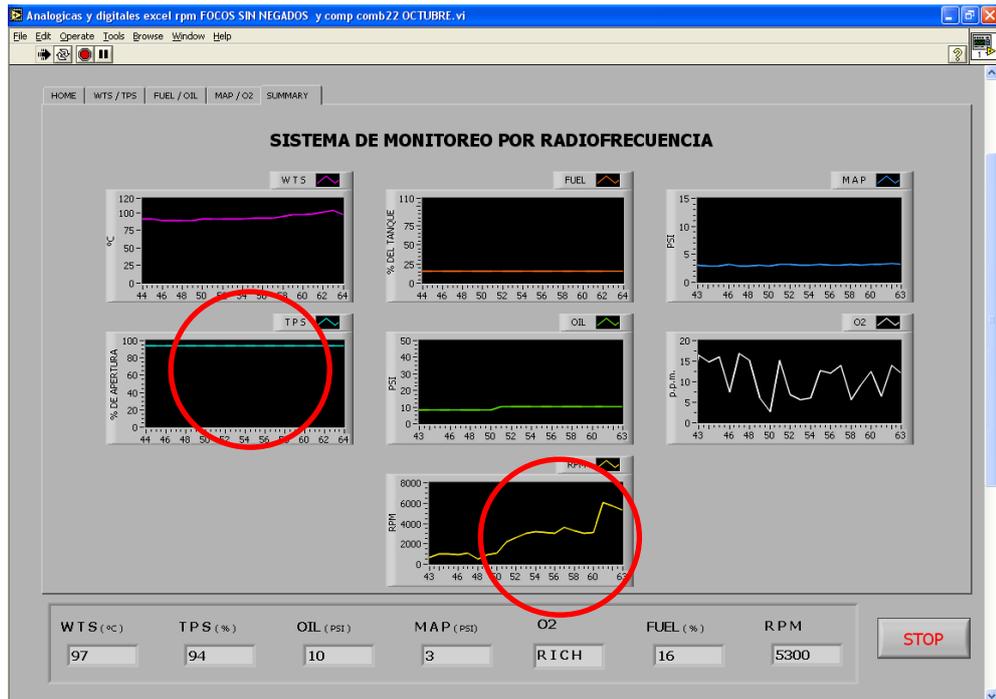


Figura 3.14 Pantalla Inicial Comportamiento del vehículo

desconectado el sensor TPS (5300 RPM)



Figura 3.15 Pantalla Inicial Comportamiento del vehículo

desconectado el sensor TPS (6000 RPM)

En las figuras 3.15, 3.16, 3.17, 3.18 y 3.19 se aprecia el comportamiento del vehículo cuando existe falla en el sensor MAP, este afecta directamente al tipo de mezcla, ya que la ECU interpreta que existe falta de oxígeno, y para que el motor no pierda potencia compensa inyectando más combustible, es decir mantiene una mezcla rica cuando el motor está bajo las 2000 RPM, y pobre cuando está sobre este valor.



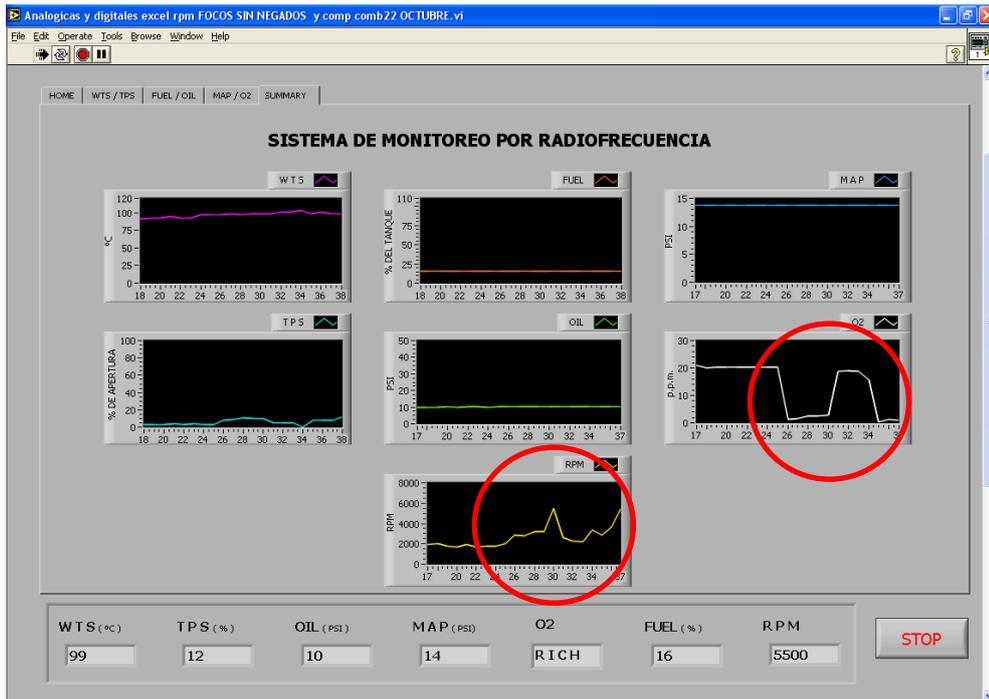
**Figura 3.15 Pantalla Inicial Comportamiento del vehículo
desconectado el sensor MAP (Ralenti)**



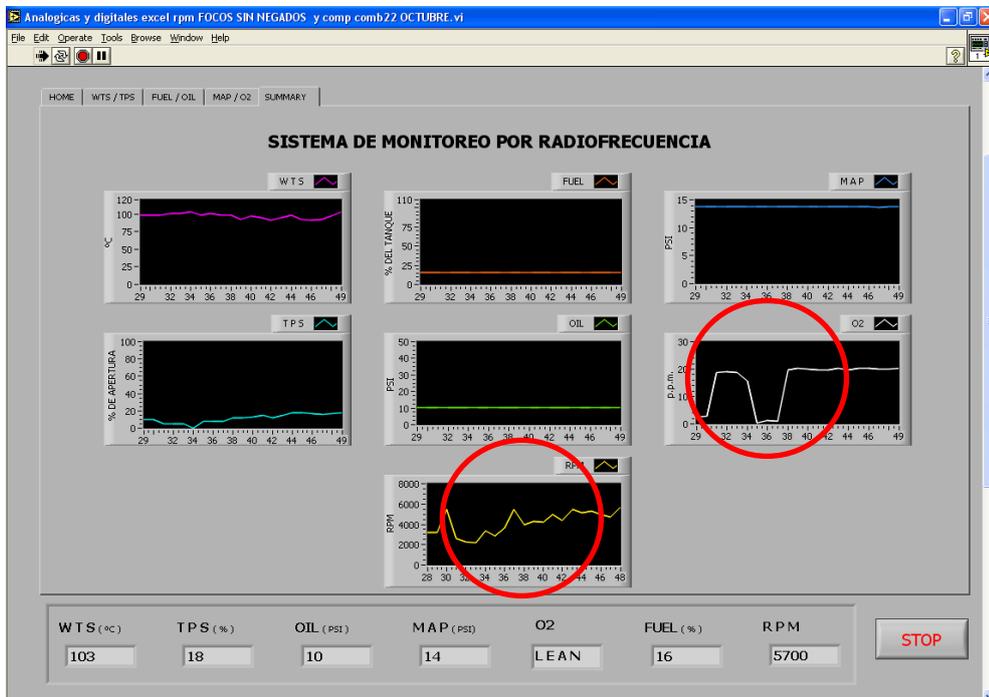
**Figura 3.16 Pantalla Inicial Comportamiento del vehículo
desconectado el sensor MAP (1800 RPM)**



**Figura 3.17 Pantalla Inicial Comportamiento del vehículo
desconectado el sensor MAP (3200 RPM)**



**Figura 3.18 Pantalla Inicial Comportamiento del vehículo
desconectado el sensor MAP (5500 RPM)**

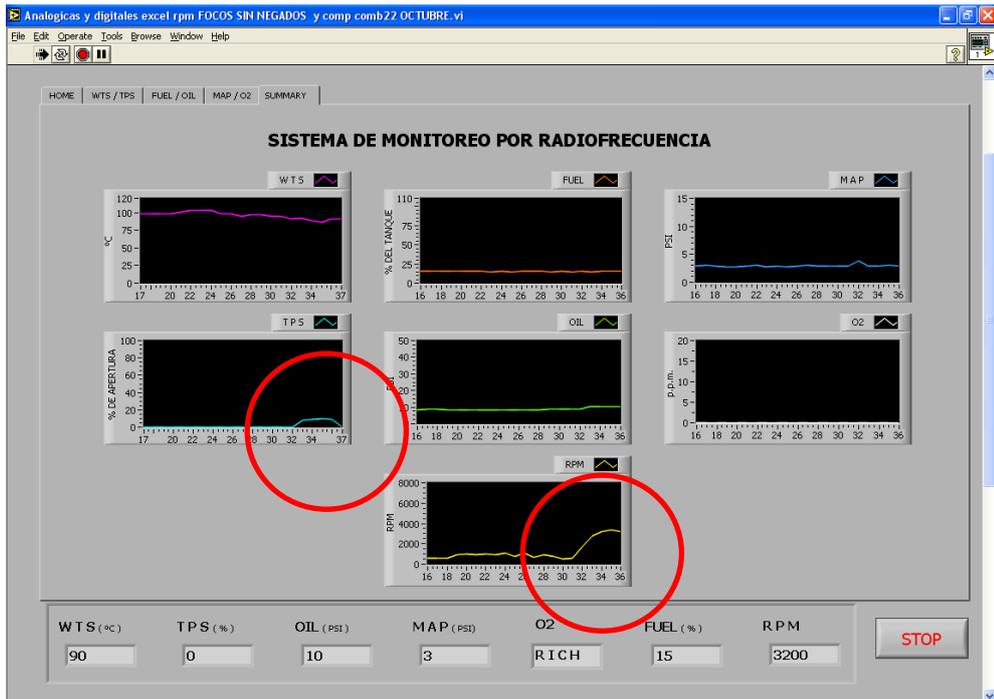


**Figura 3.19 Pantalla Inicial Comportamiento del vehículo
desconectado el sensor MAP (5700 RPM)**

En las figuras 3.20, 3.21, 3.22 y 3.23 se aprecia el comportamiento del vehículo cuando existe falla en el sensor de oxígeno, la ECU corrige la mezcla pero no se ve reflejado en el monitoreo, ya que este sensor se encuentra desconectado, esto repercute directamente en la potencia del motor se refleja en el sensor TPS, ya que se debe acelerar más para alcanzar cierto número de revoluciones.



**Figura 3.20 Pantalla Inicial Comportamiento del vehículo
desconectado el sensor Oxígeno (Ralentí)**



**Figura 3.21 Pantalla Inicial Comportamiento del vehículo
desconectado el sensor Oxígeno (3200 RPM)**



**Figura 3.22 Pantalla Inicial Comportamiento del vehículo
desconectado el sensor Oxígeno (5500 RPM)**



**Figura 3.23 Pantalla Inicial Comportamiento del vehículo
desconectado el sensor Oxígeno (6300 RPM)**

3.4.2 GENERACIÓN DE REPORTES HISTÓRICOS

El sistema genera un reporte de los datos de funcionamiento del vehículo, en una hoja de cálculo en la que se pueden observar la fecha y hora de las mediciones de las características importantes del vehículo así como sus magnitudes Figura 3.24.

La hoja generada por el programa desarrollado en LabVIEW, contiene los datos obtenidos directamente de los sensores, es debido a esto que la información mostrada no tiene sentido para el usuario, por lo que se ha diseñado una segunda hoja en la que se tienen los datos con las debidas conversiones, gracias a las cuales pueden ser interpretados por el usuario Figura 3.25.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
10			0	0	0	42	0	48	76	0			
11			0	0	0	43	0	48	76	0			
12			0	0	0	42	0	49	76	0			
13													
14	DATOS GUARDADOS	23/10/2008 12:30											
15			0	43	195	177	80	0	68	12			
16			107	41	194	177	82	0	68	11			
17													
18	DATOS GUARDADOS	23/10/2008 12:34											
19			104	37	195	175	77	0	68	10			
20			60	36	194	175	78	0	68	8			
21			56	36	195	176	77	0	68	8			
22			53	36	194	175	76	0	68	8			
23			49	36	194	175	71	0	68	8			
24			47	36	194	174	74	0	68	7			
25													
26	DATOS GUARDADOS	23/10/2008 12:39											
27			46	35	194	173	69	0	68	8			
28			39	35	194	172	68	0	68	8			
29			36	35	194	172	71	0	68	7			
30													
31	DATOS GUARDADOS	23/10/2008 12:44											
32			36	35	194	166	68	0	68	8			
33			34	34	194	164	67	0	68	7			
34			31	35	194	163	69	0	68	7			
35													
36	DATOS GUARDADOS	23/10/2008 12:54											
37			34		194	157	67	0	68	8			
38			28	34	194	157	66	0	68	8			
39			26	35	194	155	67	0	68	8			

Figura 3.25 Datos puros generados por LabVIEW

REPORTE DE MONITOREO DEL VEHÍCULO CHEVROLET FORSA 1.3 LT												
FECHA	TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE (°C)	APERTURA DE LA MARIPOSA (% DE APERTURA)	NIVEL DE COMBUSTIBLE (% DEL TANQUE)	PRESION DE ACEITE (PSI)	PRESION ABSOLUTA EN EL MULTIPLE (PSI)	OXIGENO EN LA SALIDA DE GASES TIPO	FRENO	EMBRAGUE	FRENO DE MANO	BOMBA DE COMBUSTIBLE	RPM	
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20	23/10/2008 12:34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
21	TEMP. BAJA	RALENTI	13,30	67,00	3,78	-	OFF	OFF	ON	ON	800	
22	45,60	RALENTI	13,76	67,00	3,86	-	OFF	OFF	ON	ON	600	
23	50,18	RALENTI	13,30	68,00	3,78	-	OFF	OFF	ON	ON	600	
24	53,94	RALENTI	13,76	67,00	3,69	-	OFF	OFF	ON	ON	600	
25	59,42	RALENTI	13,76	67,00	3,25	-	OFF	OFF	ON	ON	600	
26	62,34	RALENTI	13,76	66,00	3,51	-	OFF	OFF	ON	ON	500	
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
28	23/10/2008 12:39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
29	63,86	RALENTI	13,76	65,00	3,07	-	OFF	OFF	ON	ON	600	
30	75,34	RALENTI	13,76	64,00	2,98	-	OFF	OFF	ON	ON	600	
31	80,74	RALENTI	13,76	64,00	3,25	-	OFF	OFF	ON	ON	500	
32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
33	23/10/2008 12:44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
34	80,74	RALENTI	13,76	58,00	2,98	-	OFF	OFF	ON	ON	600	
35	84,50	RALENTI	13,76	56,00	2,90	-	OFF	OFF	ON	ON	500	
36	90,38	RALENTI	13,76	55,00	3,07	-	OFF	OFF	ON	ON	500	
37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
38	23/10/2008 12:54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
39	84,50	-	13,76	49,00	2,90	-	OFF	OFF	ON	ON	600	

Figura 3.26 Reporte final presentado al usuario

3.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

Como el sistema construido es un prototipo, únicamente puede funcionar en un vehículo Chevrolet Forssa 1.3LT, con la posibilidad de ser adaptable a otros vehículos con ligeras modificaciones.

El módulo de monitoreo permitirá al conductor del vehículo supervisar los parámetros principales del motor a fin de tomar acciones correctivas durante la marcha o a posterior.

La distancia de alcance entre el vehículo y la computadora de monitoreo está dado por el alcance de los radios que es de 1000ft (300 m aprox.).

Las señales que están en el ambiente como las ondas de radio y televisión, así como las de redes inalámbricas de internet pueden hacer interferencia con las que utiliza el presente proyecto, ya que en el mismo no se han incluido sistemas de inmunización a interferencias pues su alto costo no justifica el principio de costo-beneficio.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó un sistema de monitoreo a bordo con conexión por radiofrecuencia para un vehículo Chevrolet Forsa 1.3 Lt para monitorear el rendimiento del mismo.
- Se identificó los puntos de adquisición de datos para el monitoreo del motor del vehículo y se implementó un sistema de adquisición de datos.
- Se implementó una red de comunicación entre el microcontrolador, equipos de radiofrecuencia y el computador con un alcance de 1000 pies.
- Se implementó las interfaces del sistema de monitoreo en el vehículo y en el computador.
- Se implementó un sistema para monitorear al menos 7 variables de operación del vehículo Chevrolet Forsa 1.3 Lt. a un radio de cobertura de 300 metros.
- Se desarrolló un prototipo de monitoreo por radiofrecuencia que tiene una arquitectura abierta y que mediante ajuste en las respectivas variables, puede ser implementado en otros vehículos dando la oportunidad de mejorar su rendimiento y aumentar sus prestaciones.
- Se generó un sistema de monitoreo gráfico y bases de datos históricos, para ser analizados por pilotos y técnicos.
- Se produjo información para soporte técnico y toma de decisiones por parte de los equipos técnicos.
- La visualización del monitoreo en el interior del vehículo le permite al conductor tomar medidas en tiempo real para mejorar su desenvolvimiento dentro de una competencia.

4.2 RECOMENDACIONES

- El módulo desarrollado debe ser instalado en los puntos indicados, y siguiendo las especificaciones técnicas adjuntas a este documento, ya que de no ser así se puede afectar a la computadora del vehículo.
- Todas las instalaciones para voltajes de alimentación (12 Vdc), se debe tomar directamente de la batería, para evitar caídas de tensión indeseables en otros sistemas del vehículo.
- No se deben operar otros sistemas de radio mientras se está utilizando el este sistema, ya que pueden crear interferencia.
- Los equipos de radiofrecuencia, tanto del vehículo como de la estación de monitoreo, se deben montar en lugares despejados, tratando de mantener una línea de vista, ya que de esta manera la transmisión de datos es mucho más eficiente y tiene mayor alcance.
- Se deben tener muy en cuenta el diseño del circuito impreso, para que el sistema no cree carga a la computadora del vehículo, de no ser así se corre el riesgo de que el vehículo baje su rendimiento, o mucho peor que se llegue a estropear la computadora.
- Se debe diseñar fuentes separadas para cada etapa es decir, adquisición, presentación y comunicación, ya que la corriente requerida puede exceder los límites permisibles por los reguladores de voltaje y presentar caídas de tensión.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- ROSALES Robert C., RICE James O., “Manual de mantenimiento industrial”, McGraw-Hill.
- HOLZBOCK W. “Instrumentación para medición y control”, Publicaciones C.E.C. S.A.
- SUZUKI MOTOR CORPORATION, “Manual de mantenimiento y reparación del Chevrolet Forsa y Chevrolet Swift”, 1990.
- REYES Carlos, “Microcontroladores PIC”, Ayerve C.A., Primera Edición, Ecuador 2005.
- ANGULO José, “Microcontroladores PIC”, 2da Parte, McGraw Hill, Segunda Edición, España, 2006.
- NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION, “Manual del Curso LabVIEW Básico I”, Austin Texas, Diciembre 1998.
- BOYLESTAD Robert I, “Teoría de Circuitos”, 2da. Edición, México.
- Manuales y Tutoriales de LabVIEW.
- www.geocities.com/modulo/lcd.html
- www.microchip.com/PIC16F870_871/Data_Sheet28/40Pin8Bit/CMOS_FLASH/Microcontrollers.PDF
- www.picyLCD\LCD 20x4Sinc.htm

ANEXOS

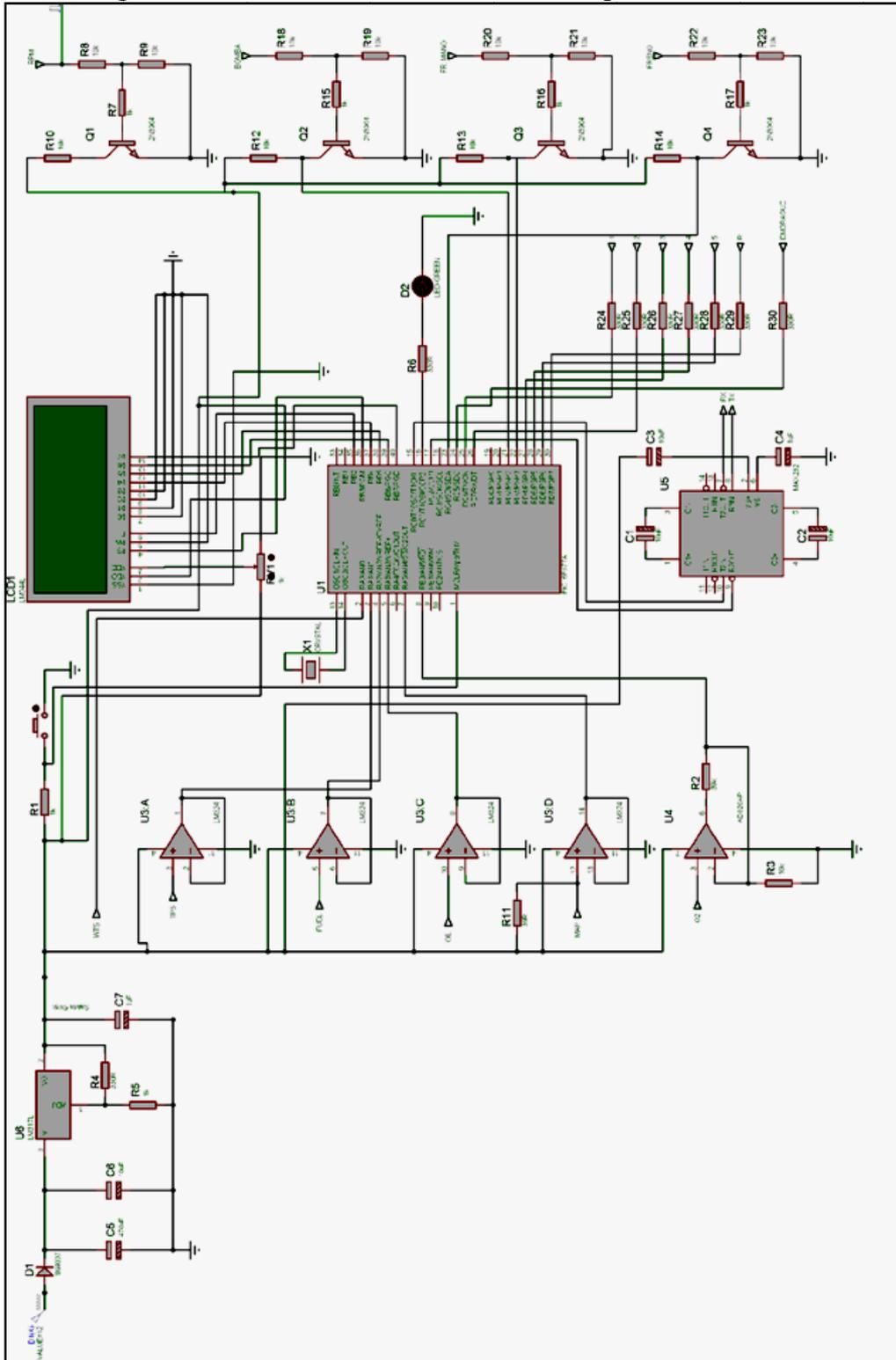
ANEXOS

- ANEXO A** Diagrama eléctrico del sistema de monitoreo por radiofrecuencia
- ANEXO B** Diseño del circuito impreso del sistema de monitoreo por radiofrecuencia
- ANEXO C** Código del programa del microcontrolador
- ANEXO D** Reportes históricos generados por el sistema
- ANEXO E** Especificaciones técnicas del PIC 16F877A
- ANEXO F** Especificaciones técnicas del MAX232
- ANEXO G** Especificaciones técnicas del AD820
- ANEXO H** Especificaciones técnicas del radio NL900
- ANEXO I** Manual del Usuario
- ANEXO J** Artículo Infociencia

ANEXO A

Diagrama eléctrico del sistema de monitoreo
por radiofrecuencia

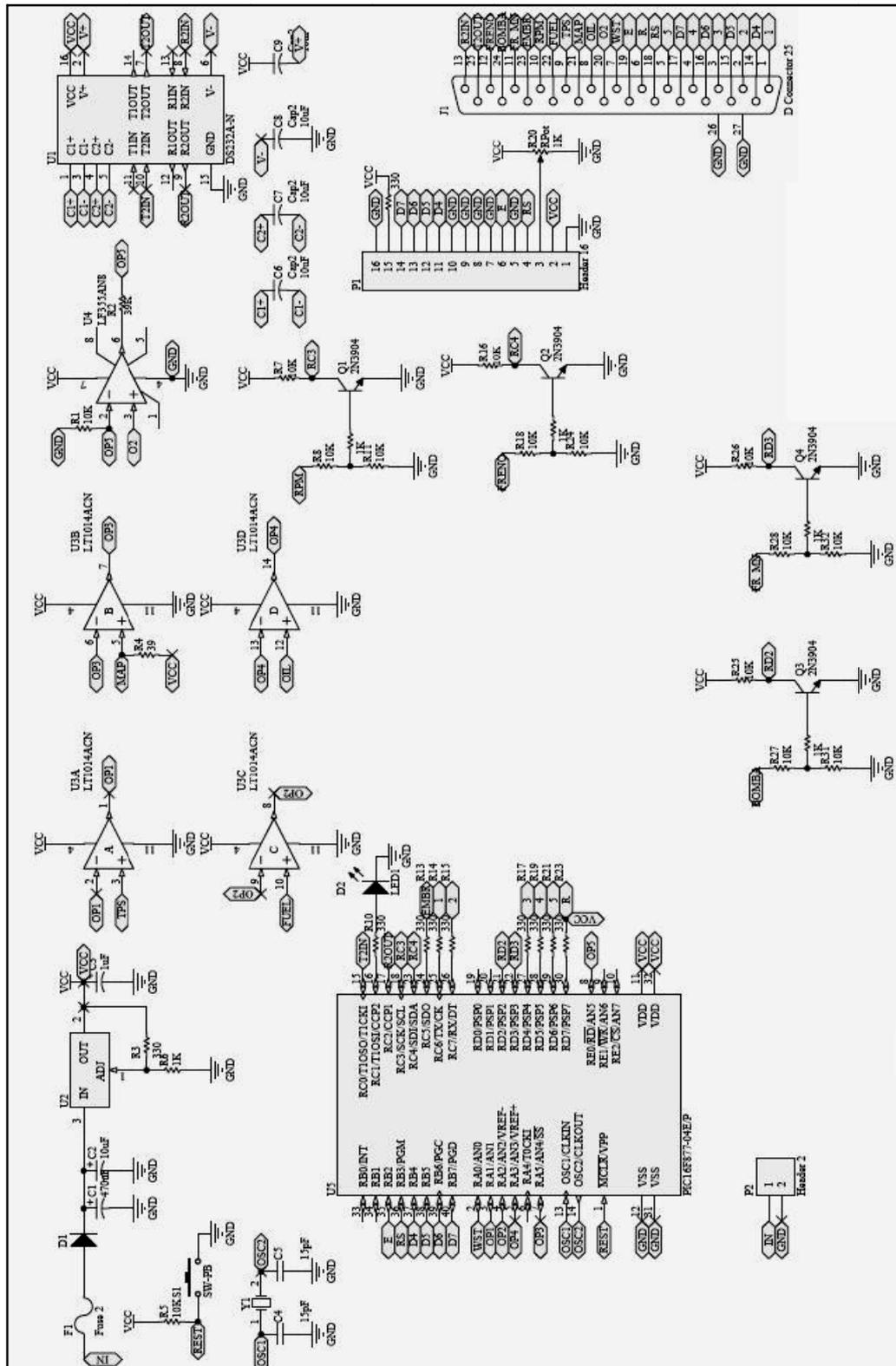
Diagrama eléctrico del sistema de monitoreo por radiofrecuencia



ANEXO B

Diseño del circuito impreso del sistema de monitoreo por
radiofrecuencia

Diseño del circuito impreso del sistema de monitoreo por radiofrecuencia



ANEXO C

Código del programa del microcontrolador

```
INCLUDE "modedefs.bas"
DEFINE OSC 10
DEFINE LCD_DREG PORTB
DEFINE LCD_DBIT 4
DEFINE LCD_RSREG PORTB
DEFINE LCD_RSBIT 3
DEFINE LCD_EREG PORTB
DEFINE LCD_EBIT 2
DEFINE LCD_LINES 4
DEFINE ADC_BITS 8
DEFINE ADC_CLOCK 3
DEFINE ADC_SAMPLEUS 50
DEFINE CHAR_PACING 1000
```

ingreso VAR BYTE **'DECLARACION DE VARIABLES**

```
WTS VAR BYTE
TPS VAR BYTE
FUEL VAR BYTE
OIL VAR BYTE
MAP VAR BYTE
O2 VAR BYTE
MARCHA VAR BYTE
PEDALES VAR BYTE
REVO VAR BYTE
BOMBA VAR BYTE
TPSDEC VAR WORD
FUELDEC VAR word
WTSDEC VAR word
MAPDEC VAR word
REVODEC VAR word
```

ingreso=0 **'SETEAR VARIABLES**

```
MARCHA=0
PEDALES=0
revo=0
bomba=0
TRISA = 255
TRISD=255
TRISC=4
ADCON1 = 2
```

principal: **'PROGRAMA PRINCIPAL**

```
gosub medir
gosub presentar
gosub leer
gosub transmitir
goto principal
end
```

medir: **'BARRIDO PARA SENSAR**

```
ADCIN 0, WTS 'LECTURA EN EL AD 0 TEMPERATURA REFRIGERANTE'
ADCIN 1, TPS 'LECTURA EN EL AD 1 POSICION MARIPOSA'
ADCIN 2, FUEL 'LECTURA EN EL AD 2 NIVEL DE COMBUSTIBLE'
ADCIN 3, OIL 'LECTURA EN EL AD 3 PRESION DE ACEITE'
ADCIN 4, MAP 'LECTURA EN EL AD 4 PRESION ABSOLUTA'
```

ADCIN 5, O2 'LECTURA EN EL AD 5 O2'

'POSICION DE MARCHAS

MARCHA=0

IF PORTC.6=1 THEN

MARCHA="1"

ENDIF

IF PORTC.7=1 THEN

MARCHA="2"

ENDIF

IF PORTD.4=1 THEN

MARCHA="3"

ENDIF

IF PORTD.5=1 THEN

MARCHA="4"

ENDIF

IF PORTD.6=1 THEN

MARCHA="5"

ENDIF

IF PORTD.7=1 THEN

MARCHA="R"

endif

if MARCHA=0 then

MARCHA= "N"

ENDIF

'POSICION DE PEDALES ANADIR ACTIVACION DE LA BOMBA

PEDALES=0 'RC4 FRENO RC5 EMBRAGUE RD2 BOMBA_COMB RD3 FRENO_M

if PORTD.2=0 AND PORTC.5=0 AND PORTD.3=0 AND PORTC.4=0 THEN

PEDALES="A"

ENDIF

if PORTD.2=0 AND PORTC.5=0 AND PORTD.3=0 AND PORTC.4=1 THEN

PEDALES="B"

ENDIF

if PORTD.2=0 AND PORTC.5=0 AND PORTD.3=1 AND PORTC.4=0 THEN

PEDALES="C"

ENDIF

if PORTD.2=0 AND PORTC.5=0 AND PORTD.3=1 AND PORTC.4=1 THEN

PEDALES="D"

ENDIF

if PORTD.2=0 AND PORTC.5=1 AND PORTD.3=0 AND PORTC.4=0 THEN

PEDALES="E"

ENDIF

if PORTD.2=0 AND PORTC.5=1 AND PORTD.3=0 AND PORTC.4=1 THEN

PEDALES="F"

ENDIF

if PORTD.2=0 AND PORTC.5=1 AND PORTD.3=1 AND PORTC.4=0 THEN

PEDALES="G"

ENDIF

if PORTD.2=0 AND PORTC.5=1 AND PORTD.3=1 AND PORTC.4=1 THEN

PEDALES="H"

ENDIF

if PORTD.2=1 AND PORTC.5=0 AND PORTD.3=0 AND PORTC.4=0 THEN

PEDALES="I"

ENDIF

if PORTD.2=1 AND PORTC.5=0 AND PORTD.3=0 AND PORTC.4=1 THEN

```

PEDALES="J"
ENDIF
if PORTD.2=1 AND PORTC.5=0 AND PORTD.3=1 AND PORTC.4=0 THEN
PEDALES="K"
ENDIF
if PORTD.2=1 AND PORTC.5=0 AND PORTD.3=1 AND PORTC.4=1 THEN
PEDALES="L"
ENDIF
if PORTD.2=1 AND PORTC.5=1 AND PORTD.3=0 AND PORTC.4=0 THEN
PEDALES="M"
ENDIF
if PORTD.2=1 AND PORTC.5=1 AND PORTD.3=0 AND PORTC.4=1 THEN
PEDALES="N"
ENDIF
if PORTD.2=1 AND PORTC.5=1 AND PORTD.3=1 AND PORTC.4=0 THEN
PEDALES="O"
ENDIF
if PORTD.2=1 AND PORTC.5=1 AND PORTD.3=1 AND PORTC.4=1 THEN
PEDALES="P"
ENDIF

```

```

'CONVERSION DEL WTS'
WTSDEC= (170+(((WTS*16)/100)*(WTS/10))-(2*WTS))

```

```

'CONVERSION DEL TPS'

```

```

if tps<29 then

```

```

TPSDEC=0

```

```

ELSE

```

```

TPSDEC= (((55*TPS)/100)-16)

```

```

ENDIF

```

```

'CONVERSION DEL FUEL'

```

```

FUELDEC= (103-((fuel*46)/100))

```

```

'CONVERSION DEL MAP'

```

```

MAPDEC= (((map*104)/1000)-(35/10))

```

```

'REVOLUCION'

```

```

COUNT PORTC.3,250,REVO

```

```

REVODEC= (REVO)*120

```

```

return

```

```

presentar: 'PRESENTACION EN EL LCD

```

```

LCDOUT $FE, 1

```

```

LCDOUT $FE, 2,"WTS: ", #WTSDEC," TPS: ",#TPSDEC,"% "

```

```

LCDOUT $FE,$C0,"FUEL: ",#FUELDEC,"% " OIL: ",#OIL

```

```

LCDOUT $FE,$94,"MAP: ", #MAPDEC,"PSI"," O2: ", #O2

```

```

LCDOUT $FE,$D4,"RPM: ",#REVODEC, " MARCHA: ",MARCHA

```

```

pause 500

```

```

return

```

```

leer: 'LECTURA PARA SINCRONIZACION

```

```

serin PORTC.2,T9600,INGRESO

```

```

return

```

transmitir: **TRANSMISION**

```
PORTC.1=1
if ingreso="1" then
  SEROUT PORTC.0,T9600,[WTS]
  PAUSE 100
goto fintrans
endif
if ingreso="2" then
  SEROUT PORTC.0,T9600,[TPS]
  PAUSE 100
goto fintrans
endif
if ingreso="3" then
  SEROUT PORTC.0,T9600,[FUEL]
  PAUSE 100
goto fintrans
endif
if ingreso="4" then
  SEROUT PORTC.0,T9600,[OIL]
  PAUSE 100
goto fintrans
endif
if ingreso="5" then
  SEROUT PORTC.0,T9600,[MAP]
  PAUSE 100
goto fintrans
endif
if ingreso="6" then
  SEROUT PORTC.0,T9600,[O2]
  PAUSE 100
goto fintrans
endif
if ingreso="7" then
  SEROUT PORTC.0,T9600,[MARCHA]
  PAUSE 100
goto fintrans
endif
if ingreso="8" then
  SEROUT PORTC.0,T9600,[pedales]
  PAUSE 100
goto fintrans
endif
if ingreso="9" then
  SEROUT PORTC.0,T9600,[REVO]
  PAUSE 100
goto fintrans
Endif
fintrans:
PORTC.1=0
```

return

ANEXO D

Reportes históricos generados por el sistema

REPORTE DE MONITOREO DEL VEHÍCULO CHEVROLET FORSA 1.3 LT

FECHA	TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE (°C)	APERTURA DE LA MARIPOSA (% DE APERTURA)	NIVEL DE COMBUSTIBLE (% DEL TANQUE)	PRESION DE ACEITE (PSI)	PRESION ABSOLUTA EN EL MULTIPLE DE (PSI)	OXIGENO EN LA SALIDA DE GASES TIPO	FRENO	EMBRAGUE	FRENO DE MANO	BOMBA DE COMBUSTIBLE	RPM
27/10/2008 11:52	-	-	-	-	-	-					-
	70,22	RALENTI	34,92	58,00	3,34	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	900
	90,38	RALENTI	35,38	58,00	3,51	RICH	OFF	OFF	ON	ON	700
	94,46	RALENTI	35,38	56,00	3,25	RICH	OFF	OFF	ON	ON	1.000
	92,40	RALENTI	34,92	58,00	3,25	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	600
	92,40	RALENTI	35,38	58,00	3,34	RICH	OFF	OFF	ON	ON	500
	92,40	RALENTI	34,92	56,00	3,60	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	700
	92,40	RALENTI	34,92	56,00	3,34	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	1.000
	90,38	RALENTI	34,46	56,00	3,34	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	700
	88,38	RALENTI	37,68	55,00	3,60	RICH	OFF	OFF	ON	ON	800
	88,38	RALENTI	34,92	55,00	3,42	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	1.100
	88,38	RALENTI	38,14	55,00	3,51	RICH	OFF	OFF	ON	ON	1.000
	88,38	RALENTI	35,84	55,00	3,25	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	1.000
	-	-	-	-	-	-					-
27/10/2008 11:55	-	-	-	-	-	-					-
	90,38	6,38	37,22	69,00	3,25	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	2.800
	94,46	7,62	37,68	71,00	3,07	RICH	OFF	OFF	ON	ON	3.400
	96,54	7,00	34,00	71,00	2,98	RICH	OFF	OFF	ON	ON	3.800
	96,54	7,00	37,68	72,00	2,98	RICH	OFF	OFF	ON	ON	3.200
	94,46	6,38	34,46	70,00	3,07	RICH	OFF	OFF	ON	ON	3.400
	100,82	5,76	34,46	71,00	2,90	RICH	OFF	OFF	ON	ON	2.500
	100,82	5,76	34,00	71,00	2,98	RICH	OFF	OFF	ON	ON	3.300
	103,00	6,38	33,54	70,00	2,90	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	3.100
	105,22	6,38	35,38	71,00	3,07	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	3.500
	100,82	5,76	34,92	70,00	2,90	RICH	OFF	OFF	ON	ON	3.100
	103,00	5,76	35,84	71,00	2,81	RICH	OFF	OFF	ON	ON	3.300
	100,82	5,76	34,00	70,00	2,19	RICH	OFF	OFF	ON	ON	700
	-	-	-	-	-	-					-
27/10/2008 11:58	-	-	-	-	-	-					-
	103,00	8,86	36,76	72,00	4,13	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	6.000
	94,46	11,34	34,00	72,00	3,25	RICH	OFF	OFF	ON	ON	4.700

	96,54		10,72	34,46	71,00	3,16	RICH	OFF	OFF	ON	ON	5.400
	96,54		10,10	35,38	71,00	3,16	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	5.100
	98,66		9,48	36,76	71,00	3,07	RICH	OFF	OFF	ON	ON	4.300
	98,66		9,48	36,76	71,00	2,98	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	4.600
	100,82		10,10	34,92	71,00	3,07	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	5.100
	103,00		10,10	35,38	72,00	3,16	RICH	OFF	OFF	ON	ON	6.500
	107,46		10,10	34,92	72,00	3,25	RICH	OFF	OFF	ON	ON	5.600
	107,46		11,34	35,84	72,00	3,16	RICH	OFF	OFF	ON	ON	6.800
	103,00		9,48	34,00	72,00	3,34	RICH	OFF	OFF	ON	ON	8.400
	103,00		8,24	34,92	71,00	3,07	RICH	OFF	OFF	ON	ON	5.900
	107,46		9,48	34,46	71,00	2,98	RICH	OFF	OFF	ON	ON	5.200
	-		-	-	-	-	-					-
27/10/2008 12:04	wts		-	-	-	-	-					-
	100,82	RALENTI		34,46	46,00	3,25	RICH	OFF	OFF	ON	ON	1.000
	TEMP. BAJA	RALENTI		34,46	45,00	3,25	RICH	OFF	OFF	ON	ON	1.200
	TEMP. BAJA	RALENTI		38,60	47,00	3,42	RICH	OFF	OFF	ON	ON	1.300
	TEMP. BAJA	RALENTI		34,92	46,00	3,51	RICH	OFF	OFF	ON	ON	1.200
	TEMP. BAJA	RALENTI		34,46	46,00	3,34	RICH	OFF	OFF	ON	ON	1.100
	TEMP. BAJA	RALENTI		34,46	46,00	3,51	RICH	OFF	OFF	ON	ON	1.100
	TEMP. BAJA	RALENTI		34,46	46,00	3,34	RICH	OFF	OFF	ON	ON	1.000
	TEMP. BAJA	RALENTI		34,46	46,00	3,51	RICH	OFF	OFF	ON	ON	1.200
	TEMP. BAJA	RALENTI		34,46	45,00	3,42	RICH	OFF	OFF	ON	ON	1.300
	TEMP. BAJA	RALENTI		34,46	47,00	3,42	RICH	OFF	OFF	ON	ON	700
	TEMP. BAJA	RALENTI		34,46	45,00	3,25	RICH	OFF	OFF	ON	ON	900
	TEMP. BAJA	RALENTI		34,46	45,00	3,34	RICH	OFF	OFF	ON	ON	1.600
	TEMP. BAJA	RALENTI		34,46	45,00	3,60	RICH	OFF	OFF	ON	ON	800
	-		-	-	-	-	-					-
27/10/2008 12:06	-		-	-	-	-	-					-
	TEMP. BAJA		2,66	35,84	66,00	4,22	RICH	OFF	OFF	ON	ON	2.800
	TEMP. BAJA		5,14	32,62	70,00	3,34	RICH	OFF	OFF	ON	ON	2.800
	TEMP. BAJA		6,38	33,08	69,00	3,25	RICH	OFF	OFF	ON	ON	3.100
	TEMP. BAJA		6,38	32,62	69,00	3,16	RICH	OFF	OFF	ON	ON	2.600
	TEMP. BAJA		6,38	32,62	70,00	3,07	RICH	OFF	OFF	ON	ON	2.700
	TEMP. BAJA		6,38	32,16	69,00	2,98	RICH	OFF	OFF	ON	ON	3.300
	TEMP. BAJA		6,38	35,84	70,00	2,98	RICH	OFF	OFF	ON	ON	3.000
	TEMP. BAJA		-	32,16	70,00	3,07	RICH	OFF	OFF	ON	ON	2.900
	TEMP. BAJA		6,38	32,16	70,00	3,07	RICH	OFF	OFF	ON	ON	2.800
	TEMP. BAJA		6,38	32,62	71,00	3,16	RICH	OFF	OFF	ON	ON	3.500
	TEMP. BAJA		6,38	35,84	70,00	3,25	RICH	OFF	OFF	ON	ON	3.100
	TEMP. BAJA		7,00	34,46	70,00	3,07	RICH	OFF	OFF	ON	ON	2.400

	TEMP. BAJA		5,76	36,30	69,00	3,25	RICH	OFF	OFF	ON	ON	2.900
	-		-	-	-	-	-					-
27/10/2008 12:07	-		-	-	-	-	-					-
	TEMP. BAJA		-	32,62	72,00	3,60	RICH	OFF	OFF	ON	ON	6.400
	TEMP. BAJA		9,48	32,62	72,00	3,16	RICH	OFF	OFF	ON	ON	4.900
	TEMP. BAJA		10,10	35,84	71,00	3,25	RICH	OFF	OFF	ON	ON	5.400
	TEMP. BAJA		10,10	32,16	70,00	3,42	RICH	OFF	OFF	ON	ON	5.300
	TEMP. BAJA		-	33,54	70,00	3,42	RICH	OFF	OFF	ON	ON	4.900
	TEMP. BAJA		8,86	32,62	71,00	3,51	RICH	OFF	OFF	ON	ON	4.500
	TEMP. BAJA		9,48	36,30	70,00	3,25	RICH	OFF	OFF	ON	ON	5.200
	TEMP. BAJA		10,10	32,62	70,00	3,07	RICH	OFF	OFF	ON	ON	5.600
	TEMP. BAJA		9,48	32,62	71,00	3,16	RICH	OFF	OFF	ON	ON	5.300
	TEMP. BAJA		9,48	35,84	71,00	3,42	RICH	OFF	OFF	ON	ON	4.700
	TEMP. BAJA		9,48	32,16	70,00	3,16	RICH	OFF	OFF	ON	ON	4.800
	TEMP. BAJA		9,48	32,62	71,00	3,16	RICH	OFF	OFF	ON	ON	5.300
	TEMP. BAJA		8,86	32,62	70,00	3,42	RICH	OFF	OFF	ON	ON	4.600
	o2		-	-	-	-	-					-
27/10/2008 12:11	-		-	-	-	-	-					-
	TEMP. BAJA		-	32,62	44,00	3,16	-	OFF	OFF	ON	ON	500
	94,46	RALENTI		32,62	42,00	3,16	-	OFF	OFF	ON	ON	900
	94,46	RALENTI		33,08	43,00	3,16	-	OFF	OFF	ON	ON	800
	90,38	RALENTI		38,60	43,00	3,25	-	OFF	OFF	ON	ON	800
	90,38	RALENTI		32,62	41,00	3,07	-	OFF	OFF	ON	ON	700
	90,38	RALENTI		32,62	42,00	3,42	-	OFF	OFF	ON	ON	800
	90,38	RALENTI		32,62	41,00	3,42	-	OFF	OFF	ON	ON	700
	90,38	RALENTI		37,22	42,00	2,98	-	OFF	OFF	ON	ON	1.000
	90,38	RALENTI		36,76	43,00	3,07	-	OFF	OFF	ON	ON	800
	92,40	RALENTI		32,62	43,00	3,07	-	OFF	OFF	ON	ON	1.000
	92,40	RALENTI		39,06	42,00	2,90	-	OFF	OFF	ON	ON	800
	94,46	RALENTI		33,08	43,00	2,98	-	OFF	OFF	ON	ON	900
	-			-	-	-	-					-
27/10/2008 12:12	-		-	-	-	-	-					-
	92,40			35,38	69,00	2,81	-	OFF	OFF	ON	ON	2.900
	92,40		6,38	36,30	70,00	2,63	-	OFF	OFF	ON	ON	3.400
	94,46		5,76	32,62	70,00	2,72	-	OFF	OFF	ON	ON	3.100
	96,54		-	35,84	70,00	2,90	-	OFF	OFF	ON	ON	3.200
	94,46		6,38	32,16	70,00	2,90	-	OFF	OFF	ON	ON	3.000
	98,66		6,38	33,54	70,00	2,98	-	OFF	OFF	ON	ON	2.900
	98,66		6,38	35,84	71,00	2,72	-	OFF	OFF	ON	ON	2.700
	98,66		6,38	33,08	70,00	2,72	-	OFF	OFF	ON	ON	3.600

	100,82	6,38	32,62	70,00	2,90	-	OFF	OFF	ON	ON	3.300
	100,82	6,38	36,30	71,00	2,98	-	OFF	OFF	ON	ON	4.300
	103,00	6,38	32,62	70,00	2,72	-	OFF	OFF	ON	ON	3.500
	103,00	6,38	32,16	71,00	2,63	-	OFF	ON	ON	ON	2.600
	-	-	-	-	-	-					-
27/10/2008 12:13	-	-	-	-	-	-					-
	103,00	-	36,30	70,00	2,81	-	OFF	ON	ON	ON	4.900
	98,66	7,00	35,38	71,00	2,72	-	OFF	ON	ON	ON	5.300
	98,66	7,62	32,62	71,00	2,90	-	OFF	ON	ON	ON	5.000
	100,82	7,00	34,46	70,00	2,90	-	OFF	ON	ON	ON	4.900
	98,66	7,62	32,62	70,00	2,98	-	OFF	ON	ON	ON	4.800
	100,82	7,62	33,08	70,00	2,81	-	OFF	ON	ON	ON	5.600
	98,66	7,62	32,62	70,00	2,90	-	OFF	ON	ON	ON	4.600
	103,00	7,62	36,30	69,00	2,90	-	OFF	ON	ON	ON	4.700
	96,54	7,62	36,30	70,00	2,90	-	OFF	ON	ON	ON	5.000
	94,46	8,24	34,92	70,00	2,98	-	OFF	ON	ON	ON	4.600
	96,54	8,24	32,16	70,00	2,90	-	OFF	ON	ON	ON	5.000
	90,38	8,86	34,46	71,00	2,72	-	OFF	ON	ON	ON	5.000
	map	-	-	-	-	-					-
27/10/2008 12:15	-	-	-	-	-	-					-
	96,54	RALENTI	34,92	28,00	3,07	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	700
	94,46	RALENTI	34,92	28,00	3,34	RICH	OFF	OFF	ON	ON	1.000
	-	-	-	-	-	-					-
27/10/2008 12:15	-	-	-	-	-	-					-
	94,46	-	34,46	25,00	13,98	RICH	OFF	OFF	ON	ON	800
	96,54	RALENTI	34,46	29,00	13,98	RICH	OFF	OFF	ON	ON	800
	98,66	RALENTI	34,46	36,00	13,98	RICH	OFF	OFF	ON	ON	1.000
	98,66	-	35,38	38,00	13,98	RICH	OFF	OFF	ON	ON	900
	96,54	RALENTI	34,46	38,00	13,98	RICH	OFF	OFF	ON	ON	1.000
	98,66	RALENTI	34,46	37,00	13,98	RICH	OFF	OFF	ON	ON	500
	98,66	RALENTI	34,46	29,00	13,98	RICH	OFF	OFF	ON	ON	500
	100,82	RALENTI	34,00	25,00	13,98	RICH	OFF	OFF	ON	ON	600
	100,82	RALENTI	34,00	32,00	14,07	RICH	OFF	OFF	ON	ON	1.000
	98,66	RALENTI	34,46	37,00	14,07	RICH	OFF	OFF	ON	ON	1.000
	100,82	RALENTI	34,46	38,00	13,98	RICH	OFF	OFF	ON	ON	1.000
	100,82	RALENTI	34,00	39,00	13,98	RICH	OFF	OFF	ON	ON	1.000
	-	-	-	-	-	-					-
27/10/2008 12:16	-	-	-	-	-	-					-
	100,82	7,62	31,70	69,00	13,98	RICH	OFF	OFF	ON	ON	3.100
	100,82	-	32,16	68,00	13,98	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	3.000

	98,66	5,14	31,24	66,00	13,98	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	3.300
	98,66	5,14	32,62	67,00	13,98	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	2.700
	100,82	5,14	32,62	67,00	14,07	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	3.200
	98,66	5,14	36,30	66,00	14,07	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	3.300
	94,46	5,76	35,38	66,00	13,98	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	2.500
	96,54	5,14	33,08	66,00	13,98	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	2.600
	94,46	-	32,16	66,00	14,07	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	2.600
	94,46	-	32,16	67,00	13,98	RICH	OFF	OFF	ON	ON	3.000
	96,54	-	31,70	69,00	13,98	RICH	OFF	OFF	ON	ON	3.100
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27/10/2008 12:17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	94,46	10,10	31,70	71,00	14,07	RICH	OFF	OFF	ON	ON	4.100
	98,66	-	34,92	71,00	14,07	RICH	OFF	OFF	ON	ON	5.600
	103,00	-	31,70	68,00	13,98	RICH	OFF	OFF	ON	ON	5.800
	103,00	-	32,62	71,00	13,98	RICH	OFF	OFF	ON	ON	6.300
	105,22	-	35,38	70,00	13,98	RICH	OFF	OFF	ON	ON	6.600
	107,46	-	36,76	71,00	13,98	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	5.400
	105,22	-	36,76	71,00	13,98	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	5.200
	103,00	-	32,62	68,00	14,07	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	5.300
	105,22	-	33,54	71,00	14,07	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	6.500
	103,00	-	34,46	69,00	13,98	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	5.400
	98,66	-	33,54	71,00	13,98	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	5.400
	103,00	-	32,16	71,00	13,98	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	5.200
	tps	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27/10/2008 12:20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	103,00	95,66	33,08	30,00	2,90	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	800
	98,66	-	32,62	30,00	2,98	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	1.300
	100,82	-	37,68	32,00	3,25	RICH	OFF	OFF	ON	ON	1.200
	98,66	-	35,84	32,00	3,16	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	1.100
	100,82	-	32,62	30,00	3,42	RICH	OFF	OFF	ON	ON	900
	103,00	-	32,62	31,00	2,98	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	1.000
	103,00	-	37,68	29,00	3,25	RICH	OFF	OFF	ON	ON	1.300
	98,66	-	33,54	30,00	2,98	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	1.000
	98,66	-	33,08	29,00	3,16	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	1.100
	100,82	-	33,08	29,00	3,07	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	900
	98,66	-	33,54	30,00	3,25	RICH	OFF	OFF	ON	ON	1.200
	96,54	-	33,08	29,00	3,34	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	1.000
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27/10/2008 12:22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	94,46	96,28	33,08	71,00	2,90	RICH	OFF	OFF	ON	ON	3.400

	92,40	-	33,54	70,00	3,16	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	3.000
	92,40	-	37,22	69,00	3,07	RICH	OFF	OFF	ON	ON	2.800
	94,46	-	33,08	67,00	2,90	RICH	OFF	OFF	ON	ON	2.900
	96,54	-	32,62	67,00	3,16	RICH	OFF	OFF	ON	ON	3.100
	96,54	-	33,08	69,00	3,16	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	3.500
	100,82	-	32,62	67,00	2,98	RICH	OFF	OFF	ON	ON	3.400
	100,82	-	33,08	68,00	2,90	RICH	OFF	OFF	ON	ON	4.300
	103,00	-	32,62	67,00	1,66	RICH	OFF	OFF	ON	ON	2.400
	105,22	-	32,16	68,00	1,84	RICH	OFF	OFF	ON	ON	3.300
	103,00	-	34,00	67,00	1,93	RICH	OFF	OFF	ON	ON	1.900
	103,00	-	32,16	71,00	2,54	RICH	OFF	OFF	ON	ON	6.300
	-	-	-	-	-	-					-
27/10/2008 12:23	-	-	-	-	-	-					-
	100,82	96,28	33,54	69,00	3,16	RICH	OFF	OFF	ON	ON	4.700
	96,54	-	34,00	69,00	3,16	RICH	OFF	OFF	ON	ON	6.300
	98,66	-	34,92	70,00	3,07	RICH	OFF	OFF	ON	ON	5.900
	100,82	-	34,92	69,00	3,07	RICH	OFF	OFF	ON	ON	5.600
	100,82	-	32,62	69,00	3,25	RICH	OFF	OFF	ON	ON	6.100
	100,82	-	32,62	69,00	2,98	RICH	OFF	OFF	ON	ON	5.800
	98,66	-	35,84	70,00	2,98	RICH	OFF	OFF	ON	ON	5.400
	94,46	-	34,92	69,00	3,16	RICH	OFF	OFF	ON	ON	4.900
	98,66	-	33,54	68,00	3,07	RICH	OFF	OFF	ON	ON	5.500
	100,82	96,28	36,30	69,00	3,25	RICH	OFF	OFF	ON	ON	7.100
	94,46	95,66	34,00	69,00	3,07	RICH	OFF	OFF	ON	ON	5.300
	98,66	-	32,62	68,00	1,93	RICH	OFF	OFF	ON	ON	900

ANEXO E

Especificaciones técnicas del PIC 16F877A



PIC16F87XA

28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers

Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873A
- PIC16F874A
- PIC16F876A
- PIC16F877A

High-Performance RISC CPU:

- Only 35 single-word instructions to learn
- All single-cycle instructions except for program branches, which are two-cycle
- Operating speed: DC – 20 MHz clock input
DC – 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of Flash Program Memory, Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM), Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to other 28-pin or 40/44-pin PIC16CXXX and PIC16FXXX microcontrollers

Peripheral Features:

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

Analog Features:

- 10-bit, up to 8-channel Analog-to-Digital Converter (A/D)
- Brown-out Reset (BOR)
- Analog Comparator module with:
 - Two analog comparators
 - Programmable on-chip voltage reference (VREF) module
 - Programmable input multiplexing from device inputs and internal voltage reference
 - Comparator outputs are externally accessible

Special Microcontroller Features:

- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory typical
- Data EEPROM Retention > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving Sleep mode
- Selectable oscillator options
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

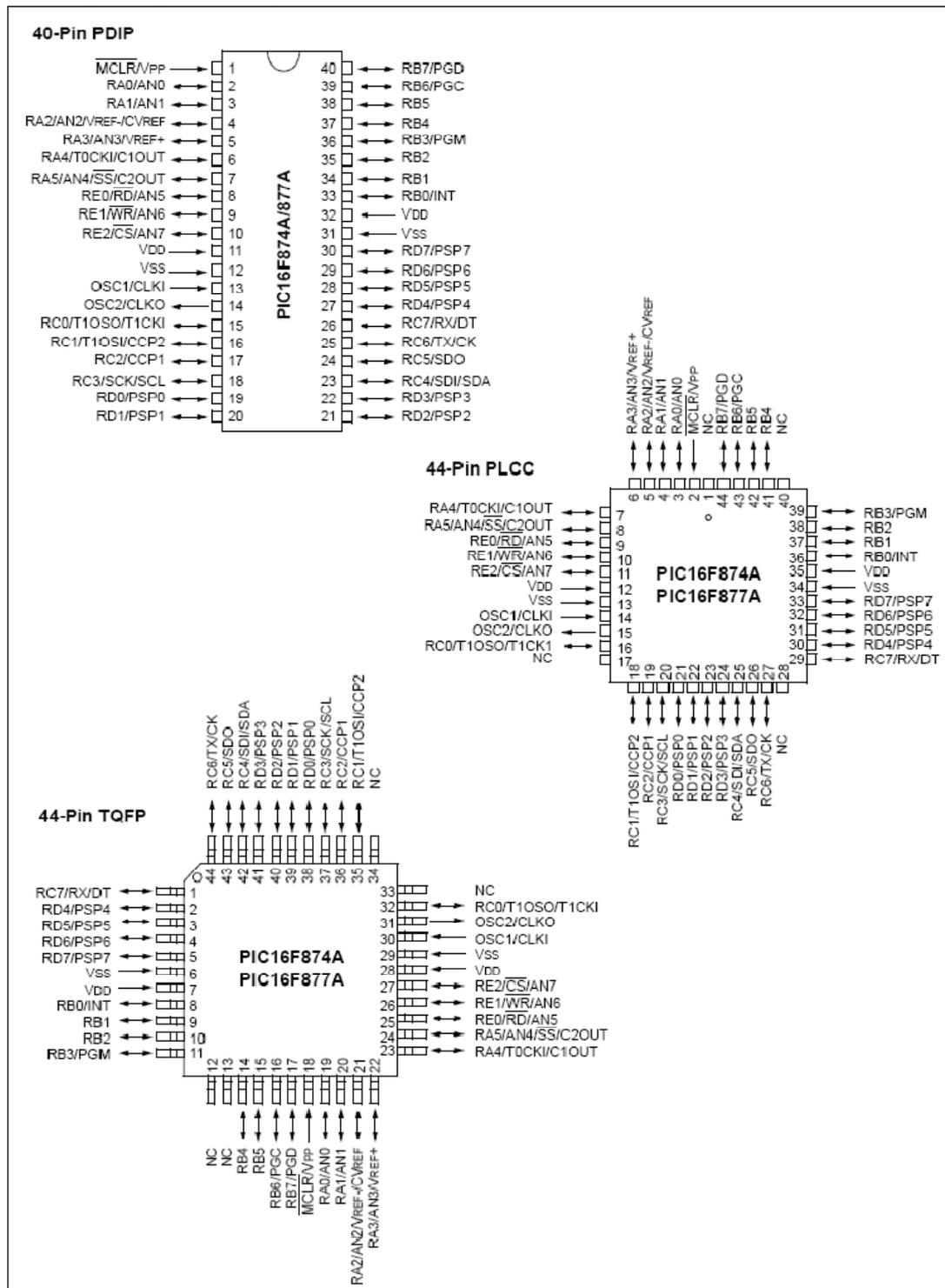
CMOS Technology:

- Low-power, high-speed Flash/EEPROM technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption

Device	Program Memory		Data SRAM (Bytes)	EEPROM (Bytes)	I/O	10-bit A/D (ch)	CCP (PWM)	MSSP		USART	Timers 8/16-bit	Comparators
	Bytes	# Single Word Instructions						SPI	Master I ² C			
PIC16F873A	7.2K	4096	192	128	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F874A	7.2K	4096	192	128	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F876A	14.3K	8192	368	256	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F877A	14.3K	8192	368	256	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2

PIC16F87XA

Pin Diagrams (Continued)



PIC16F87XA

1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device specific information about the following devices:

- PIC16F873A
- PIC16F874A
- PIC16F876A
- PIC16F877A

PIC16F873A/876A devices are available only in 28-pin packages, while PIC16F874A/877A devices are available in 40-pin and 44-pin packages. All devices in the PIC16F87XA family share common architecture with the following differences:

- The PIC16F873A and PIC16F874A have one-half of the total on-chip memory of the PIC16F876A and PIC16F877A
- The 28-pin devices have three I/O ports, while the 40/44-pin devices have five
- The 28-pin devices have fourteen interrupts, while the 40/44-pin devices have fifteen
- The 28-pin devices have five A/D input channels, while the 40/44-pin devices have eight
- The Parallel Slave Port is implemented only on the 40/44-pin devices

The available features are summarized in Table 1-1. Block diagrams of the PIC16F873A/876A and PIC16F874A/877A devices are provided in Figure 1-1 and Figure 1-2, respectively. The pinouts for these device families are listed in Table 1-2 and Table 1-3.

Additional information may be found in the PICmicro® Mid-Range Reference Manual (DS33023), which may be obtained from your local Microchip Sales Representative or downloaded from the Microchip web site. The Reference Manual should be considered a complementary document to this data sheet and is highly recommended reading for a better understanding of the device architecture and operation of the peripheral modules.

TABLE 1-1: PIC16F87XA DEVICE FEATURES

Key Features	PIC16F873A	PIC16F874A	PIC16F876A	PIC16F877A
Operating Frequency	DC – 20 MHz			
Resets (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)			
Flash Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory (bytes)	128	128	256	256
Interrupts	14	15	14	15
I/O Ports	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Analog Comparators	2	2	2	2
Instruction Set	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions
Packages	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN

PIC16F87XA

TABLE 1-2: PIC16F873A/876A PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	PDIP, SOIC, SSOP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
CSC1/CLKI OSC1 CLKI	9	6	I I	ST/CMOS ⁽³⁾	Oscillator crystal or external clock input. Oscillator crystal input or external clock source input. ST buffer when configured in RC mode; otherwise CMOS. External clock source input. Always associated with pin function OSC1 (see OSC1/CLKI, OSC2/CLKO pins).
CSC2/CLKO OSC2 CLKO	10	7	O O	—	Oscillator crystal or clock output. Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKO, which has 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP MCLR VPP	1	26	I P	ST	Master Clear (input) or programming voltage (output). Master Clear (Reset) input. This pin is an active low Reset to the device. Programming voltage input.
RA0/AN0 RA0 AN0 RA1/AN1 RA1 AN1 RA2/AN2/VREF-/ CVREF RA2 AN2 VREF- CVREF RA3/AN3/VREF+ RA3 AN3 VREF+ RA4/T0CKI/C1OUT RA4 T0CKI C1OUT RA5/AN4/SS/C2OUT RA5 AN4 SS C2OUT	2 3 4 5 6 7	27 28 1 2 3 4	I/O I I/O I I/O I O I/O I O I/O I I O	TTL TTL TTL TTL ST TTL	PORTA is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Analog input 0. Digital I/O. Analog input 1. Digital I/O. Analog input 2. A/D reference voltage (Low) input. Comparator VREF output. Digital I/O. Analog input 3. A/D reference voltage (High) input. Digital I/O – Open-drain when configured as output. Timer0 external clock input. Comparator 1 output. Digital I/O. Analog input 4. SPI slave select input Comparator 2 output.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
— = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

PIC16F87XA

TABLE 1-2: PIC16F873A/876A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	PDIP, SOIC, SSOP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RB0/INT RB0 INT	21	18	I/O I	TTL/ST ⁽¹⁾	PORTB is a bidirectional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-ups on all inputs. Digital I/O. External interrupt.
RB1	22	19	I/O	TTL	Digital I/O.
RB2	23	20	I/O	TTL	Digital I/O.
RB3/PGM RB3 PGM	24	21	I/O I	TTL	Digital I/O. Low-voltage (single-supply) ICSP programming enable pin.
RB4	25	22	I/O	TTL	Digital I/O.
RB5	26	23	I/O	TTL	Digital I/O.
RB6/PGC RB6 PGC	27	24	I/O I	TTL/ST ⁽²⁾	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming clock.
RB7/PGD RB7 PGD	28	25	I/O I/O	TTL/ST ⁽²⁾	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming data.
RC0/T1OSO/T1CKI RC0 T1OSO T1CKI	11	8	I/O O I	ST	PORTC is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Timer1 oscillator output. Timer1 external clock input.
RC1/T1OSI/CCP2 RC1 T1OSI CCP2	12	9	I/O I I/O	ST	Digital I/O. Timer1 oscillator input. Capture2 input, Compare2 output, PWM2 output.
RC2/CCP1 RC2 CCP1	13	10	I/O I/O	ST	Digital I/O. Capture1 input, Compare1 output, PWM1 output.
RC3/SCK/SCL RC3 SCK SCL	14	11	I/O I/O I/O	SI	Digital I/O. Synchronous serial clock input/output for SPI mode. Synchronous serial clock input/output for I ² C mode.
RC4/SDI/SDA RC4 SDI SDA	15	12	I/O I I/O	ST	Digital I/O. SPI data in. I ² C data I/O.
RC5/SDO RC5 SDO	16	13	I/O O	ST	Digital I/O. SPI data out.
RC6/TX/CK RC6 TX CK	17	14	I/O O I/O	ST	Digital I/O. USART asynchronous transmit. USART1 synchronous clock.
RC7/RX/DT RC7 RX DT	18	15	I/O I I/O	ST	Digital I/O. USART asynchronous receive. USART synchronous data.
Vss	8, 19	5, 6	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	20	17	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

PIC16F87XA

TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKI OSC1 CLKI	13	14	30	32	I I	ST/CMOS ⁽⁴⁾	Oscillator crystal or external clock input. Oscillator crystal input or external clock source input. ST buffer when configured in RC mode; otherwise CMOS. External clock source input. Always associated with pin function OSC1 (see OSC1/CLKI, OSC2/CLKO pins).
OSC2/CLKO OSC2 CLKO	14	15	31	33	O O	—	Oscillator crystal or clock output. Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKO, which has 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/Vpp MCLR Vpp	1	2	18	18	I P	ST	Master Clear (input) or programming voltage (output). Master Clear (Reset) input. This pin is an active low Reset to the device. Programming voltage input.
RA0/AN0 RA0 AN0 RA1/AN1 RA1 AN1 RA2/AN2/VREF-/CVREF RA2 AN2 VREF- CVREF RA3/AN3/VREF+ RA3 AN3 VREF+ RA4/T0CKI/C1OUT RA4 T0CKI C1OUT RA5/AN4/SS/C2OUT RA5 AN4 SS C2OUT	2 3 4 5 6 7	3 4 5 6 8	19 20 21 22 23 24	19 20 21 22 23 24	I/O I I/O I I/O I I O I/O I I O	TTL TTL TTL TTL ST TTL	PORTA is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Analog input 0. Digital I/O. Analog input 1. Digital I/O. Analog input 2. A/D reference voltage (Low) input. Comparator VREF output. Digital I/O. Analog input 3. A/D reference voltage (High) input. Digital I/O – Open-drain when configured as output. Timer0 external clock input. Comparator 1 output. Digital I/O. Analog input 4. SPI slave select input. Comparator 2 output.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
Note 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
Note 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMCS input otherwise.

PIC16F87XA

TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RB0/INT RB0 INT	33	36	8	9	I/O I	TTL/ST ⁽¹⁾	PORTB is a bidirectional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs. Digital I/O. External interrupt.
RB1	34	37	9	10	I/O	TTL	Digital I/O.
RB2	35	38	10	11	I/O	TTL	Digital I/O.
RB3/PGM RB3 PGM	36	39	11	12	I/O I	TTL	Digital I/O. Low-voltage ICSP programming enable pin.
RB4	37	41	14	14	I/O	TTL	Digital I/O.
RB5	38	42	15	15	I/O	TTL	Digital I/O.
RB6/PGC RB6 PGC	39	43	16	16	I/O I	TTL/ST ⁽²⁾	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming clock.
RB7/PGD RB7 PGD	40	44	17	17	I/O I/O	TTL/ST ⁽²⁾	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming data.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
Note 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
Note 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

PIC16F87XA

TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RC0/T1OSO/T1CKI RC0 T1OSO T1CKI	15	16	32	34	I/O O I	ST	PORTC is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Timer1 oscillator output. Timer1 external clock input.
RC1/T1OSI/CCP2 RC1 T1OSI CCP2	16	18	35	35	I/O I I/O	ST	Digital I/O. Timer1 oscillator input. Capture2 input, Compare2 output, PWM2 output.
RC2/CCP1 RC2 CCP1	17	19	36	36	I/O I/O	ST	Digital I/O. Capture1 input, Compare1 output, PWM1 output.
RC3/SCK/SCL RC3 SCK SCL	18	20	37	37	I/O I/O I/O	ST	Digital I/O. Synchronous serial clock input/output for SPI mode. Synchronous serial clock input/output for I ² C mode.
RC4/SDI/SDA RC4 SDI SDA	23	25	42	42	I/O I I/O	ST	Digital I/O. SPI data in. I ² C data I/O.
RC5/SDO RC5 SDO	24	26	43	43	I/O O	SI	Digital I/O. SPI data out.
RC6/TX/CK RC6 TX CK	25	27	44	44	I/O O I/O	SI	Digital I/O. USART asynchronous transmit. USART1 synchronous clock.
RC7/RX/DT RC7 RX DT	26	29	1	1	I/O I I/O	ST	Digital I/O. USART asynchronous receive. USART synchronous data.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
— = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note** 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

PIC16F87XA

TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RD0/PSP0 RD0 PSP0	19	21	38	38	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	PORTD is a bidirectional I/O port or Parallel Slave Port when interfacing to a microprocessor bus. Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD1/PSP1 RD1 PSP1	20	22	39	39	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD2/PSP2 RD2 PSP2	21	23	40	40	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD3/PSP3 RD3 PSP3	22	24	41	41	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD4/PSP4 RD4 PSP4	27	30	2	2	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD5/PSP5 RD5 PSP5	28	31	3	3	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD6/PSP6 RD6 PSP6	29	32	4	4	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD7/PSP7 RD7 PSP7	30	33	5	5	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RE0/ $\overline{\text{RD}}$ /AN5 RE0 $\overline{\text{RD}}$ AN5	8	9	25	25	I/O I I	ST/TTL ⁽³⁾	PORTE is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Read control for Parallel Slave Port. Analog input 5.
RE1/ $\overline{\text{WR}}$ /AN6 RE1 $\overline{\text{WR}}$ AN6	9	10	26	26	I/O I I	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Write control for Parallel Slave Port. Analog input 6.
RE2/ $\overline{\text{CS}}$ /AN7 RE2 $\overline{\text{CS}}$ AN7	10	11	27	27	I/O I I	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Chip select control for Parallel Slave Port. Analog input 7.
Vss	12, 31	13, 34	6, 29	6, 30, 31	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	11, 32	12, 35	7, 28	7, 8, 28, 29	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.
NC	—	1, 17, 28, 40	12, 13, 33, 34	13	—	—	These pins are not internally connected. These pins should be left unconnected.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

PIC16F87XA

17.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Absolute Maximum Ratings †

Ambient temperature under bias	-55 to +125°C
Storage temperature	-65°C to +150°C
Voltage on any pin with respect to V _{SS} (except V _{DD} , $\overline{\text{MCLR}}$, and RA4)	-0.3V to (V _{DD} + 0.3V)
Voltage on V _{DD} with respect to V _{SS}	0.3 to +7.5V
Voltage on $\overline{\text{MCLR}}$ with respect to V _{SS} (Note 2)	0 to +14V
Voltage on RA4 with respect to V _{SS}	0 to +0.5V
Total power dissipation (Note 1)	1.0W
Maximum current out of V _{SS} pin	300 mA
Maximum current into V _{DD} pin	250 mA
Input clamp current, I _{IK} (V _I < 0 or V _I > V _{DD})	± 20 mA
Output clamp current, I _{OK} (V _O < 0 or V _O > V _{DD})	± 20 mA
Maximum output current sunk by any I/O pin	25 mA
Maximum output current sourced by any I/O pin	25 mA
Maximum current sunk by PORTA, PORTB and PORTE (combined) (Note 3)	200 mA
Maximum current sourced by PORTA, PORTB and PORTE (combined) (Note 3)	200 mA
Maximum current sunk by PORTC and PORTD (combined) (Note 3)	200 mA
Maximum current sourced by PORTC and PORTD (combined) (Note 3)	200 mA

Note 1: Power dissipation is calculated as follows: $P_{dis} = V_{DD} \times \{I_{DD} - \sum I_{OH}\} + \sum \{(V_{DD} - V_{OH}) \times I_{OH}\} + \sum (V_{OL} \times I_{OL})$

2: Voltage spikes below V_{SS} at the $\overline{\text{MCLR}}$ pin, inducing currents greater than 80 mA, may cause latch-up. Thus, a series resistor of 50-100Ω should be used when applying a “low” level to the $\overline{\text{MCLR}}$ pin rather than pulling this pin directly to V_{SS}.

3: PORTD and PORTE are not implemented on PIC16F873A/876A devices.

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

ANEXO F

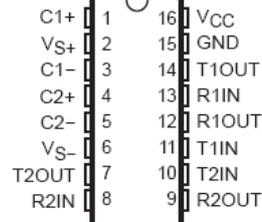
Especificaciones técnicas del MAX232

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS047L – FEBRUARY 1989 – REVISED MARCH 2004

- Meets or Exceeds TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Operates From a Single 5-V Power Supply With 1.0- μ F Charge-Pump Capacitors
- Operates Up To 120 kbit/s
- Two Drivers and Two Receivers
- \pm 30-V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- ESD Protection Exceeds JESD 22
 - 2000-V Human-Body Model (A114-A)
- Upgrade With Improved ESD (15-kV HBM) and 0.1- μ F Charge-Pump Capacitors is Available With the MAX202
- Applications
 - TIA/EIA-232-F, Battery-Powered Systems, Terminals, Modems, and Computers

MAX232 . . . D, DW, N, OR NS PACKAGE
MAX232I . . . D, DW, OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



description/ordering information

The MAX232 is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply TIA/EIA-232-F voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts TIA/EIA-232-F inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V, a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept \pm 30-V inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into TIA/EIA-232-F levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library.

ORDERING INFORMATION

T _A	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDIP (N)	Tube of 25	MAX232N	MAX232N
	SOIC (D)	Tube of 40	MAX232D	MAX232
		Reel of 2500	MAX232DR	
	SOIC (DW)	Tube of 40	MAX232DW	MAX232
		Reel of 2000	MAX232DWR	
SOP (NS)	Reel of 2000	MAX232NSR	MAX232	
-40°C to 85°C	PDIP (N)	Tube of 25	MAX232IN	MAX232IN
	SOIC (D)	Tube of 40	MAX232ID	MAX232I
		Reel of 2500	MAX232IDR	
	SOIC (DW)	Tube of 40	MAX232IDW	MAX232I
		Reel of 2000	MAX232IDWR	

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

LinASIC is a trademark of Texas Instruments.

PRODUCTION DATA Information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2004, Texas Instruments Incorporated

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLL9047L - FEBRUARY 1989 - REVISED MARCH 2004

Function Tables

EACH DRIVER

INPUT TIN	OUTPUT TOUT
L	H
H	L

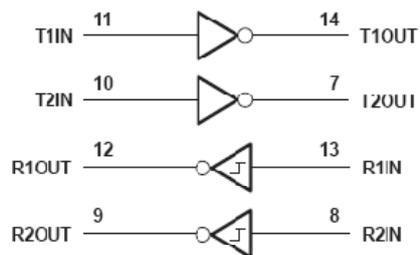
H = high level, L = low level

EACH RECEIVER

INPUT RIN	OUTPUT ROUT
L	H
H	L

H = high level, L = low level

logic diagram (positive logic)



MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS047L – FEBRUARY 1989 – REVISED MARCH 2004

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Input supply voltage range, V_{CC} (see Note 1)	-0.3 V to 6 V
Positive output supply voltage range, V_{S+}	$V_{CC} - 0.3$ V to 15 V
Negative output supply voltage range, V_{S-}	-0.3 V to -15 V
Input voltage range, V_I : Driver	-0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Receiver	±30 V
Output voltage range, V_O : T1OUT, T2OUT	$V_{S-} - 0.3$ V to $V_{S+} + 0.3$ V
R1OUT, R2OUT	-0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Short-circuit duration: T1OUT, T2OUT	Unlimited
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Notes 2 and 3): D package	73°C/W
DW package	57°C/W
N package	67°C/W
NS package	64°C/W
Operating virtual junction temperature, T_J	150°C
Storage temperature range, T_{Stg}	-65°C to 150°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

- NOTES: 1. All voltages are with respect to network GND.
 2. Maximum power dissipation is a function of $T_J(\max)$, θ_{JA} , and T_A . The maximum allowable power dissipation at any allowable ambient temperature is $P_D = (T_J(\max) - T_A)/\theta_{JA}$. Operating at the absolute maximum T_J of 150°C can affect reliability.
 3. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

recommended operating conditions

		MIN	NOM	MAX	UNIT
V_{CC}	Supply voltage	4.5	5	5.5	V
V_{IH}	High-level input voltage (T1IN, T2IN)	2			V
V_{IL}	Low-level input voltage (T1IN, T2IN)			0.8	V
R1IN, R2IN	Receiver input voltage			±30	V
T_A	Operating free-air temperature	MAX232	0	70	°C
		MAX232I	-40	85	

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted) (see Note 4 and Figure 4)

PARAMETER		TEST CONDITIONS		MIN	TYP‡	MAX	UNIT
I_{CC}	Supply current	$V_{CC} = 5.5$ V, $T_A = 25^\circ\text{C}$	All outputs open,		8	10	mA

‡ All typical values are at $V_{CC} = 5$ V and $T_A = 25^\circ\text{C}$.

NOTE 4: Test conditions are C1-C4 = 1 μF at $V_{CC} = 5$ V \pm 0.5 V.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS047L – FEBRUARY 1988 – REVISED MARCH 2004

DRIVER SECTION

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (see Note 4)

PARAMETER		TEST CONDITIONS		MIN	TYP†	MAX	UNIT
V _{OH}	High-level output voltage	T1OUT, T2OUT	R _L = 3 kΩ to GND	5	7		V
V _{OL}	Low-level output voltage‡	T1OUT, T2OUT	R _L = 3 kΩ to GND		-7	-5	V
r _o	Output resistance	T1OUT, T2OUT	V _{S1} = V _S = 0, V _O = ±2 V	300			Ω
I _{OS} §	Short-circuit output current	T1OUT, T2OUT	V _{CC} = 5.5 V, V _O = 0		±10		mA
I _{IS}	Short-circuit input current	T1IN, T2IN	V _I = 0			200	μA

† All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

‡ The algebraic convention, in which the least-positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.

§ Not more than one output should be shorted at a time.

NOTE 4: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see Note 4)

PARAMETER		TEST CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNIT
SR	Driver slew rate		R _I = 3 kΩ to 7 kΩ, See Figure 2			30	V/μs
SR(t)	Driver transition region slew rate		See Figure 3		3		V/μs
	Data rate		One TOUT switching		120		kbit/s

NOTE 4: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

RECEIVER SECTION

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (see Note 4)

PARAMETER		TEST CONDITIONS		MIN	TYP†	MAX	UNIT
V _{OH}	High-level output voltage	R1OUT, R2OUT	I _{OH} = -1 mA	3.5			V
V _{OL}	Low-level output voltage‡	R1OUT, R2OUT	I _{OL} = 3.2 mA			0.4	V
V _{IT+}	Receiver positive-going input threshold voltage	R1IN, R2IN	V _{CC} = 5 V, T _A = 25°C		1.7	2.4	V
V _{IT-}	Receiver negative-going input threshold voltage	R1IN, R2IN	V _{CC} = 5 V, T _A = 25°C	0.8	1.2		V
V _{hys}	Input hysteresis voltage	R1IN, R2IN	V _{CC} = 5 V	0.2	0.5	1	V
r _i	Receiver input resistance	R1IN, R2IN	V _{CC} = 5, T _A = 25°C	3	5	7	kΩ

† All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

‡ The algebraic convention, in which the least-positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.

NOTE 4: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see Note 4 and Figure 1)

PARAMETER		TYP	UNIT
t _{PLH(R)}	Receiver propagation delay time, low to high level output	500	ns
t _{PHL(R)}	Receiver propagation delay time, high to low level output	500	ns

NOTE 4: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

ANEXO G

Especificaciones técnicas del AD820



Single-Supply, Rail-to-Rail, Low Power FET-Input Op Amp

AD820

FEATURES

True single-supply operation

- Output swings rail-to-rail
- Input voltage range extends below ground
- Single-supply capability from 5 V to 36 V
- Dual-supply capability from ± 2.5 V to ± 18 V

Excellent load drive

- Capacitive load drive up to 350 pF
- Minimum output current of 15 mA

Excellent ac performance for low power

- 800 μ A maximum quiescent current
- Unity gain bandwidth: 1.8 MHz
- Slew rate of 3.0 V/ μ s

Excellent dc performance

- 800 μ V maximum input offset voltage
- 1 μ V/ $^{\circ}$ C typical offset voltage drift
- 25 pA maximum input bias current

Low noise

- 13 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ @ 10 kHz

APPLICATIONS

- Battery-powered precision instrumentation
- Photodiode preamps
- Active filters
- 12- to 14-bit data acquisition systems
- Medical instrumentation
- Low power references and regulators

GENERAL DESCRIPTION

The AD820 is a precision, low power FET input op amp that can operate from a single supply of 5.0 V to 36 V, or dual supplies of ± 2.5 V to ± 18 V. It has true single-supply capability, with an input voltage range extending below the negative rail, allowing the AD820 to accommodate input signals below ground in the single-supply mode. Output voltage swing extends to within 10 mV of each rail, providing the maximum output dynamic range.

Offset voltage of 800 μ V maximum, offset voltage drift of 1 μ V/ $^{\circ}$ C, typical input bias currents below 25 pA, and low input voltage noise provide dc precision with source impedances up to 1 G Ω . 1.8 MHz unity gain bandwidth, -93 dB THD at 10 kHz, and 3 V/ μ s slew rate are provided for a low supply current of 800 μ A. The AD820 drives up to 350 pF of direct capacitive load and provides a minimum output current of 15 mA. This allows the amplifier to handle a wide range of load conditions. This combination of ac and dc performance, plus the outstanding load drive capability, results in an exceptionally versatile amplifier for the single-supply user.

Rev. E

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. Specifications subject to change without notice. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

PIN CONFIGURATIONS

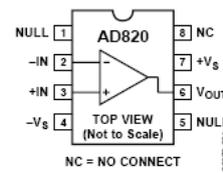


Figure 1. 8-Lead PDIP

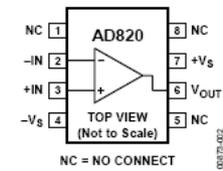


Figure 2. 8-Lead SOIC

The AD820 is available in two performance grades. The A and B grades are rated over the industrial temperature range of -40° C to $+85^{\circ}$ C. The AD820 is offered in two 8-lead package options: plastic DIP (PDIP) and surface mount (SOIC).

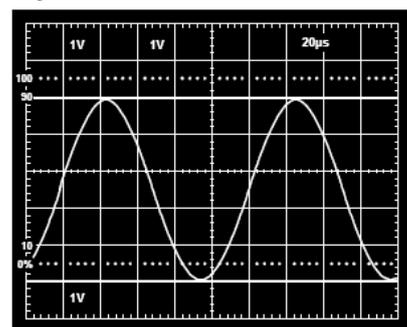


Figure 3. Gain of 2 Amplifier; $V_s = 5$ V, 0 V, $V_{IN} = 2.5$ V Sine Centered at 1.25 V

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
Tel: 781.329.4700 www.analog.com
Fax: 781.461.3113 ©1996–2007 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

SPECIFICATIONS

$V_S = 0\text{ V}, 5\text{ V}$ @ $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CM} = 0\text{ V}$, $V_{OUT} = 0.2\text{ V}$, unless otherwise noted.

Table 1.

Parameter	Conditions	AD820A			AD820B			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
DC PERFORMANCE								
Initial Offset			0.1	0.8		0.1	0.4	mV
Maximum Offset over Temperature			0.5	1.2		0.5	0.9	mV
Offset Drift			2			2		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Bias Current	$V_{CM} = 0\text{ V to }4\text{ V}$		2	25		2	10	pA
at T_{MAX}			0.5	5		0.5	2.5	nA
Input Offset Current			2	20		2	10	pA
at T_{MAX}			0.5			0.5		nA
Open-Loop Gain	$V_{OUT} = 0.2\text{ V to }4\text{ V}$ $R_L = 100\text{ k}\Omega$		400	1000		500	1000	V/mV
T_{MIN} to T_{MAX}			400			400		V/mV
	$R_L = 10\text{ k}\Omega$		80	150		80	150	V/mV
T_{MIN} to T_{MAX}			80			80		V/mV
	$R_L = 1\text{ k}\Omega$		15	30		15	30	V/mV
T_{MIN} to T_{MAX}			10			10		V/mV
NOISE/HARMONIC PERFORMANCE								
Input Voltage Noise								$\mu\text{V p-p}$
0.1 Hz to 10 Hz			2			2		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
f = 10 Hz			25			25		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
f = 100 Hz			21			21		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
f = 1 kHz			16			16		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
f = 10 kHz			13			13		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
Input Current Noise								fA p-p
0.1 Hz to 10 Hz			18			18		fA/ $\sqrt{\text{Hz}}$
f = 1 kHz			0.8			0.8		
Harmonic Distortion	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ to 2.5 V $V_{OUT} = 0.25\text{ V to }4.75\text{ V}$							dB
f = 10 kHz				-93			-93	
DYNAMIC PERFORMANCE								
Unity Gain Frequency	$V_{OUT\text{ p-p}} = 4.5\text{ V}$		1.8			1.8		MHz
Full Power Response				210			210	
Slew Rate			3			3		V/ μs
Settling Time	$V_{OUT} = 0.2\text{ V to }4.5\text{ V}$		1.4			1.4		μs
to 0.1%				1.8			1.8	
to 0.01%								
INPUT CHARACTERISTICS								
Common-Mode Voltage Range ¹	$V_{CM} = 0\text{ V to }2\text{ V}$		-0.2	+4		-0.2	+4	V
T_{MIN} to T_{MAX}			-0.2	+4		-0.2	+4	V
CMRR			66	80		72	80	dB
T_{MIN} to T_{MAX}			66			66		dB
Input Impedance								ΩpF
Differential			$10^{13} 0.5$			$10^{13} 0.5$		ΩpF
Common Mode			$10^{13} 2.8$			$10^{13} 2.8$		ΩpF

AD820

Parameter	Conditions	AD820A			AD820B			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
OUTPUT CHARACTERISTICS								
Output Saturation Voltage ²								
$V_{OL} - V_{EE}$ T_{MIN} to T_{MAX}	$I_{SINK} = 20 \mu A$		5	7		5	7	mV
$V_{CC} - V_{OH}$ T_{MIN} to T_{MAX}	$I_{SOURCE} = 20 \mu A$		10	14		10	14	mV
$V_{OL} - V_{EE}$ T_{MIN} to T_{MAX}	$I_{SINK} = 2 mA$		40	55		40	55	mV
$V_{CC} - V_{OH}$ T_{MIN} to T_{MAX}	$I_{SOURCE} = 2 mA$		80	110		80	110	mV
$V_{OL} - V_{EE}$ T_{MIN} to T_{MAX}	$I_{SINK} = 15 mA$		300	500		300	500	mV
$V_{CC} - V_{OH}$ T_{MIN} to T_{MAX}	$I_{SOURCE} = 15 mA$		800	1500		800	1500	mV
Operating Output Current T_{MIN} to T_{MAX}		15			15			mA
Short-Circuit Current T_{MIN} to T_{MAX}		12			12			mA
Capacitive Load Drive			25			25		mA
			350			350		pF
POWER SUPPLY								
Quiescent Current T_{MIN} to T_{MAX}	$V_{S+} = 5 V$ to $15 V$		70	80		66	80	μA
Power Supply Rejection T_{MIN} to T_{MAX}			70			66		dB

¹ This is a functional specification. Amplifier bandwidth decreases when the input common-mode voltage is driven in the range (+ $V_S - 1 V$) to + V_S . Common-mode error voltage is typically less than 5 mV with the common-mode voltage set at 1 V below the positive supply.

² $V_{OL} - V_{EE}$ is defined as the difference between the lowest possible output voltage (V_{OL}) and the minus voltage supply rail (V_{EE}). $V_{CC} - V_{OH}$ is defined as the difference between the highest possible output voltage (V_{OH}) and the positive supply voltage (V_{CC}).

AD820

Parameter	Conditions	AD820A			AD820B			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
OUTPUT CHARACTERISTICS								
Output Saturation Voltage ²								
$V_{OL} - V_{EE}$ T_{MIN} to T_{MAX}	$I_{SINK} = 20 \mu A$		5	7		5	7	mV
$V_{CC} - V_{OH}$ T_{MIN} to T_{MAX}	$I_{SOURCE} = 20 \mu A$		10	14		10	14	mV
$V_{OL} - V_{EE}$ T_{MIN} to T_{MAX}	$I_{SINK} = 2 mA$		40	55		40	55	mV
$V_{CC} - V_{OH}$ T_{MIN} to T_{MAX}	$I_{SOURCE} = 2 mA$		80	110		80	110	mV
$V_{OL} - V_{EE}$ T_{MIN} to T_{MAX}	$I_{SINK} = 15 mA$		300	500		300	500	mV
$V_{CC} - V_{OH}$ T_{MIN} to T_{MAX}	$I_{SOURCE} = 15 mA$		800	1500		800	1500	mV
Operating Output Current T_{MIN} to T_{MAX}		15			15			mA
Short-Circuit Current T_{MIN} to T_{MAX}			30			30		mA
Capacitive Load Drive			350			350		pF
POWER SUPPLY								
Quiescent Current T_{MIN} to T_{MAX}	$V_{S+} = 5 V$ to $15 V$		650	800		620	800	μA
Power Supply Rejection T_{MIN} to T_{MAX}		70	80		70	80		dB
		70			70			dB

¹ This is a functional specification. Amplifier bandwidth decreases when the input common-mode voltage is driven in the range (+ $V_S - 1 V$) to + V_S . Common-mode error voltage is typically less than 5 mV with the common-mode voltage set at 1 V below the positive supply.

² $V_{OL} - V_{EE}$ is defined as the difference between the lowest possible output voltage (V_{OL}) and the minus voltage supply rail (V_{EE}). $V_{CC} - V_{OH}$ is defined as the difference between the highest possible output voltage (V_{OH}) and the positive supply voltage (V_{CC}).

AD820

Parameter	Conditions	AD820A			AD820B			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
OUTPUT CHARACTERISTICS								
Output Saturation Voltage ²								
$V_{OL} - V_{EE}$ T_{MIN} to T_{MAX}	$I_{SINK} = 20 \mu A$		5	7		5	7	mV
$V_{CC} - V_{OH}$ T_{MIN} to T_{MAX}	$I_{SOURCE} = 20 \mu A$		10	14		10	14	mV
$V_{OL} - V_{EE}$ T_{MIN} to T_{MAX}	$I_{SINK} = 2 mA$		40	55		40	55	mV
$V_{CC} - V_{OH}$ T_{MIN} to T_{MAX}	$I_{SOURCE} = 2 mA$		80	110		80	110	mV
$V_{OL} - V_{EE}$ T_{MIN} to T_{MAX}	$I_{SINK} = 15 mA$		300	500		300	500	mV
$V_{CC} - V_{OH}$ T_{MIN} to T_{MAX}	$I_{SOURCE} = 15 mA$		800	1500		800	1500	mV
Operating Output Current T_{MIN} to T_{MAX}		20			20			mA
Short-Circuit Current T_{MIN} to T_{MAX}		15			15			mA
Capacitive Load Drive			45			45		mA
			350			350		
POWER SUPPLY								
Quiescent Current T_{MIN} to T_{MAX}	$V_{S+} = 5 V$ to $15 V$		700	900		700	900	μA
Power Supply Rejection T_{MIN} to T_{MAX}		70	80		70	80		dB
		70			70			dB

¹ This is a functional specification. Amplifier bandwidth decreases when the input common-mode voltage is driven in the range $(+V_S - 1 V)$ to $+V_S$. Common-mode error voltage is typically less than 5 mV with the common-mode voltage set at 1 V below the positive supply.

² $V_{OL} - V_{EE}$ is defined as the difference between the lowest possible output voltage (V_{OL}) and the minus voltage supply rail (V_{EE}). $V_{CC} - V_{OH}$ is defined as the difference between the highest possible output voltage (V_{OH}) and the positive supply voltage (V_{CC}).

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Table 4.

Parameter	Rating
Supply Voltage	± 18 V
Internal Power Dissipation ¹	
Plastic DIP (N)	1.6 W
SOIC (R)	1.0 W
Input Voltage	($+V_s + 0.2$ V) to $-(20$ V + $V_s)$
Output Short-Circuit Duration	Indefinite
Differential Input Voltage	± 30 V
Storage Temperature Range	
N	-65°C to $+125^\circ\text{C}$
R	-65°C to $+150^\circ\text{C}$
Operating Temperature Range	
AD820A/B	-40°C to $+85^\circ\text{C}$
Lead Temperature (Soldering 60 sec)	260°C

¹ 8-lead plastic DIP package: $\theta_{JA} = 90^\circ\text{C}/\text{W}$
 8-lead SOIC package: $\theta_{JA} = 160^\circ\text{C}/\text{W}$

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

ESD CAUTION



ESD (electrostatic discharge) sensitive device
 Charged devices and circuit boards can discharge without detection. Although this product features patented or proprietary protection circuitry, damage may occur on devices subjected to high energy ESD. Therefore, proper ESD precautions should be taken to avoid performance degradation or loss of functionality.

ANEXO H

Especificaciones técnicas del radio NL900

SPECIFICATIONS

PARAMETERS	900MHz MODEL	2.4 GHz MODEL
Standard interface	RS232 (DB9 male), RS485 or RS422 (DB9 female)	RS232 (DB9 male), RS485 or RS422 (RJ11)
Frequency band	902 to 928 MHz	2.402 to 2.478 GHz
Modulation	FHSS FSK	FHSS FSK
Serial interface data rate	Up to 115.2 Kbps	Up to 115.2 Kbps
Output power	1000mW variable	200mW fixed
Input power	6Vdc to 18Vdc	6Vdc to 18Vdc
Power Consumption	765mA	400mA
Power Supply	AC transformer to 6Vdc via 6-foot cable (103 cm)	AC transformer to 6Vdc via 6-foot cable (103 cm)
Electrical requirements	Line voltage 100-120V (240V outside U.S.); Frequency 50-60 Hz	Line voltage 100-120V (240V outside U.S.); Frequency 50-60 Hz
Channels	Up to 32	Up to 77
Security	1-byte system ID, DES	8-byte system ID
Sensitivity	-99 dB @ full RF data rate	-90 dB @ full RF data rate
Range	Up to 20 miles (32 km)	Up to 2 miles (3.2 km)
Temperature	-40° to +80°C	-40° to +80°C
Humidity (non-condensing)	10% to 90%	10% to 90%
Dimensions	4.75 x 2.75 x 1.17 inches (121 x 70 x 30 mm)	4.75 x 2.75 x 1.17 inches (121 x 70 x 30 mm)
Weight	<6 oz. (<170 g)	<6 oz. (<170 g)
Antenna; connector	Dipole; RPSMA jack (female)	Dipole; RPSMA jack (female)
Configuration software	Optional, for Windows OS	Optional, for Windows OS

RF PROTOCOL

Acknowledgment (ACK)

Transmitted packets are successfully acknowledged. If not, they are resent until successful (user selectable number of retries). Error detection is used and duplicate data is filtered out before sending to the host interface. Optional *full duplex control* setting allows equal time for transmitting and receiving data at the RF level, keeping a single transmitter from dominating the system bandwidth.

RF ADDRESSING MODES

Unicast (one-to-one addressing)

Broadcast (one-to-many addressing)

RF232® TRANSPARENT PROTOCOL

Change configuration commands

Configuration can be changed through a command/data interface signal or AT commands. Change-on-the-fly parameters include base or remote designation, destination MAC address, channel number (to communicate with a different base), enter/exit low-power modes, etc. Custom settings are available by user request.

Handshaking

CTS to hold off the host; RTS to hold off the transceiver. Full modem-mode available.

In-range indicator

Hardware link indication of remote in range of base.

ERROR HANDLING

Error detection

Multi-stage error detection with transmitter retries for RF system and raw data. Duplicate packets are filtered out when data is received more than once due to retries and missed ACKs.

Data encryption standard (DES)

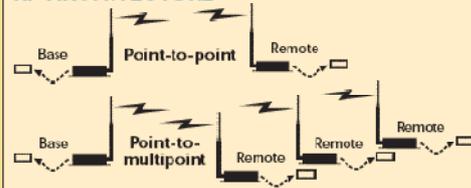
DES uses an established algorithm and a 56-bit key stored in onboard EEPROM to protect data. Available in 900 MHz version only.

SETUP AND OPERATION

The complete system is comprised of a central base and any number of remote nodes that can operate in point-to-point or point-to-multipoint networks. Multiple sub-networks can be created by assigning unique radio addresses to specific device groups. RF Neulink is available to support in-system design and applications.

NL900-2400_SpecSheet_1-05.pmd

RF ARCHITECTURE



ORDERING INFO

Select features from the list below to identify the appropriate part number. More product lines are available for industrial and commercial applications. Contact RF Neulink's Sales Team for details: call toll-free 1-800-233-1728 or email rfneulink@rfindustries.com.

DESCRIPTION

PART

900 MHz Model

NL900 1000mW transceiver unit with standard interface	
RS232 (DB9 male)	NL900-1000-232
RS485 (DB9 female) stand-alone	NL900-1000-485
RS422 (DB9 female) stand-alone	NL900-1000-422

2.4 GHz Model

NL2400 200mW transceiver unit with standard interface	
RS232 (DB9 male) stand-alone	NL900-200-232
RS485 (RJ11) stand-alone	NL900-200-485
RS422 (RJ11) stand-alone	NL900-200-422

rfneulink
DIVISION OF RF INDUSTRIES

(800)233-1728 or (858)549-6340
rfneulink@rfindustries.com
www.rfneulink.com

ANEXO I

Manual del Usuario

Manual del Usuario

Operación del sistema

1. Conectar el módulo principal al vehículo y los equipos de comunicación maestro y esclavo al computador y al módulo principal respectivamente.
2. Encender el sistema en el vehículo.
3. Correr el programa de monitoreo en el computador. El desplazamiento dentro del programa es muy similar al esquema tradicional de ventanas, para acceder a la información de monitoreo se procede con un clic en la pestaña indicada y se despliegan los datos que esta contiene.
4. Detener la ejecución del programa oprimiendo una vez el botón de parada "STOP" ubicado en la esquina inferior derecha de la pantalla. Esta operación normalmente puede tomar unos segundos.
5. Acceder a los reportes históricos del monitoreo a través del archivo de nombre "REPORTES HISTORICOS DEL MONITOREO POR RADIOFRECUENCIA.xls". Para realizar esta acción el archivo de nombre "datos.xls" debe estar abierto, ya que contiene los datos fuente para los reportes.

Notas:

- Evitar exponer los equipos del sistema a fuentes de ruido, esto puede hacer interferencia con la comunicación y provocar que el sistema de monitoreo entregue datos erróneos del funcionamiento del motor.
- No acceder a los reportes del monitoreo mientras el programa del sistema se está ejecutando, de hacerlo se producirá un error que interrumpe la ejecución del mismo y puede llegar a malograr los datos guardados en el tiempo de monitoreo.
- Siempre que se acceda a los reportes históricos del sistema, hacerlo de la manera indicada en el ítem 5, abriendo simultáneamente los archivos que se menciona, el no hacerlo puede estropear la información que el reporte contiene.

ANEXO J

Artículo Infociencia

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO A BORDO CON CONEXIÓN POR RADIOFRECUENCIA PARA UN VEHÍCULO CHEVROLET FORSA 1.3 LT

*Alex Felipe Nuñez Mayorga - Julieta Nathalie Vásconez Tovar
Carrera de Ingeniería Automotriz - Carrera de Ingeniería Electrónica e Instrumentación
Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga.
Quijano y Ordóñez y Márquez de Maenza s/n Latacunga Ecuador.
Email: alfnu@hotmail.com - juliev888@hotmail.com*

RESUMEN

El hecho de que existen vehículos que no poseen sistemas de monitoreo, es la principal razón que dio origen a la investigación para desarrollar el sistema de monitoreo a bordo con conexión por radiofrecuencia. Este proyecto se presenta como una herramienta para los propietarios de este tipo de vehículos, ya que brinda la posibilidad de realizar un monitoreo al interior del mismo y a distancia.

El proyecto plantea un sistema que monitorea al vehículo durante su desempeño, por lo que se presupone que su aplicabilidad específica es en competencias en circuitos; sin dejar de lado su utilización como una herramienta en grandes talleres en donde el monitoreo remoto de vehículos es de gran utilidad.

El sistema supervisa los parámetros más importantes del vehículo, y los presenta al usuario a través de dos interfaces, una al interior del vehículo y otra de manera remota en un computador. Adicionalmente el sistema genera un reporte de los datos de funcionamiento del vehículo durante el monitoreo, en una hoja de cálculo en la que se pueden observar la fecha y hora de las mediciones de las características importantes del vehículo así como sus magnitudes.

ABSTRACT

The fact is that there are vehicles without a monitoring's system, is the main reason that gives origin to the investigation to develop the On Board Monitoring System with radio frequency connection. This project is presented as a tool for the owners if this type of vehicles because it brings the possibility to develop a monitoring inside of it and with distance.

The project shows a system that monitors a vehicle during its development because it suppose the specific applicability is in competences in circuits, also taking account its use as a tool in big workshops where the remote monitoring of vehicles has better uses.

The system supervises the most important parameters of its vehicle and presents to the users through two interfaces, one inside of the vehicle and another outside in a different way in a

computer. Additionally the system generates a data report of the car function during its monitor in a calculation sheet in which we can observe the date and hour of the measurements of the important characteristics if its vehicle also its magnitudes.

PALABRAS CLAVE

Computadoras a bordo: Son sistemas que muestran información de algunos parámetros del vehículo, que son de utilidad para el conductor, haciendo que los vehículos sean más confiables, seguros y confortables. En competición, brindan mayores prestaciones; la información es compartida con los equipos de abasto, que la utilizan para realizar correctivos sobre la marcha o en el puesto de abasto.

Radiofrecuencia: Se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre 3Hz y 300GHz. Las ondas electromagnéticas de esta región del espectro se pueden transmitir aplicando la corriente alterna originada en un generador a una antena.

DESARROLLO

I. Antecedentes y Justificación

Los propietarios de vehículos automotores, necesitan tener un monitoreo para controlar su rendimiento y hacer de ellos un sistema más confiable y productivo.

El monitoreo de los vehículos se ha venido realizando a través de la supervisión humana, es decir, de mediciones sin la precisión y exactitud necesarias como las que un sistema electrónico hoy en día puede brindar.

En el campo de la competición, los vehículos necesitan ser monitoreados en diversos parámetros para asegurar su buen desenvolvimiento dentro de la competencia. La inexistencia de equipos que proporcionen este servicio de monitoreo repercute en abandonos que pueden ser evitados.

Dentro de este estudio, se pudo detectar que el proceso de control de los vehículos presenta los siguientes problemas:

- No existe la posibilidad de hacer monitoreo del vehículo desde un cuarto de control y en tiempo real.
- No existen reportes históricos de la información de la computadora a bordo.

Por los inconvenientes citados, surgió la necesidad de implementar una solución que facilite el monitoreo de vehículos, a través de un sistema que realiza las siguientes acciones:

- Toma de señales de los parámetros importantes del funcionamiento del motor.
- Procesamiento de señales para presentarlas en el vehículo y transmitir las a un computador por radiofrecuencia.
- Monitoreo en tiempo real y en forma remota al vehículo.
- Generación reportes históricos del funcionamiento del vehículo.

El sistema descrito anteriormente provee la información suficiente para controlar el rendimiento del vehículo lo cual permite tomar medidas correctivas en el manejo.

Las ventajas que brinda el sistema son altas con relación al costo, pues la instalación de este equipo en el vehículo permite aprovechar al máximo recursos, disminuyendo pérdidas innecesarias.

II. Descripción Técnica del Proyecto

El Sistema de Monitoreo por Radiofrecuencia consta de tres etapas:

- Adquisición y acondicionamiento de datos.
- Transmisión y recepción de datos.
- Visualización e interpretación de datos.

En la etapa de Adquisición y acondicionamiento de datos, se tomó señales de algunos sensores del vehículo, y en otros casos se instaló sensores; estas señales antes de entrar al microcontrolador, pasan por una etapa de acondicionamiento que las ajusta al rango de 0 a 5V, voltaje admisible por el microcontrolador. Al llegar las señales se procesan para enviar los datos a la siguiente etapa del proyecto.

La etapa de Transmisión y recepción de datos se lo realiza a través de radiofrecuencia, con equipos que poseen conexión serial RS-232, un alcance de hasta 1000 pies (sin línea de vista) y que utilizan la banda de 902 a 928 MHz.

La etapa Visualización e interpretación de datos, se lo realiza de dos maneras, una en el vehículo y otra en el computador; en el vehículo la visualización se lo hace a través de un pantalla LCD, en donde se observan algunos de los parámetros monitoreados, que son de mucha utilidad para el conductor. En el computador la visualización se realiza por medio de

una interface desarrollada en LabVIEW, estos datos son presentados gráficamente para mejor comprensión del personal que está monitoreando el vehículo.

Adicionalmente el sistema genera reportes históricos en hojas de cálculo, que permiten realizar un análisis del rendimiento del vehículo durante una competición.

El sistema funciona a con una alimentación de 12Vdc y tiene un consumo de 950 mA. La velocidad de transmisión del sistema es de 9600 Kbps en el modo Full Duplex y en una topología punto a punto.

III. Funcionamiento del sistema

Para que el sistema funcione correctamente se debe instalar en primer lugar el sistema en el vehículo, realizando las conexiones de datos y de alimentación tanto en el módulo como en el radio transmisor. En segundo lugar se debe hacer la conexión del radio receptor con el computador. Una vez hechas estas conexiones se puede ejecutar el software en el computador para realizar el monitoreo.

El sistema permite monitorear al vehículo a distancia a través de pantallas donde se pueden visualizar los parámetros más importantes de desempeño, lo que se ilustra en la figuras 1.a y 1.b.

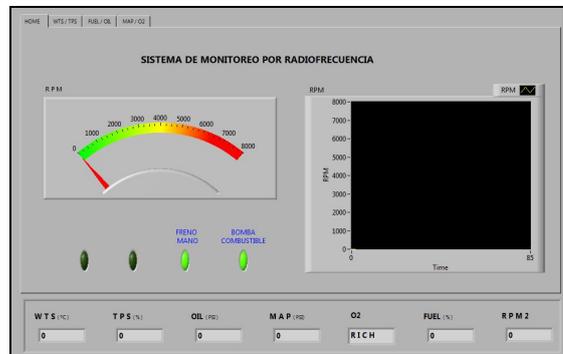


Figura 1.a. Pantalla de inicio del sistema

En la figura 1.a, los parámetros como el accionamiento del freno de mano, de la bomba de combustible y las revoluciones del motor se visualizan mediante instrumentos virtuales o gráficos en el computador mientras el vehículo está en movimiento, de la misma manera se hace con otras variables importantes en el desempeño del motor como temperatura del refrigerante, porcentaje de aceleración, porcentaje de combustible en el tanque, oxígeno en la salida de gases, presión de aceite, presión en el múltiple de admisión, accionamiento del pedal de freno y del embrague.

En la figura 1.b, se muestra el resumen del monitoreo a través de gráficos de cada uno de los

parámetros con respecto al tiempo, de modo que el usuario puede visualizar de manera global el desempeño del vehículo.

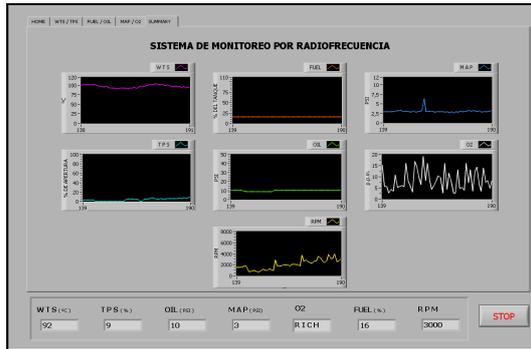


Figura 1.b. Pantalla de sumario del funcionamiento del vehículo

Mientras se realiza el monitoreo del vehículo, el sistema genera reportes históricos de los datos de las variables monitoreadas en hojas de cálculo, a las que puede acceder el usuario. (Figura 2)

REPORTES DE MONITOREO DEL VEHICULO CHEVROLET FORSA 1.3 LT											
FECHA	TEMPERATURA DEL AGUA	APERTURA DE LA MARIPOSA	NIVEL DE COMBUSTIBLE	PRESION DE ACCITE	PRESION ABSOLUTA	CONSUMO EN LA PASADA	FRENO	EMBRAGUE	FRENO DE MAN	BOMBA DE COMBUSTIBLE	RPM
	(C)	(% DE APERTURA)	(% DEL TANQUE)	(PSI)	(PSI)	TIPO					
27/03/2012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7/22	PALENTI	3432	58.88	3.14	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	900	
8/28	PALENTI	3533	58.88	3.10	RICH	OFF	OFF	ON	ON	700	
9/46	PALENTI	2933	58.88	3.15	RICH	OFF	OFF	ON	ON	1000	
10/42	PALENTI	3432	58.88	3.15	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	600	
12/40	PALENTI	3533	58.88	3.14	RICH	OFF	OFF	ON	ON	500	
16/40	PALENTI	3432	58.88	3.10	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	700	
16/40	PALENTI	3432	58.88	3.14	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	1000	
16/38	PALENTI	3446	58.88	3.14	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	700	
16/38	PALENTI	3738	58.88	3.10	RICH	OFF	OFF	ON	ON	800	
16/38	PALENTI	3432	58.88	3.12	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	1300	
16/38	PALENTI	3634	58.88	3.10	RICH	OFF	OFF	ON	ON	1000	
16/38	PALENTI	3534	58.88	3.15	LEAN	OFF	OFF	ON	ON	1000	

Figura 2. Reportes históricos del funcionamiento del vehículo

IV. Alcances y limitaciones

El sistema como está diseñado funciona en un vehículo Chevrolet Forsa 1.3LT, pero existe la posibilidad de adaptarse a otros vehículos con las respectivas modificaciones.

El módulo de monitoreo permite al conductor del vehículo supervisar los parámetros principales del motor a fin de tomar acciones correctivas durante la marcha.

La distancia de alcance entre el vehículo y la computadora de monitoreo está dado por el alcance de los radios que es de 1000ft (300 m aprox.).

Las señales que están en el ambiente como las ondas de radio y televisión, así como las de redes inalámbricas de internet pueden hacer interferencia con las que utiliza el presente proyecto, ya que no se han incluido sistemas de inmunización a interferencias debido a su alto costo, que no justifica el principio de costo-beneficio.

V. CONCLUSIONES

• Se desarrolló un prototipo de monitoreo a bordo con conexión por radiofrecuencia que será de gran ayuda para el conductor de un vehículo de competencia y para su equipo de apoyo, porque

permite corregir y prevenir fallas en el desempeño del mismo en base al monitoreo y a los reportes históricos.

• Los reportes generados en hojas de cálculo constituyen una herramienta para determinar el rendimiento del vehículo dentro de una competición y a la vez una base para pronosticar futuras mejoras.

• La visualización del monitoreo en el interior del vehículo le permite al conductor tomar medidas en tiempo real para mejorar su desenvolvimiento dentro de una competencia.

• El proyecto desarrollado tiene una arquitectura abierta, dando la oportunidad de mejorar su rendimiento y aumentar sus prestaciones.

VI. BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES:

- SUZUKI MOTOR CORPORATION, Manual de mantenimiento y reparación del Chevrolet Forsa y Chevrolet Swift, 1990.
- ANGULO José, Microcontroladores PIC 2da Parte, McGraw Hill, Segunda Edición, España, 2006.
- REYES Carlos, Microcontroladores PIC, Ayerve C.A., Primera Edición, Ecuador, 2005.
- www.institucional.frc.utn.edu.ar
- www.microchip.com
- www.picyLCD\LCD 20x4Sinc.htm

Latacunga, Octubre 2008

ELABORADO POR:

Alex Felipe Núñez Mayorga

Julieta Nathalie Vásconez Tovar

COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Ing. Juan Castro

JEFE DE LA UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO DE LA ESPE
SEDE LATACUNGA

Dr. Eduardo Vásquez Alcázar