



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

T E S I S

"DISEÑO DE UN MÓDULO ANALIZADOR DE
GASES CONTAMINANTES PARA VEHÍCULOS A
GASOLINA"

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO

P R E S E N T A

OSCAR FABRE ZAMORA

DIRECTOR DE TESIS: M. I. PEDRO IGNACIO RINCÓN GÓMEZ



CIUDAD UNIVERSITARIA

MEXICO, DF. 2008

AGRADECIMIENTOS

Para ti, Mamá, por todo el apoyo
Incondicional que siempre nos has dado
Durante todo este tiempo
Y enseñarme a ser lo que soy.

Para ti, Papá, por todo lo que
Has hecho por nosotros
Y para nosotros, pero sobre todo
Por tu ejemplo, motivo de estar aquí.

A ti, Erika, gracias por todo el apoyo
Que me has dado todo este tiempo
Y por estar siempre ahí en todo momento.

Para ustedes, Polo y Mariana,
Gracias por todo el apoyo,
Ayuda y tiempo que me dedicaron.

Para mi niña, Paty, por toda tu inocencia
Y dedicación que has puesto en todo
Sigue así.

Para ti, Yadi, que has estado
En todo este largo proceso, pero sobre
Todo, por todo el tiempo, apoyo y
Amor que me has brindado.

Y para todos aquellos que directa o indirectamente han hecho posible este logro, para todos ustedes GRACIAS.

ÍNDICE

- Sinopsis I
- Prólogo II
- Introducción IV

CAPÍTULO I EL LABORATORIO DE CONTROL DE EMISIONES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNAM.

- I.1 Antecedentes 1
- I.2 El Laboratorio de Control de Emisiones 2
 - I.2.1 Elementos del Laboratorio de Control de Emisiones 3
 - I.2.2 Funciones que se llevan a cabo en el L.C.E. 3

CAPÍTULO II FUNCIÓN DE LOS ANALIZADORES DE GASES EN EL LABORATORIO DE EMISIONES

- II.1 Los analizadores como instrumento de medición 5
- II.2 Diferentes tipos de analizadores de gases 6

CAPÍTULO III EL MÓDULO ADQUISIDOR DE DATOS A BORDO PARA EL L.C.E. DE LA F.I. DE LA UNAM.

- III.1 Descripción del módulo adquisidor de datos 8
- III.2 Operación del módulo adquisidor de datos 15
- III.3 Problema y propuesta de solución 17

CAPÍTULO IV ADQUISICIÓN DE DATOS UTILIZANDO PROCESADORES DIGITALES

| | |
|--|----|
| IV.1 Microcontroladores y microprocesadores | 22 |
| IV.2 Dispositivos lógicos Programables | 40 |
| IV.3 Procesador digital de señales (DSP) | 41 |
| IV.4 Computadoras personales e instrumentación virtual | 44 |

CAPÍTULO V DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE

| | |
|--|----|
| V.1 Descripción general del módulo adquisidor de datos a bordo | 54 |
| V.2 Módulo de acondicionamiento de señales | 56 |
| V.2.1 Sensores y transductores | 61 |
| V.2.2 Señales de entrada | 62 |
| V.2.3 Señales de salida | 63 |
| V.3 Módulo de dispositivos neumáticos | 63 |
| V.3.1 Válvulas solenoides | 65 |
| V.3.2 Válvula CHEC | 65 |
| V.3.3 Microbombas | 66 |
| V.3.4 Sonda | 66 |
| V.4 Módulos de filtración | 66 |
| V.4.1 Trampa de agua | 67 |
| V.4.2 Filtro de partículas | 67 |
| V.5 Módulo de suministro eléctrico | 68 |
| V.6 Módulo de análisis de gases contaminantes | 68 |
| V.7 Módulo central de procesamiento | 70 |

CAPÍTULO VI DISEÑO DEL SOFTWARE

| | |
|--|----|
| VI.1 Descripción operativa del software | 71 |
| VI.1.1 Elementos que conforman el software | 84 |
| VI.1.1.1 Rutina de atención al teclado | 84 |
| VI.1.1.2 Rutina de control de display de cristal líquido programable | 86 |
| VI.1.1.3 Administración de interrupciones | 87 |

| | |
|--|-----------------------|
| VI.1.1.4 Comunicación serial | 88 |
| VI.1.1.5 Rutina de control del módulo analizador de gases | 91 |
| | |
| CAPÍTULO VII | INTEGRACIÓN Y PRUEBAS |
| | |
| VII.1 Pruebas al sistema | 100 |
| VII.1.1 Prueba del módulo acondicionador de señales de entrada | 102 |
| VII.1.2 Prueba del módulo de dispositivos neumáticos | 103 |
| VII.1.3 Prueba del módulo de filtración | 103 |
| VII.1.4 Prueba del módulo de suministro eléctrico | 104 |
| VII.1.5 Prueba del módulo de análisis de gases contaminantes | 104 |
| VII.1.6 Prueba del módulo central de procesamiento | 106 |
| VII.1.7 Prueba del sistema completo | 107 |
| VII.1.8 Prueba del sistema a bordo | 108 |
| | |
| • Conclusiones | 110 |
| • Bibliografía | 112 |
| • Anexos | 113 |
| • Glosario | 179 |

SINOPSIS

El problema de la calidad del aire ha alcanzado grandes dimensiones, el acelerado crecimiento de la población y su demanda de servicios ha incrementado enormemente las necesidades de energía y transporte en la gran metrópoli generando así una enorme contaminación por las emisiones que se liberan de vehículos de motor de combustión interna por la quema de combustibles como el diesel y la gasolina.

El Laboratorio de Control de Emisiones pertenece al Departamento de Termoenergía y Mantenimiento Ambiental, de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, cuenta con equipos de control los cuales permiten efectuar ensayos específicos de emisiones en vehículos tales como: emisiones del sistema de escape, condiciones ambientales normalizadas y de acuerdo a las normativas y acuerdos vigentes.

En base a esta problemática y los recursos con los que cuenta el LCE, se desarrolla esta tesis, en donde se muestra el diseño de un módulo analizador de gases contaminantes para vehículos de motor de combustión interna. Para este diseño se emplea una banca Marca ANDROS 6600, un microcontrolador de la familia 80C31 y otros dispositivos los cuales nos permiten la interacción de estos controlados por un software que cubre las necesidades del proyecto.

PRÓLOGO

La presente tesis tiene por objeto el diseño de un módulo analizador de gases contaminantes para vehículos de motor de combustión interna portátil, desarrollado completamente en el Laboratorio de Control de Emisiones de la Facultad de Ingeniería. La tesis consta de siete capítulos en los cuales se describe el proyecto.

En el primer capítulo se presentan antecedentes de la problemática así como una breve explicación de lo que es el Laboratorio de Control de Emisiones, los elementos que lo componen y las actividades desarrolladas en él.

En el capítulo dos se muestra información sobre los diferentes tipos de analizadores de gases y se muestra a éstos como un instrumento de medición.

Para el capítulo tres se hace una descripción a bloques del módulo adquirente de datos, la operación del mismo y se plantea el problema y propuesta de solución.

Para el capítulo cuatro se evalúan las posibles soluciones al problema, se hace el estudio de lo que son los microcontroladores, microprocesadores, los dispositivos lógicos programables, el procesamiento digital de señales y la instrumentación virtual, mostrando las posibles herramientas para atacar el problema.

Ya en el capítulo cinco se presenta de forma detallada cada módulo que compone el hardware del sistema analizador de gases. De igual forma se explican los componentes de la banca analizadora de gases usada.

En el capítulo seis el lector podrá conocer la descripción operativa del software y las rutinas programadas para el control de la banca analizadora de gases y la recolección de los datos.

En el capítulo siete y último se muestran las pruebas realizadas al sistema, tanto de forma parcial como al sistema completo, y con ello definir si se cumple con las expectativas iniciales dando así las conclusiones del proyecto. Al final de esta tesis el lector encontrará la bibliografía, anexos y un glosario de los tecnicismos que se encuentran como parte del contenido de la tesis.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el gran desarrollo tecnológico en la industria, así como poblacional, han hecho que la contaminación se vuelva un problema de gran magnitud e impacto en el medio ambiente.

Las facilidades que existen hoy en día en el mercado automotriz hacen posible que la mayoría de las personas cuenten con un vehículo de motor de combustión interna, lo cual implica que la ciudad este cada vez más llena de vehículos y esto impacta directamente en la calidad del aire que respiramos día a día.

Esta tesis tiene como objetivo principal desarrollar un sistema portátil para análisis y monitoreo de gases contaminantes (CO, CO₂, HC, NO_x y O₂) emitidos por vehículos automotores de combustión interna a gasolina, trabajando bajo condiciones reales y bajo costo.

Se hace uso de un microcontrolador de la familia 80C51 de Intel, por sus características y bajo costo, así como del uso de memorias externas para el control del microprocesador y el almacenamiento de datos obtenidos por el analizador de gases.

Este proyecto, pretende ser un sistema portátil, el cual permita llevar a cabo pruebas bajo condiciones reales, ya que existen factores externos que dentro de pruebas de laboratorio no se ven reflejados en los resultados, como son el clima, la zona, el conductor, el vehículo entre otros.

Hasta el momento en nuestro país no se tiene registro de que se haya desarrollado algún instrumento similar con el cual se pueda medir las emisiones contaminantes efectivas que un vehículo emana durante un periodo de operación real.

CAPÍTULO I

EL LABORATORIO DE CONTROL DE EMISIONES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNAM.

En éste capítulo se da una breve semblanza de lo que actualmente es el Laboratorio de Control de Emisiones de la Facultad de Ingeniería, lugar en donde se desarrolló la investigación y procesos que conforman a éste proyecto de tesis.

I.1 Antecedentes

La contaminación atmosférica se encuentra entre los problemas más serios que enfrenta nuestro mundo moderno. En la Zona Metropolitana de la Ciudad de México ésta es una de las prioridades más urgentes, ya que afecta tanto la calidad de vida de sus más de 15 millones de habitantes como el ecosistema donde se encuentra localizada.

El problema de la calidad del aire ha alcanzado grandes dimensiones. El acelerado crecimiento de la población y su demanda de servicios ha incrementado enormemente las necesidades de energía y transporte en la gran metrópoli generando así una enorme contaminación por las emisiones de vehículos de motores a gasolina que se liberan por la quema de combustibles como el diesel y la gasolina.

En el laboratorio de Control de Emisiones de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, se pretende diseñar un módulo analizador de gases contaminantes a bordo para estudiar las emisiones que un vehículo a gasolina libera al medio ambiente. El diseño se hará alrededor de una micro-banca analizadora de gases

comercial que será integrada a un sistema digital de adquisición de datos autónomo.

I.2 El Laboratorio de Control de Emisiones

El Laboratorio de Control de Emisiones pertenece al Departamento de Termoenergía y Mantenimiento Ambiental, de la División de Ingeniería Mecánica e Industrial (D.I.M.E.I.) de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Se encuentra ubicado en el anexo de la Facultad de Ingeniería, junto a las oficinas administrativas y al centro de Diseño y Manufactura de la D.I.M.E.I.

Este laboratorio fue inaugurado en octubre de 1996 y ocupa un área de 1,379.67 m² que comparte con los laboratorios de termo fluidos en la planta baja y con cubículos y oficinas académico-administrativas en el primer piso (fig.I.1). Actualmente estos laboratorios prestan atención a 470 estudiantes al mismo tiempo.¹



Figura I.1 Aspecto general del Laboratorio de Control de Emisiones.

¹ **Facultad de Ingeniería** (Publicación quincenal de la Secretaría General) N°81 16 de mayo de 1998 / “La ingeniería hoy; nuevos laboratorios de la Facultad de Ingeniería” por el Ing. Pablo García Colomé. F.I. de la U.N.A.M.

I.2.1 Elementos del Laboratorio de Control de Emisiones

El Laboratorio de control de emisiones cuenta con equipos de control, los cuales permiten efectuar ensayos específicos de emisión en vehículos livianos y medianos tales como: emisiones del sistema de escape, en condiciones ambientales normalizadas y de acuerdo a los procedimientos y normativas vigentes.

Se cuentan entre los equipos del Laboratorio de Emisiones:

Dinamómetro de chasis

Dinamómetro de banco

Banco de motocicletas (dinamómetro para motocicletas)

Banco de flujo

Sistema AVL® (Computador central con analizadores de CO, CO₂, HC, NO_x)

I.2.2 Funciones que se llevan a cabo en el L.C.E.

El laboratorio de control de emisiones de la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M. tiene como principales funciones:

- **Enseñanza**

Desempeña un papel fundamental como centro docente ya que dentro de sus instalaciones, los alumnos de ingeniería mecánica que cursan materias como termodinámica y mecánica de fluidos pueden comprobar de manera práctica los conocimientos teóricos impartidos en cada asignatura. Así mismo este laboratorio promueve la prestación de Servicio Social a estudiantes de Ingeniería mecánica y electrónica por que en sus instalaciones se desarrolla equipo mecánico que requiere de instrumentación electrónica

- **Homologación y Certificación Vehicular**
Realizar la Homologación y Certificación Vehicular a prototipos y/o modelos de vehículos de producción que pretendan comercializarse en el país. Además de verificar el cumplimiento de normas constructivas en vehículos destinados al transporte público de pasajeros.

- **Control de la Certificación Vehicular**
Controlar el cumplimiento de las normas tanto constructivas como de emisión en vehículos seleccionados, aleatoriamente, de las partidas de vehículos que son comercializados y verificar las emisiones de los vehículos.

- **Desarrollo e Investigación**
Realizar investigación y desarrollo de normas e implementar programas de investigación y capacitación. Actualmente en el laboratorio se trabaja en varios proyectos que involucran el desarrollo de normas de emisiones conjuntamente con el Gobierno del Distrito Federal, con el fin de combatir el grave problema de emisiones vehiculares en el Valle de México.

Como se pudo apreciar contamos con las instalaciones y materiales necesarios para el desarrollo de diversos proyectos. En el próximo capítulo se tratarán los analizadores de gases como herramientas para el LCE.

CAPÍTULO II

FUNCIÓN DE LOS ANALIZADORES DE GASES EN EL LABORATORIO DE EMISIONES

En este capítulo se muestra un panorama general de lo que son los analizadores de gases así como sus aplicaciones en la industria.

II.1 Los analizadores como instrumento de medición

Como parte de un proceso de control de emisiones, se debe cuantificar las emisiones de gases que se encuentran en nuestro medio ambiente, así como analizar las fuentes de origen de las mismas.

Se sabe que las industrias forman parte de los responsables de las emisiones que se encuentran en el medio, sin embargo los vehículos, al igual que la industria, aportan una gran cantidad de gases contaminantes, es por ello que se requiere de una vigilancia constante a éstos focos de contaminación, sin olvidar que éstos no son todos los factores que causan la contaminación del aire.

En el laboratorio de Control de Emisiones se cuenta con módulos analizadores de gases que hacen posible la cuantificación de las emisiones contaminantes de vehículos de motores a gasolina, las características de precisión, confiabilidad y tamaño reducido están dadas de acuerdo al modelo y calibración del equipo, gracias a éstas y de acuerdo con algunos patrones ya establecidos, llamados pruebas de manejo, se hace posible ver cual es el comportamiento de un vehículo bajo una serie de condiciones predefinidas.

Para el caso de HC y NO_x la lectura de las mediciones de los gases se expresan en partes por millón (ppm) y en porcentaje para el caso de CO, CO₂ y O₂.

II.2 Diferentes tipos de analizadores de gases

Actualmente existen en el mercado una gran variedad de analizadores de gases, que según las necesidades son los tipos que podemos encontrar.

Por ejemplo, Analizadores de Gases RAG GasCheck son instrumentos que se utilizan para la medición de los gases de escape de motores a gasolina.

El medidor de calidad del aire PCE-GA 70 es un aparato de mano excepcional que mide y vigila la calidad del aire, y así mismo del contenido del dióxido de carbono, de la humedad y la temperatura en interiores.

El analizador de gases PCE-GA3 es un analizador de bolsillo muy fácil de manejar. Este aparato detecta gases inflamables (gas natural, gas propano) y mezclas de gasolina. El analizador de gases emite no sólo una alarma óptica en la pantalla LED (en caso de que hubiera ruido muy alto alrededor de portador del equipo), sino también una alarma de sonido mediante un pitido.

El Laboratorio de Control de Emisiones de la Facultad de Ingeniería cuenta con una bancada de análisis de ANDROS Incorporated, modelo 6600, y un sistema de análisis para cinco gases NO_x, CO, CO₂, HC, O₂

Entre otros, éstos solo por mencionar algunos de los muchos equipos que existen para la medición de los diferentes gases².

² <http://www.atmosfera.unam.mx/fqa/grutter/emision/protocolo.html>

FUNCIÓN DE LOS ANALIZADORES DE GASES EN EL LABORATORIO DE EMISIONES.

En el presente capítulo se dieron a conocer solo algunos de los diferentes tipos de analizadores de gases así como algunas de sus aplicaciones. En el siguiente capítulo se describe el módulo adquirente de datos propuesto para el LCE de la FI

CAPÍTULO III

EL MÓDULO ADQUISIDOR DE DATOS A BORDO PARA EL L.C.E. DE LA F.I. DE LA UNAM.

En este capítulo se explica como está compuesto el módulo adquisidor de datos, así mismo se da una explicación de las rutinas que usa el módulo para efectuar las debidas acciones para su operación.

Se encuentra en este capítulo el planteamiento del problema así como la forma de atacarlo.

III.1 Descripción del módulo adquisidor de datos

Como es sabido, las condiciones de laboratorio, bajo las cuales se realizan las pruebas, no siempre cumplen con las características reales para el trabajo de los vehículos, es por eso que el LCE se da a la tarea de desarrollar un sistema portátil para monitoreo y análisis de los diferentes tipos de gases contaminantes (CO, CO₂, HC, NO_x y O₂) emitidos por vehículos automotores de combustión interna a gasolina, trabajando bajo condiciones reales.

Éste sistema portátil de análisis y monitoreo de gases contaminantes consta de un sistema de adquisición de datos, una banca analizadora de gases y un software, necesario para la interacción de la tarjeta de adquisición con una PC de escritorio (*ver Figura III.1*), ésta última será la encargada de procesar los datos para que en base a ellos se puedan crear un reporte mas detallado de cual es la situación de los vehículos trabajando en condiciones reales.

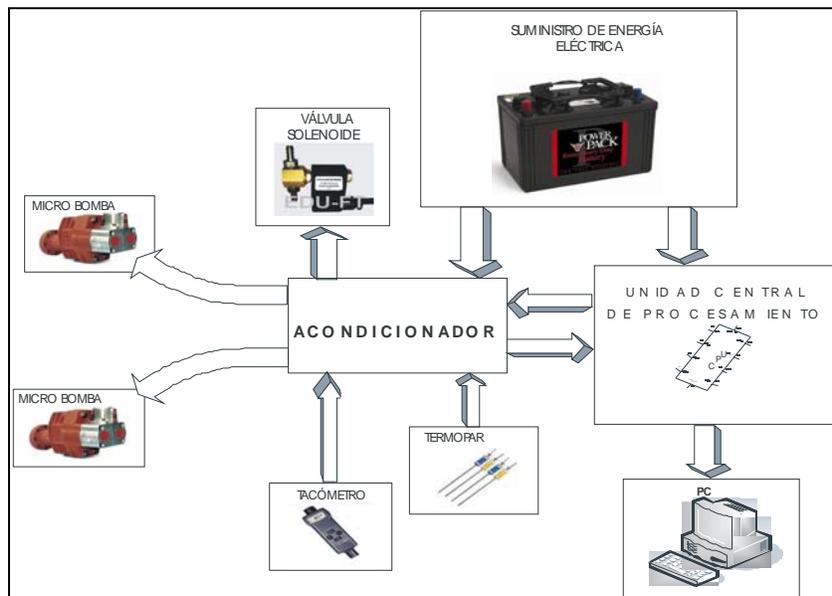


Figura III.1 Diagrama a bloques del módulo analizador de gases portátil

Hasta la fecha, el módulo analizador de gases portátil, es el primero que se está desarrollando para este tipo de análisis de emisión de gases contaminantes en México.

DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE

El sistema adquirente de datos, está compuesto por tres módulos que son:

- un módulo analizador
- un módulo acondicionador y
- un módulo de suministro de energía.

El módulo analizador, es aquel en el cual se llevan a cabo las tareas de recolección y análisis de datos a través de dispositivos electrónicos.

Para el proceso de recolección de datos se utiliza una tarjeta de adquisición, la cual se diseñó y desarrolló en el LCE, a partir del estudio de diversos microcontroladores, para ver, según sus características, cual es el que se adaptaba mejor a las necesidades del proyecto, considerando también su fácil adquisición y costo en el mercado.

La familia de microcontroladores del 80C51 es la que mejor se adecuó a los intereses económicos y funcionales del LCE (ver figura 5)

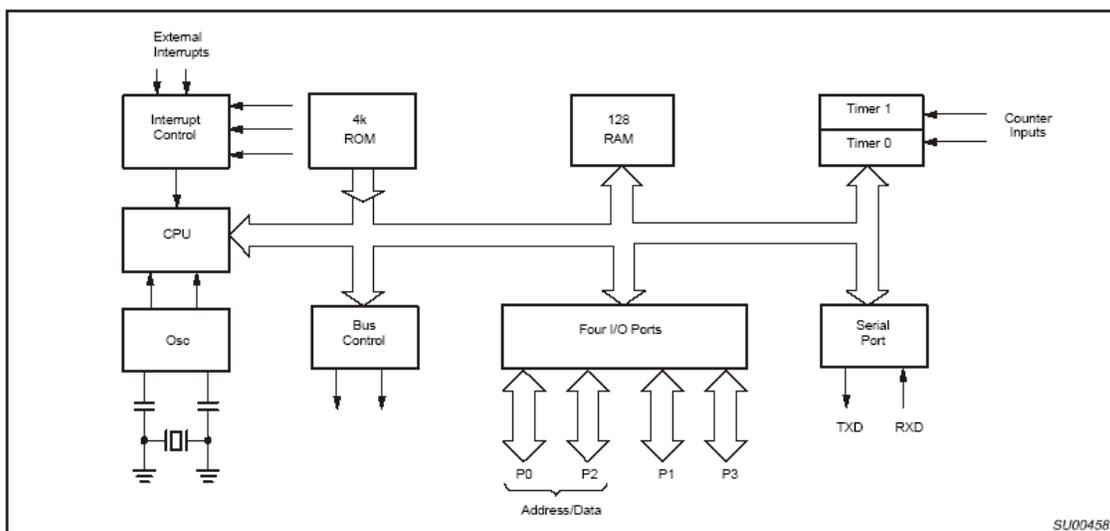


Figura III.2 Diagrama de bloques del 8051

Como se puede observar, el 8051 cuenta con una unidad central de proceso, una memoria de programa y una memoria de datos que, a diferencia de otros microcontroladores, éste posee una memoria de programa y datos separadas, puesto que se trata de una arquitectura Harvard. En este caso las instrucciones se almacenan en una memoria de tipo no volátil mientras que los datos que manejan se encuentran en una memoria volátil. Además éstas memorias pueden estar tanto integradas en el microcontrolador como ser *mapeadas* externamente.

El 80C51 cuenta con dos registros Timer/Counter de 16 bits: Timer 0 y Timer 1. Ambos pueden ser configurados para funcionar como temporizador o contador de eventos. En la función de Temporizador, el registro es incrementado cada ciclo de máquina. En la función de contador, el registro es incrementado en respuesta a la transición de 1 a 0 correspondiente a un pin de entrada externa T0 o T1.

Puerto serie. Es un UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) capaz de transmitir y recibir simultáneamente. El puerto serial opera en 4 modos:

Modo 0: Los datos seriales entran y salen por RxD, TxD. (bits son transmitidos/recibidos (Bit menos significativo primero). La velocidad de transmisión en baudios es fijada en 1/12 de la frecuencia de oscilador.

Modo 1: 10 bits son transmitidos por TxD o recibidos por RxD, un bit de inicio (0), 8 bits de datos (bit menos significativo primero) y un bit de parada (1). La velocidad de transmisión en baudios es variable.

Modo 2: 11 bits son transmitidos o recibidos: bit inicio (0), 8 bits de datos (bit menos significativo primero) un bit de datos programable y un bit de parada (1). La velocidad de transmisión en baudios es programable a 1/32 o a 1/64 de la frecuencia de oscilador

Modo 3: 11 bits son transmitidos o recibidos. Un bit de inicio (0), 8 bits de datos (bit menos significativo primero), un noveno bit de datos programable y un bit de parada (1). La velocidad de transmisión en baudios es variable.

En el 8051 hay 5 posibles fuentes de interrupción, dos externas, los *Timers* T0, T1 y el puerto serie. Las interrupciones se pueden habilitar tanto de forma global como individualmente, los vectores de interrupción marcan el comienzo de la rutina de atención a cada interrupción.

El módulo acondicionador es el encargado de llevar a cabo el acoplamiento de señales de entrada y salida del microcontrolador.

A través de los puertos del microcontrolador, se estará realizando la recolección de datos que arroje el analizador de gases, así mismo el microcontrolador estará proporcionando las señales de salida necesarias para activar cada uno de los comandos requeridos por el analizador de gases, de lo contrario éste no podrá funcionar de manera adecuada.

Para lograr el acoplamiento de señales se hace uso de dispositivos electrónicos como MAX232, que es el dispositivo que cambia los niveles TTL a los del estándar RS-232 cuando se hace una transmisión, y cambia los niveles RS-232 a TTL cuando se tiene una recepción. En la Figura III.3 podemos observar la configuración del MAX232.

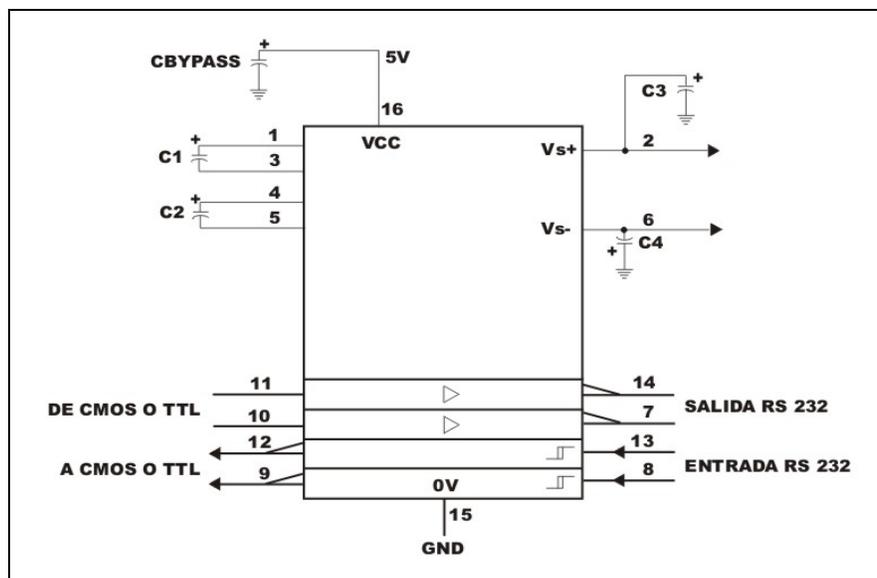


Figura III.3 Configuración del MAX232

Este integrado es usado para comunicar un microcontrolador o sistema digital con un PC o sistema basado en el bus serie RS232, que es por el cual se comunica

con el módulo analizador de gases, para la transmisión y recepción de señales de los diferentes comandos a ejecutar y así poder almacenar los datos recolectados durante un cierto periodo en la memoria externa.

Para acceder a la memoria externa de programa es necesario conectarla al microcontrolador de algún modo. Por tanto hace falta disponer de un bus de datos, uno de direcciones y las señales de control que permitan generar las órdenes de lectura.

Para implementar estos buses se emplean algunos de los puertos de entrada salida. En concreto, y dado que se necesitan 16 líneas de direcciones y 8 de datos parece que sería razonable usar 3 puertos de 8 bits. Sin embargo esto provocaría que disminuyeran los puertos del microcontrolador limitando las posibilidades del trabajo.

Con el fin de ahorrar recursos lo que se hace es emplear una técnica habitual en los procesadores, que consiste en *multiplexar* la información de los buses. Dicho de otro modo, uno de los puertos, durante una parte del ciclo máquina, se usa como bus de direcciones, y durante otra parte como bus de datos. Con esta estrategia se necesitan sólo dos puertos para generar los buses de datos y direcciones.

Para ello es necesario emplear una señal denominada *ALE* (Address Latch Enable) que marca si se está usando como datos o como direcciones. Con la ayuda de esta señal es posible *demultiplexar* el bus, o dicho de otro modo, separar el bus de datos y direcciones sin mas que añadir un *latch* “que capture” la dirección para que ésta sea estable “a ojos” de la memoria.

De alguna manera, necesitamos indicar si los accesos a memoria externa se realizan a la parte de datos o a la parte de programa. El único modo de poder

distinguir entre estos accesos es que el microcontrolador active convenientemente alguna señal. Con este fin el microcontrolador posee las señales *PSEN*, *RD* y *WR*.

La primera de ellas indica acceso a memoria externa de programa y las otras dos a memoria de datos externa en lectura y escritura respectivamente. Un esquema muy básico es el que se muestra en la Figura III.4.

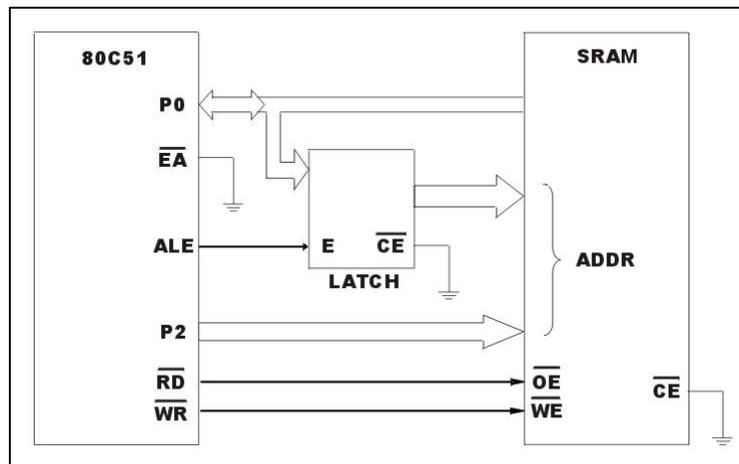


Figura III.4 Conexión de una memoria externa

Así es como se accede a la memoria externa, dejando libres otros puertos para las funciones que se requieran.

Por otro lado, el módulo analizador de gases cuenta con puertos de salida los cuales usaremos para realizar la activación de componentes necesarios para su funcionamiento como son las micro bombas, sin embargo, por las características de éstos, se requiere realizar el acoplamiento de señales que nos entrega el microcontrolador para que funcionen correctamente todos los dispositivos, ya que algunos de éstos son alimentados con 12V. Para esto se emplea un circuito integrado MC1488, el cual tiene la función de un convertidor que será capaz de recibir una señal TTL entregada por el microcontrolador y devolvernos una señal de 12V DC que es la que necesitamos para hacer funcionar al dispositivo.

El módulo de suministro de energía resulta ser el más importante ya que sin éste no se tendría forma de hacer uso de las herramientas con las que se cuenta. Se energizó a todo el sistema con una batería de 12 voltios, de corriente directa, que será la encargada de alimentar todos los componentes.

Se usa una batería ajena a la del vehículo, lo que facilita la operación del módulo analizador desde cualquier vehículo ya que no se depende de éste para su alimentación.

Así se consigue realizar el suministro de energía eléctrica a todos los dispositivos, las diferencias de tensión para el funcionamiento de los dispositivos son realizadas a través de reguladores de tensión LM78XX para que los dispositivos trabajen con sus tensiones nominales.

III.2 Operación del módulo adquisidor de datos

El módulo adquisidor de datos, esta gobernado a través de una serie de rutinas programadas para llevar a cabo la petición requerida por el usuario. Originalmente se llevan a cabo por medio del software del mismo equipo que provee el fabricante y que es instalado en una PC de escritorio, sin embargo para cuestiones prácticas, se decidió desarrollar algunas de las rutinas mas necesarias para el uso del módulo, siendo éste totalmente independiente de una PC de escritorio y convirtiendo al módulo en un dispositivo portátil de fácil manejo y traslado.

El módulo consta de una serie de instrucciones como son:

- **Data/Status.** Activa el puerto y especifica la forma de transmisión de información así como el tipo de datos en que reporte, identifica el sistema, datos, y verifica si existe algún problema.
- **Zero/O2 Span Calibration.** Con este comando realizamos la calibración de CO, HC, CO₂, O₂ Y NO_x.

- **Span Calibration.** Este comando activa el puerto para la calibración de los canales de CO, HC, CO₂, O₂ Y NO_x, sin embargo la calibración del O₂ Span se lleva a cabo en el comando anterior, por lo que no es necesario ejecutar este comando.
- **System ID.** Este comando regresa la identificación del sistema, todos los bytes son mostrados en caracteres ASCII.
- **Miscellaneous Data.** Nos muestra datos como la temperatura ambiente, el factor de equivalencia del propano y datos obtenidos a través del ADC.
- **Pump On/Off.** Comando para el control de la bomba, encendido y apagado.
- **Device Control.** Son 8 salidas TTL auxiliares para conectar algún dispositivo que se requiera.
- **Reset Span.** El sistema puede usar éste para poner los valores de fábrica.
- **New NO_x Sensor.** Informa que un Nuevo sensor de NO_x ha sido instalado.
- **Start Boot Mode.** Inicia la ejecución del modo de inicio.
- **Reset.** Permite reiniciar el sistema

Estas son algunos de los comandos bajo los cuales funciona el analizador de gases, sin embargo, como algunos de ellos se requiere que sean ejecutados directamente en un vehículo, solo se programarán los comandos más importantes: Data/Status, Pump On/Off y Device Control.

El módulo a su vez, consta de un display así como de un teclado numérico en el cual es posible observar y seleccionar el comando a ejecutar así como las concentraciones recabadas y el estatus del analizador.

III.3 Problema y propuesta de solución

La contaminación del aire ha sido uno de los retos ambientales más serios que han enfrentado los habitantes de la ZMVM, a partir de la segunda parte del siglo XX. Los primeros indicios del problema fueron identificados por investigadores universitarios a finales de la década de los cincuenta³.

El problema de la calidad del aire ha alcanzado grandes dimensiones. El acelerado crecimiento de la población y su demanda de servicios ha incrementado enormemente las necesidades de energía y transporte en la gran metrópoli generando así una enorme contaminación por las emisiones de vehículos de motores a gasolina que se liberan por la quema de combustibles como el diesel y la gasolina.

Entre los principales productos contaminantes se encuentran: el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno, los óxidos de azufre, el plomo, las partículas sólidas y el ozono. De los contaminantes que recibe la atmósfera en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, el 15% son polvos que provienen de áreas carentes de una cubierta vegetal y el 85% son desechos de la combustión de más de 44.4 millones de litros de combustible que se consumen diariamente en esta área; distribuidos en 25% en la industria, 11% en los hogares, 9% en la producción de energía eléctrica y el 55% en los transportes.

³ Secretaria del Medio Ambiente. Programa para mejorar la calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010 (PROAIRE). <http://www.sma.df.gob.mx/sma/index.php?opcion=37>

La Norma Oficial Mexicana *NOM-042-ECOL-1999⁴*, que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas suspendidas provenientes del escape de vehículos automotores nuevos en planta, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diesel de los mismo, con peso bruto vehicular que no exceda los 3,856 kg.

En el laboratorio de Control de Emisiones de la Facultad de Ingeniería de la UNAM se pretende diseñar un módulo analizador de gases contaminantes a bordo para estudiar las emisiones que un vehículo a gasolina libera al medio ambiente. El diseño se hará alrededor de una micro-banca analizadora de gases comercial que será integrada a un sistema digital de adquisición de datos autónomo.

Hasta el momento en México, este tipo de estudios se llevan a cabo dentro de laboratorios haciendo uso de dinamómetros de chasis o de bancos de motores, siguiendo ciclos de manejo representativos de algunas ciudades como los Ángeles, California, Tokio Japón y México DF. En dichas pruebas se simulan las características de manejo y se toman muestras de las emisiones contaminantes que permiten tener una idea de lo que dichos vehículos pueden contaminar en un recorrido real.

Se espera que con el prototipo a desarrollar se puedan medir las concentraciones emitidas por vehículo de combustión interna a gasolina durante un recorrido real por una trayectoria predeterminada. El dispositivo será capaz de medir concentraciones de cinco gases correspondientes a:

1. Oxígeno (O₂), en un intervalo de 0 a 25 %.
2. Monóxido de carbono (CO), en un intervalo de 0.0 a 15.0%

⁴ <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/gacetas/276/nom42.html>

3. Bióxido de carbono (CO_2), en un intervalo de 0.0 a 20.0%
4. Óxidos de nitrógeno (NO_x), en un intervalo de 0.0 a 5000 ppm.
5. Hidrocarburos (HC), en un intervalo de 0 a 30,000 ppm.

Hasta el momento en nuestro país no se tiene registro de que se haya desarrollado algún instrumento similar con el cual se pueda medir las emisiones contaminantes efectivas que un vehículo emana durante un periodo de operación real.

El problema de la contaminación es algo que día a día se va incrementando, y encontramos que los vehículos a gasolina son los que más contribuyen a la liberación de emisiones contaminantes, por este motivo se realiza este diseño de un módulo analizador de gases contaminantes a bordo.

Se conocen únicamente los resultados de estudios hechos en laboratorio sobre las emisiones de vehículos ya que no se tienen antecedentes de algún módulo o dispositivo que nos ayude a cuantificar las emisiones bajo condiciones de trabajo reales. Con esto pretendemos establecer y verificar algunas de las diferencias entre las pruebas de laboratorio y las reales y determinar así el error que existe con respecto a otros estudios de laboratorio.

El desarrollo de dispositivos para análisis de emisiones contaminantes a bordo ha permitido a investigadores de otros países como Inglaterra, Estados Unidos, Alemania y Japón, estudiar el comportamiento real de las emisiones contaminantes de su parque vehicular. En México aun no se cuenta con un dispositivo de esta naturaleza que permita conocer el comportamiento real de las emisiones contaminantes, de modo que los estudios de este tipo se basan en pruebas de laboratorio en condiciones controladas mediante la utilización de dinamómetros. Con dispositivos portátiles para análisis de gases contaminantes se facilita la evaluación de vehículos a gasolina en condiciones reales de manejo.

De esta manera un analizador de gases a bordo puede ser utilizado para la evaluación de las emisiones reales emitidas en un trayecto predeterminado con fines de:

- Mantenimiento
- Desarrollo de dispositivos como catalizadores
- Homologación con normas internacionales
- Prueba de suplementos, aditivos y diferentes calidades de combustible
- Generación de inventarios de emisiones reales
- Investigaciones sobre tráfico, comportamiento del vehículo en diferentes ciudades y/o condiciones atmosféricas.

Se espera que el desarrollo de este dispositivo disminuya los costos de adquisición de un producto similar en el extranjero para llevar a cabo estudios de emisiones contaminantes. De esta manera se busca minimizar la dependencia tecnológica.

En el próximo capítulo se estudiará mas a detalle los posibles elementos para atacar el problema, como son los procesadores digitales conociendo las ventajas y desventajas de cada uno.

CAPÍTULO IV

ADQUISICIÓN DE DATOS UTILIZANDO PROCESADORES DIGITALES

En este capítulo se da a conocer que son los Sistemas de Adquisición de Datos, la importancia de los mismo en el desarrollo de la electrónica y la microelectrónica en la creación de sistemas electrónicos que se encarguen de chequear cualquier tipo de variable .También haremos hincapié en las partes que componen los Sistemas de Adquisición de Datos.

En la actualidad el uso de las computadoras y los microprocesadores junto con sofisticadas técnicas de procesamiento digital de señales ha producido aplicaciones en todas las facetas, de medición, instrumentación, control de procesos, y análisis de variables físicas. El vertiginoso desarrollo de la electrónica y la microelectrónica han motivado que todas las esferas de la vida humana se estén automatizando, por ejemplo: la industria, el hogar, los comercios, la agricultura, la ganadería, el transporte, las comunicaciones, etc.

Este afán digital es favorecido por muchas razones, entre las cuales destacan la alta inmunidad al ruido, facilidad en el almacenamiento de datos, y la relativa facilidad de transmisión de datos. Adicionalmente, existen muchos algoritmos para el procesamiento digital de datos disponibles, lo que proporciona análisis eficiente de datos. Así, que cuando se habla de adquisición de datos se hace referencia a los datos físicos, no a datos ya codificados digitalmente.

En todo ese proceso de automatización el microprocesador y el microcontrolador juegan un papel de suma importancia. Ellos han permitido el desarrollo de

sistemas inteligentes que resuelven los más diversos problemas, son los llamados Sistemas de Adquisición de Datos.

Un "Sistemas de Adquisición de Datos" (S.A.D) no es más que la integración de los diferentes recursos de los que puede estar compuesto, tales como:

- Sensores.
- Amplificadores operacionales.
- Amplificadores de instrumentación.
- Aisladores.
- Multiplexores analógicos.
- Multiplexores digitales.
- Circuitos Sample and Hold.
- Conversores A-D.
- Conversores D-A.
- Microprocesadores.
- Contadores.
- Filtros.
- Comparadores.
- Fuentes de potencia.

El objetivo básico, no es más que el control o simplemente el registro de una o más variables de un proceso cualquiera.

IV.1 Microcontroladores y microprocesadores

El microprocesador es uno de los logros más sobresalientes del siglo XX. Pero cada año, el microprocesador se acerca más al centro de nuestras vidas, forjándose un sitio en el núcleo de una máquina tras otra. Su presencia ha

comenzado a cambiar la forma en que percibimos el mundo e incluso a nosotros mismos. Cada vez se hace más difícil pasar por alto el microprocesador como otro producto simple en una larga línea de innovaciones tecnológicas.

No obstante que reconocemos la penetración del microprocesador en nuestras vidas, ya estamos creciendo indiferentes a la presencia de esos miles de máquinas diminutas que nos encontramos sin saberlo todos los días. Así que, antes de que se integre de una manera demasiado imperceptible en nuestra diaria existencia, es el momento de celebrar al microprocesador y la revolución que ha originado, para apreciar el milagro que es en realidad cada uno de esos chips de silicio diminutos y meditar acerca de su significado para nuestras vidas y las de nuestros descendientes.

Se puede decir que el nombre de controlador es el dispositivo que se emplea para el gobierno de uno o varios procesos, aunque el concepto de controlador ha permanecido invariable a través del tiempo, su implementación física ha variado frecuentemente. Hace tres décadas, los controladores se construían exclusivamente con componentes de *lógica discreta*, posteriormente se emplearon los microprocesadores, que se rodeaban con chips de memoria y E/S sobre una tarjeta de circuito impreso.

En la actualidad, todos los elementos del controlador se han podido incluir en un chip, el cual recibe el nombre de microcontrolador. Realmente consiste en un sencillo pero completo computador contenido en el corazón (chip) de un circuito integrado.

Un microcontrolador es un circuito integrado de alta escala de integración que incorpora la mayor parte de los elementos que configuran un controlador.

Un microcontrolador dispone normalmente de los siguientes componentes:

- Temporizadores o "Timers".
- Perro guardián o "Watchdog".
- Protección ante fallo de alimentación o "Brownout".
- Estado de reposo o de bajo consumo.
- Conversor A/D.
- Conversor D/A.
- Comparador analógico.
- Modulador de anchura de impulsos o PWM.
- Puertas de E/S digitales.
- Procesador o UCP (Unidad Central de Proceso).
- Memoria RAM para Contener los datos.
- Memoria para el programa tipo ROM/PROM/EPROM.
- Líneas de E/S para comunicarse con el exterior.

Se puede decir que el microcontrolador, es en definitiva un sistema cerrado, que incluye todos los componentes de un computador. Todas las partes del computador están contenidas en su interior y sólo salen las líneas que gobiernan los periféricos, de ahí que se le denomine así.

Los microprocesadores son los que se encargan de todas las funciones de procesamiento de la señal, de otra forma es un circuito integrado que contiene la Unidad Central de Proceso (UCP), también llamada procesador, se encargan del almacenamiento y procesamiento de los datos. La UCP está formada por la Unidad de Control, que interpreta las instrucciones, y el Camino de Datos, que las ejecuta.

Cada uno de los pines de un microprocesador, son las líneas de sus buses de direcciones, datos y control, que permite la conexión con otros dispositivos. Se

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

La disponibilidad de los buses en el exterior permite que se configure a la medida de la aplicación. Si sólo se dispusiese de un modelo de microcontrolador, éste debería tener muy potenciados todos sus recursos para poderse adaptar a las exigencias de las diferentes aplicaciones. Esta potenciación supondría en muchos casos un desperdicio de recursos. En la práctica cada fabricante de microcontroladores oferta un elevado número de modelos diferentes, desde los más sencillos hasta los más poderosos. Es posible seleccionar la capacidad de las memorias, el número de líneas de E/S, la cantidad y potencia de los elementos auxiliares, la velocidad de funcionamiento, etc. Por todo ello, un aspecto muy destacado del diseño es la selección del microcontrolador a utilizar.

La Familia de $\mu\text{C-8051}$ es variada y se encuentra en diversas presentaciones, la selección de uno o de otro tipo de microcontrolador dependerá principalmente de las necesidades a satisfacer.

El $\mu\text{C-8051}$ está basado en los microprocesadores de 8 bits, contiene internamente un CPU de 8 bits, 3 puertos de entrada y salida paralelos, un puerto de control, el cual a su vez contiene; un puerto serie, dos entradas para Timer/Contador de 16 bits, dos entradas para interrupciones externas, las señales de RD y WR para la toma o almacenamiento de datos externos en RAM, la señal de PSEN para la lectura de instrucciones almacenadas en EPROM externa. Gracias a estas tres señales el $\mu\text{C-8051}$ puede direccionar 64 K de programa y 64K de datos separadamente, es decir un total de 128Kb. Además cuenta con 128 bytes de memoria RAM interna.

Además el $\mu\text{C-8051}$ puede generar la frecuencia (Baud Rate) de Transmisión/Recepción de datos por el puerto serie de manera automática

partiendo de la frecuencia del oscilador general, por medio de la programación del Timer 1.

El elemento más básico de la familia 8051 es el 8031, que carece de EPROM o PROM, el cual es direccionado externamente. El 8031 es fundamentalmente un chip de 40 líneas. Figura IV.1

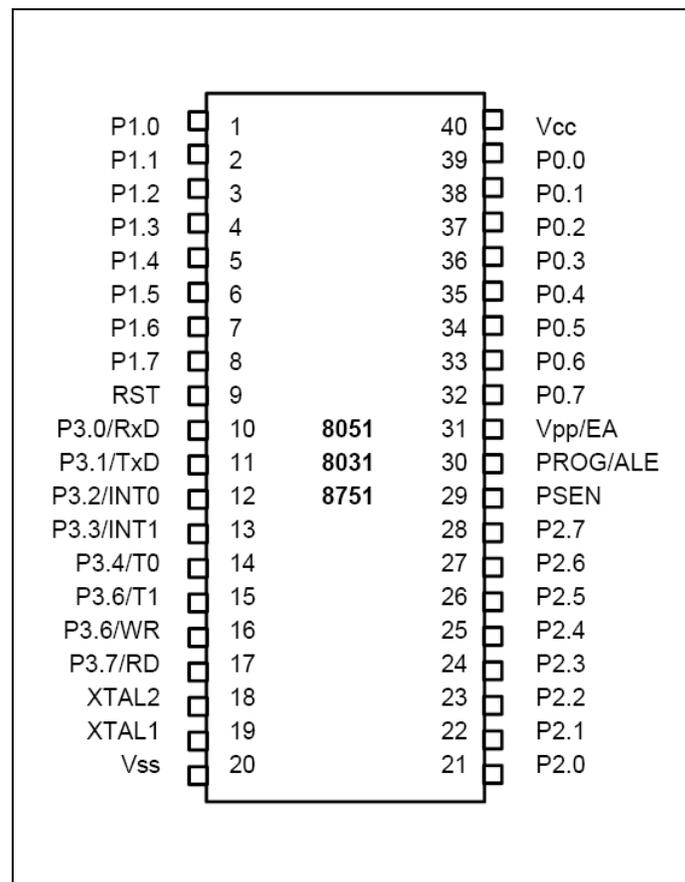


Figura IV.1 Microcontrolador 80C51

En la tabla siguiente se describen las conexiones

| Nemónico | Pin | Tipo | Nombre y función |
|-----------|-------|------|---|
| Vss | 20 | ENT | Tierra 0V referencia. |
| P0.0-P0.7 | 39-32 | E/S | Port 0. Es un puerto bidireccional con salidas en colector abierto. Cuando el puerto tiene 1's escritos, las salidas están flotadas y pueden servir como entradas en alta impedancia. El puerto 0 es también multiplexado para obtener el DATO y la parte baja de la dirección. |
| P1.0-P1.7 | 1-8 | E/S | Port 1. Es un puerto quasi-direccional, cuando se escribe 1's en el puerto, el puerto puede ser utilizado como entrada. |
| P2.0-P2.7 | 21-28 | E/S | Port 2. Es un puerto quasi-bidireccional con fijadores de nivel internos (pull-up). Cuando se escriben 1's sobre el puerto, las líneas pueden ser utilizadas como entradas o salidas. Como entradas, las líneas que son externamente colocadas en la posición baja proporcionaran una corriente hacia el exterior. El puerto 2 es utilizado además para direccionar memoria externa. Este puerto, emite el byte más alto de la dirección durante la búsqueda de datos en la memoria del programa externo y durante el acceso a memorias de datos externos que usan direccionamientos de 16 bits. Durante el acceso a una memoria de dato externa, que usa direcciones de 8 bits, el puerto dos emite el contenido del registro del correspondiente a este puerto, que se encuentra en el espacio de funciones especiales. |
| P3.0-P3.7 | 10-17 | E/S | Port 3. Es un puerto quasi-bidireccional con fijadores de nivel internos (PULL-UP). Cuando se escriben 1's sobre el puerto, las líneas pueden ser utilizadas como entradas o como salidas. Como entradas las líneas que son externamente colocadas en la posición baja proporcionarán una corriente. El puerto 3 se utiliza además para producir señales de control de dispositivos externos como son los siguientes: |
| | 10 | E | RxD(P3.0): Puerto serie de entrada. |
| | 11 | S | TxD(P3.1): Puerto serie de salida. |
| | 12 | E | INT0(P3.2): Interrupción externa. |
| | 13 | E | INT1(P3.3): Interrupción externa. |
| | 14 | E | T0(P3.4): Entrada externa timer0. |
| | 15 | E | T1(P3.5): Entrada externa timer1. |
| | 16 | S | WR(P3.6): Habilitador de escritura para memoria externa de datos. |
| | 17 | S | RD (P3.7): habilitador de lectura para la memoria externa de datos. |
| RST | 9 | E | Reset. Una entrada alta en esta línea durante dos ciclos de maquina mientras el oscilador está corriendo detiene el dispositivo. Un resistor interno conectado a Vss permite un alto en la fuente usando solamente un capacitor externo a VCC. |
| ALE | 30 | E/S | Address Latch Enable. Un pulso positivo de salida permite fijar el byte bajo de la dirección durante el acceso a una memoria externa. En operación normal, ALE es emitido en un rango constante de 1/6 de la frecuencia del oscilador, y puede ser usada para cronometrar. Note que un pulso de ALE es emitido durante cada acceso a la memoria de datos externos. |
| PSEN | 29 | S | Program Store Enable. Habilitador de lectura para memoria de programas externos. Cuando el 8031B/8051 está ejecutando un código de una memoria de programas externos, PSEN es activada dos veces cada ciclo de máquina, excepto cuando se accesa la memoria de datos externos que omiten las dos activaciones del PSEN externos. PSEN tampoco es activada cuando se usa la memoria de programas internos. |
| EA | 31 | E | External Access Enable. EA debe mantenerse externamente en posición baja para habilitar el mecanismo que elige el código de las localizaciones de la memoria de programas externos, 0000H y 0FFFH. Si EA se mantiene en posición alta, el dispositivo ejecuta los programas que se encuentran en la memoria interna ROM, a menos que el contador del programa contenga una dirección mayor a 0FFFH. |
| XTAL1 | 19 | E | Crystal 1. Es la entrada del cristal para el circuito oscilador (generador del reloj interno) que amplifica e invierte la entrada. |
| XTAL2 | 18 | O | Crystal 2. Es la salida del amplificador oscilador inversor. |

Tabla IV.1. Descripción de conexiones

El 8051 contiene las siguientes características:

- 1 CPU de 8 bits como parte central.
- 32 líneas bidireccionales de entrada y salida (4 puertos)

- 128 bytes de memoria RAM
- 2 Controladores / Timers de 16 bits
- 1 UART completo
- 5 estructuras de interrupción con dos niveles de prioridad
- 1 circuito de reloj
- 64 kbytes de espacio para programa.
- 64 kbytes de espacio para datos.

La memoria del sistema del 8051 se clasifica en tres partes fundamentales:

La primera, llamada memoria de programa, en donde se encuentran todas las instrucciones que van a ser ejecutadas por el μC -8051, es decir, el programa de trabajo.

El segundo espacio de memoria denominado, memoria de datos es accesado mediante la activación de las señales RD y WR, durante la lectura o escritura de datos respectivamente.

El tercer espacio de memoria es denominado como memoria RAM interna, el cual se subdivide en 128 bytes de memoria bajos y en 128 bytes de memoria altos.

LOCALIDADES ASIGNADAS A LAS INTERRUPCIONES.

La tabla IV.2 muestra las localidades que han sido asignadas por el fabricante para dar servicio a las rutinas de interrupción.

| FUENTE DE INTERRUPCIÓN | VECTOR DE DIRECCIONES |
|--------------------------------|-----------------------|
| IE0 (Interrupción 0 externa) | 0003H |
| TF0 (Interrupción del timer 0) | 000BH |
| IE1 (Interrupción 1 externa) | 0013H |
| TF1 (Interrupción del timer 1) | 001BH |
| R1 y T1 (Interrupción serial) | 0023H |
| TF2 y EXF2 (Sólo para el 8052) | 002BH |

Tabla IV.2 Interrupciones

Una interrupción puede ser causada de manera externa o interna, es decir puede ser producida por un dispositivo periférico o por programación respectivamente. La interrupción con mayor jerarquía es el RESET el cual no puede ser mascarable.

Cuando el RESET ocurre el programa comienza a partir de la dirección 0000H del programa. Cuando es producida una interrupción, el Contador del Programa (PC) almacena su contenido temporalmente dentro del SP (apuntador de apilamiento) y se carga con la dirección de la localidad donde se encuentra la rutina de servicio de la interrupción correspondiente. Una vez posicionado en esa localidad deberá de comenzar la ejecución de la rutina de servicio, hasta que encuentre la instrucción RETI, que le permitirá al PC recuperar nuevamente su valor original almacenado en el SP, y continuar con el programa anterior a la interrupción.

MEMORIA DE PROGRAMA INTERNA Y EXTERNA.

Cuando se utilizan elementos de la familia del 8051 con memoria interna ROM (o 16 kb), esta puede ser accesada mediante la conexión de la línea EA =1 (Vcc). Si la memoria interna es de 4 kbytes y EA = 1, el CPU seleccionará internamente el ROM, desde 0000H hasta 0FFFH y de manera externa automáticamente a partir de 1000H hasta FFFFH.

Por el contrario, si la línea EA = 0, el CPU seleccionará de forma externa el ROM, desde la dirección 0000H hasta FFFFH. En el caso del 8031 ésta línea se conecta siempre a 0 Volts (Vss).

La línea PSEN (Program Store Enable), que sirve para leer el ROM externo, es activada en todas las búsquedas (Fetches) del programa. PSEN NO SE ACTIVA en búsquedas (fetches) del ROM interno.

La Figura IV.2 muestra un conexionado a una EPROM externo.

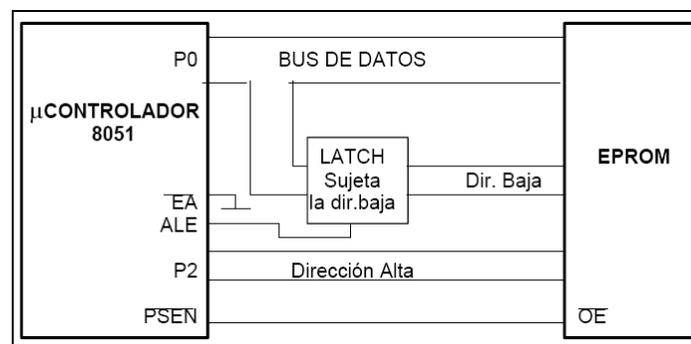


Figura IV.2. Conexión de una memoria externa

El espacio de memoria RAM interno está dividido en tres espacios, el primer bloque es referido como la parte baja de 128 bytes, el segundo (se tiene sólo en algunas versiones del 8051 v.gr. 8052), la parte alta de 128 bytes y el tercero, llamado espacio SFR (Registros de Funciones Especiales).

Los primeros 128 bytes, son presentados en todos los dispositivos de la familia MCS-51, que está mapeados como se presenta en la figura IV.3

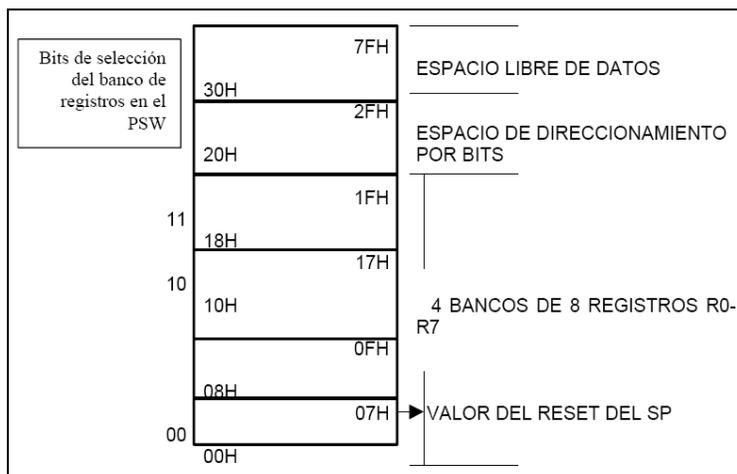


Figura IV.3 Distribución de los 128 Bytes más bajos de la memoria RAM interna.

REGISTROS DE INTERRUPCIONES.

Las interrupciones son controladas mediante la escritura en los registros IE (Interruption Enable) e IP (Interruption Priority). La desactivación general de las interrupciones es efectuada mediante la escritura de un 0 lógico, en la bandera EA (IE.7).

Con la bandera EA=1, el 8051 está en condiciones de aceptar interrupciones, aunque la verdadera aceptación es realizada cuando se escribe un 1 lógico, en la bandera de la interrupción correspondiente del registro de interrupciones, IE.

| | | | | | | | |
|----|---|-----|----|-----|-----|-----|-----|
| EA | - | ET2 | ES | ET1 | EX1 | ET0 | EX0 |
|----|---|-----|----|-----|-----|-----|-----|

Registro IE (Interruption Enable)

| | | |
|-----|------|--|
| EA | IE.7 | Desactiva todas las INTERRUPCIONES EA=0. |
| ET2 | IE.5 | Activa la interrupción causada por el timer2 (ET2=1) |
| ES | IE.4 | Activa la interrupción causada por el puerto serial. |
| ET1 | IE.3 | Activa la interrupción de sobreflujo causada por el timer 1. |
| EX1 | IE.2 | Activa la interrupción causada externamente en INT1. |
| ET0 | IE.1 | Activa la interrupción de sobreflujo causada por el timer 0. |
| EX0 | IE.0 | Activa la interrupción causada externamente en INT 0. |

El 8051 tiene dos planos de prioridad para trabajar las interrupciones, llamadas alto y bajo, respectivamente. En la inicialización, todas las interrupciones trabajan en el plano de baja prioridad. Para pasar del plano de baja prioridad al de alta, es necesario escribir un 1 lógico en las banderas correspondientes a las interrupciones que se desean aumentar de prioridad, ubicadas dentro del registro IP.



| | | |
|-----|------|--|
| PT2 | IP.5 | Timer 2 PT2=1 mayor prioridad. |
| PS | IP.4 | Define el nivel de prioridad de la interrupción del puerto serial. |
| PT1 | IP.3 | Define el nivel de prioridad de la interrupción del Timer 1. |
| PX1 | IP.2 | Define el nivel de prioridad de la interrupción externa 1. |
| PT0 | IP.1 | Define el nivel de prioridad de la interrupción del Timer 0. |
| PX0 | IP.0 | Define el nivel de prioridad de la interrupción externa 0. |

El 8051 tiene 2 timer/contadores de 16 bits cada uno, llamados Timer 0 y el Timer 1 respectivamente. Ambos pueden ser configurados para operar como temporizadores (timers) o como contadores (counters).

Cuando se trabaja como contador, el registro interno del contador, es incrementado cada vez que existe una transición negativa (de 1 a 0) por la línea de entrada correspondiente a T0 ó T1. En cambio, cuando funciona como temporizador "Timer", el registro es incrementado cada 12 periodos de oscilación es decir su frecuencia de conteo es 1/12 de la frecuencia del oscilador.

En el momento que los bits del registro del contador pasan de todos 1's a todos 0's, se activa la línea de interrupción interna correspondiente a TF0 o TF1, generándose, (si ha sido permitida) una interrupción.

REGISTRO DE CONTROL DEL PUERTO TIMER/CONTADOR.

El registro de control del Timer/Contador de la fig. 3.1 es direccionable por Bit, para activar o desactivar cada una de sus banderas.

| | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| TF1 | TR1 | TF0 | TR0 | IE1 | IT1 | IE0 | IT0 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

Registro del control del Timer/Contador

| | |
|------------|---|
| TF1 TCON.7 | Bandera de sobreflujo (overflow) del registro del Timer 1. Activada por hardware cuando el registro que guarda la cuenta del Timer/Contador 1, incrementa su contenido pasando todos sus bits de 1's a 0's. Limpiado por hardware cuando existe el procesamiento de los vectores del servicio de las rutinas de interrupción. |
| TR1 TCON.6 | Bit de control de activación del timer 1. Habilitado/Deshabilitado por software para colocar el Timer/Contador en Encendido/Apagado. |
| TF0 TCON.5 | Bandera de sobreflujo (overflow) del registro del Timer 0. Activada por hardware cuando el registro que guarda la cuenta del timer/contador 0, incrementa su contenido pasando todos sus bits de 1's a 0's. Limpiado por hardware cuando existe el procesamiento de los vectores del servicio de las rutinas de interrupción. |
| TR0 TCON.4 | Bit de control de activación del timer 0. Habilitado/Deshabilitado por software para colocar el Timer/Contador en Encendido/Apagado. |
| IE1 TCON.3 | Bandera de transición de la interrupción externa 1. Activada por hardware cuando una transición (de 1 a 0) en la línea de interrupción externa 1, es detectada. Limpiada por hardware cuando la interrupción es procesada. (solamente se acciona si se programó la aceptación de la interrupción por transiente, IT1=1). |
| IT1 TCON.2 | Bit de control del Interrup 1. Activado/Limpiado por software para especificar el tipo de interrupción, por nivel bajo (IT1= 0) o por transiente negativo (IT1=1). |
| IE0 TCON.1 | Bandera de transición de la interrupción externa 0 Activada por hardware cuando una transición (de 1 a 0) en la línea de interrupción externa 0, es detectada. Limpiada por hardware cuando la interrupción es procesada. (Solamente se acciona si se programó la aceptación de la interrupción por transiente, IT0=1). |
| IT0 TCON.0 | Bit de control del Interrup 0. Activado/Limpiado por software para especificar el tipo de interrupción, por nivel bajo (IT0= 0) o por transiente negativo (IT0=1). 3.3 registro de modo de control del timer/contador. |

REGISTRO DE MODO DE CONTROL DEL TIMER/CONTADOR

Este registro permite especificar si se van a trabajar como Temporizadores (Timers) o como Contadores (Counters), los puertos denominados Timer 0 y Timer 1.

Existen 4 modos de trabajo para estos puertos, los cuales son definidos por la escritura en los bits M1 y M0 de TMOD

| | | | | | | | |
|-----------------------|-----|----|----|-----------------------|-----|----|----|
| GATE | C/T | M1 | M0 | GATE | C/T | M1 | M0 |
| ←----- TIMER 1 -----> | | | | ←----- TIMER 0 -----> | | | |

TMOD: Registro del Modo de Control del Timer/Counter

GATE Cuando TRx (en TCON) está activada y GATE=1, TIMER/COUNTERx correrá solamente si la línea INTx está en posición alta (control por hardware). Cuando GATE=0, TIMER/COUNTERx correrá solamente si TRx=1 (control por software)

C/T Selector de Timer o de Contador. Es limpiado por la operación del Timer (entrada del reloj del sistema interno). Es activada por la operación del Contador (entrada de la línea Tx)

M1 Bit selector del modo.

M0 Bit selector del modo.

| M1 | M0 | MODO | ESPECIFICACIÓN |
|----|----|------|--|
| 0 | 0 | 0 | Timer/contador de 13 bits |
| 0 | 1 | 1 | Timer/contador de 16 bits |
| 1 | 0 | 2 | Timer/contador de 8 bits recargables |
| 1 | 1 | 3 | Timer 0, TL0 Timer/contador de 8 bits, controlado por los bits de control del Timer 0 . |
| | | | TH0 Timer de 8 bits controlado por los bits de Control del timer 1. (El Timer 1 no se utiliza) |

MODO 0, DEL TIMER/CONTADOR.

En este modo, cualquiera de los 2 Timers, 0 ó 1, trabajan como un contador de 8 bits, al cual le antecede un predivisor de la frecuencia de conteo.

El registro del Timer 1 está configurado como un registro de 13 bits, que consisten de los 8 bits de TH1 y los 5 bits menos significativos de TL1. Los 3 bits mas significativos de TL1 no se utilizan en este modo.

MODO 1 DEL TIMER/CONTADOR

Este modo es utilizado por cualquiera de los 2 Timers, se caracteriza principalmente por ser un Timer/contador de 16 bits cuyos valores se encuentran cargados en los registros TH y TL de cada uno de los Timers.

MODO 2 DEL TIMER/CONTADOR

Este modo puede ser utilizado tanto por el timer 0 como por el 1, tienen un registro de conteo de 8 bits (TLx).

El registro TL1 es cargado automáticamente con el contenido de TH1, cuando se produce el sobreflujo en TL1, el cual además establece la bandera de TF1.

MODO 3 DEL TIMER/CONTADOR

El Timer 1, en el modo 3 mantiene su cuenta, es decir, tiene el mismo efecto que cuando se establece la bandera TR1=0.

El Timer 0, en éste modo, establece TL0 y TH0 como dos contadores separados.

El Timer 1 puede ser activado o desactivado con solo salir o entrar al modo 3 respectivamente o puede permanecer siendo utilizado por el puerto Serie cuando está generando la frecuencia de oscilación "Baud rate", o en efecto en cualquier aplicación que no se requiere una interrupción.

El Timer 1 es usado para generar la frecuencia de transmisión / Recepción de datos en serie, cuando el puerto es programado para trabajar en el modo 1 ó 3. La frecuencia de transmisión es obtenida a partir del valor almacenado en TH1 y el valor de SMOD mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Baud Rate} = \frac{2^{\text{SMOD}}}{32} \times \frac{\text{Frec. Del Oscilador}}{12 \times [256 - (\text{TH1})]}$$

El valor $2^{\text{SMOD}} / 32$, es debido a los circuitos divisores de frecuencia que se encuentran en la etapa de control del Puerto Serie, los cuales dividen entre 16 ó 32 dependiendo del bit 7 (SMOD) del registro de control PCON y la frecuencia que nos proporciona la salida del Timer 1 (overflow).

El valor 12 que divide a la frecuencia del oscilador proviene del divisor, que se encuentra en la etapa de control del Timer 1, cuando éste es utilizado como temporizador.

La Tabla IV.3, muestra una los valores de TH1, para generar el Baud Rate, tomando en cuenta la frecuencia del oscilador.

| BAUD RATE | F _{osc} | SMOD | TIMER1 | | |
|-----------|------------------|------|--------|------|--------------|
| | | | C/T | MODO | VALOR DE TH1 |
| 19.2 kHz | 11.059 MHz | 1 | 0 | 2 | FDH |
| 9.8 kHz | 11.059 MHz | 0 | 0 | 2 | FDH |
| 4.8 kHz | 11.059 MHz | 0 | 0 | 2 | FAH |
| 2.4 kHz | 11.059 MHz | 0 | 0 | 2 | F4H |
| 1.2 kHz | 11.059 MHz | 0 | 0 | 2 | E8H |
| 137.5 Hz | 11.986 MHz | 0 | 0 | 2 | 1DH |
| 110 Hz | 6.000 MHz | 0 | 0 | 2 | 72H |

Tabla IV.3 Valores para generar el Baud Rate

PUERTO SERIE

El puerto serie es un puerto "FULL DUPLEX", lo cual significa que puede transmitir y recibir datos simultáneamente. El receptor contiene un almacén "Buffer", que le permite comenzar a recibir un segundo dato sin necesidad de que el primero haya sido completamente leído del registro Buffer. Sin embargo si el primer byte permanece sin ser leído hasta el final de la recepción del segundo dato, éste se perderá.

El dato de la Recepción y de la Transmisión se encuentra en el registro SBUF del SFR (espacio de funciones especiales).

REGISTRO DE CONTROL DEL PUERTO SERIE SCON

El puerto Serie puede ser operado en 4 modos diferentes que son especificados mediante la escritura en los bits SM0 y SM1 del registro de Control del Puerto Serie

| | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|
| SM0 | SM1 | SM2 | REN | TB8 | RB8 | TI | RI |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|

Registro de control del puerto serie. Bit direccionables.

ADQUISICIÓN DE DATOS UTILIZANDO PROCESADORES DIGITALES

| | |
|------------|---|
| SMO SCON.7 | Especifica el modo de control del puerto serie. |
| SM1 SCON.6 | Especifica el modo de control del puerto serie. |
| SM2 SCON.5 | Habilita la comunicación del tipo "multiprocesador" utilizado en los modos 2 y 3. En estos modos, si SM2 = 1, RI no es activado si el noveno dato recibido (RB8) es 0. En modo 1, RI no es activado si no se recibe un bit de stop. En el modo 0, SM2 será 0. |
| REN SCON.4 | Establece la recepción serie, cuando REN = 0 se desactiva la recepción (por software). |
| TB8 SCON.3 | Almacena el noveno bit que será transmitido en los modos 2 y 3. |
| RB8 SCON.2 | Es el noveno bit que fue recibido en los modos 2 y 3 . En el modo 1, si SM = 0, RB8 es el bit de stop recibido. En el modo 0 RB8 no es usado. |
| TI SCON.1 | Bandera de interrupción de la transmisión. Activada por hardware al final del octavo bit en el modo 0, o al principio del bit de stop en los otros modos. Debe ser limpiado por software. |
| RI SCON.0 | Bandera de interrupción de la recepción. Activada por hardware al final del octavo bit en el modo 0, o al medio tiempo de transmitido el bit de stop en los otros modos. Debe ser limpiado por software. |

| SM0 | SM1 | MODO | ESPECIFICACIÓN | BAUD RATE |
|-----|-----|------|-------------------------|-----------------|
| 0 | 0 | 0 | Registro de corrimiento | F. Osc. /12 |
| 0 | 1 | 1 | UART 8 bits | Variable. |
| 1 | 0 | 2 | UART 9 bits | F.Osc./32 o /64 |
| 1 | 1 | 3 | UART 9 bits | Variable. |

Descripción del funcionamiento de cada modo.

| | |
|---------|---|
| MODO 0: | Los datos de recepción o transmisión son enviados mediante 8 corrimientos con una frecuencia de 1/12 de la frecuencia de oscilación |
| MODO 1: | 10 bits son los que se transmiten por la línea (TxD) o se reciben por línea (RxD). Un bit de inicio (Start bit de nivel 0 lógico). En recepción el bit de Fin (Stop), se almacena en RB8 de SCON, si SM2=0. El Baud Rate (frecuencia de transmisión o recepción) es variable. |
| MODO 2: | 11 bits son transmitidos (TxD) o recibidos (RxD), un bit de inicio (Start bit de nivel 0 lógico), 8 bits de datos, un noveno bit de datos programable, en la transmisión es TB8, en la recepción es RB8 de SCON, y un bit de Fin (Stop bit). Su Baud Rate es de 1/32 o 1/64 de la frecuencia de oscilación. |
| MODO 3: | 11 bits son transmisión (TxD) o recibidos (RxD), en la misma forma que el modo 2, sólo que aquí la frecuencia de transmisión/recepción (Baud Rate) es variable. Se utiliza el Timer 1 para generar el Baud Rate. |

En los 4 modos, la transmisión es inicializada cuando SBUF es utilizado como registro destino. La recepción en el modo 0 comienza cuando RI=0, en los otros modos, cuando se detecta el bit de inicio (START) si REN=1.

MODOS DE DIRECCIONAMIENTO.

Los modos de direccionamiento que la familia del MCS-51 trabaja son los siguientes:

DIRECCIONAMIENTO DIRECTO.

En este direccionamiento el operando es especificado por una dirección de 8 bits en la instrucción. Solamente los datos de la RAM interna y los del campo del SFR pueden ser directamente direccionados.

DIRECCIONAMIENTO INDIRECTO.

En este direccionamiento se utiliza un registro en el cual se encuentra la dirección del operando. Toda la memoria RAM interna y externa puede ser direccionada indirectamente.

Los registros de direcciones de 8 bits, pueden ser los registros R0 y R1 del banco de registros, o el SP. El registro de dirección de 16 bits puede ser solamente el registro DPTR.

DIRECCIONAMIENTO INMEDIATO.

El valor de una constante sigue al código de operación en el programa.

DIRECCIONAMIENTO INDEXADO.

Solamente la memoria del programa puede ser accesada mediante este modo de direccionamiento y sólo en lecturas. Este modo de direccionamiento es utilizado en las lecturas de tablas de la memoria del programa o datos que se encuentran como constantes.

Un registro de 16 bits (el DPTR o el PC), apunta la base de la tabla y mediante el Acumulador se establece el número de la entrada de la tabla. La dirección de la entrada de la tabla en la memoria del programa está formada por la suma del Acumulador y el Apuntador de Base (DPTR o PC).

Otro tipo de Direccionamiento indexado, es usando la instrucción "Salto de casillero". En este caso la dirección del destino el salto es calculada como la suma del apuntador de base más el Acumulador.

DIRECCIONAMIENTO POR REGISTRO

Los 8 registros pueden ser accesados mediante ciertas instrucciones que simplifican sus códigos de operación (opcode) y en la mayoría de los casos son más rápidas.

Existen 4 bancos de registros, cada banco contiene los 8 registros (R0 a R7). Estos bancos pueden ser accesados mediante los bits 3 y 4 del PSW.

IV.2 Dispositivos Lógicos Programables

La lógica programable, como el nombre implica, es una familia de componentes que contienen conjuntos de elementos lógicos (*AND, OR, NOT, LATCH, FLIP-FLOP*) que pueden configurarse en cualquier función lógica que el usuario desee y que el componente soporte. Hay varias clases de dispositivos lógicos programables: ASICs, FPGAs, PLAs, PROMs, PALs, GALs, y PLDs complejos.

Un dispositivo lógico programable, o **PLD** (Programmable Logic Device), es un dispositivo cuyas características pueden ser modificadas y almacenadas mediante programación. El dispositivo programable más simple es el **PAL** (Programmable Array Logic). El circuito interno de un PAL consiste en una matriz de conexiones, un matriz de compuertas AND y un arreglo de compuertas OR.

Una Matriz Genérica Programable, **GAL** (Generic Array Logic), es una denominación que utilizaba originalmente Lattice Semiconductor y que más tarde se licenció a otros fabricantes. Un GAL en su forma básica es un PLD con una matriz AND reprogramable, una matriz OR fija y una lógica de salida programable mediante una macro celda. Esta estructura permite implementar cualquier función lógica en forma de suma de productos con un número de términos definido. En los PLDs no reprogramables la síntesis de las ecuaciones lógicas se realiza mediante la quema de fusibles en cada punto de intersección de los pines de entrada con las compuertas. En un GAL el fusible se reemplaza por una celda CMOS eléctricamente borrable (EECMOS) y mediante programación se activa o desactiva cada celda EECMOS.

Un **CPLD** (Complex Programmable Logic Device) extiende el concepto de un PLD a un mayor nivel de integración ya que permite implementar sistemas más eficientes porque utilizan menos espacio, mejoran la confiabilidad en el circuito y reducen costos. Un CPLD se forma con múltiples **bloques lógicos**, cada uno similar a un PLD. Los bloques lógicos se comunican entre sí utilizando una matriz programable de interconexiones lo cual hace más eficiente el uso del silicio y conduce a un mejor desempeño.

La arquitectura de un **FPGA** (Field Programmable Gate Array) consiste en arreglos de varias celdas lógicas las cuales se comunican unas con otras mediante canales de conexiones verticales y horizontales

Cada celda lógica funcionalmente es similar a los bloques lógicos de un CPLD. La diferencia está en que un FPGA normalmente utiliza generadores de funciones en vez de compuertas. Cada uno de estos generadores es como una memoria en donde en vez de implementar la función lógica mediante compuertas, se precalcula el resultado y se almacena en el generador. Las entradas al generador funcionan como un bus de direcciones, y mediante las diferentes combinaciones de las entradas al generador se selecciona el resultado correcto.

IV.3 Procesador digital de señales (DSP)

DSP es el acrónimo de *Digital Signal Processor*, que significa Procesador Digital de Señal, un nombre bastante descriptivo, pues su función no es otra sino recibir una señal como entrada, hacer operaciones sobre esa señal y obtener a su salida una nueva señal.

Un DSP es un sistema basado en un procesador o microprocesador que posee un juego de instrucciones, un hardware y un software optimizados para aplicaciones que requieran operaciones matemáticas de las señales representadas en un

formato digital, este análisis matemático conlleva un volumen de operaciones numéricas muy elevado. Por esto la arquitectura de los DSP debe responder a las necesidades de las operaciones que soportan, fundamentalmente:

- Análisis de señales (convolución, transformada de Fourier(FFT), análisis de espectro, correlación).
- Modificación de la señal (modulación).
- Extraer información de la señal.

Debido a esto es especialmente útil para el procesado y representación de señales analógicas en tiempo real: en un sistema que trabaje de esta forma (tiempo real), se reciben muestras (samples), normalmente provenientes de un conversor analógico/digital (ADC), el sistema debe hacer todas las operaciones con la muestra recibida antes de que llegue la siguiente.

Se ha dicho que puede trabajar con señales analógicas, pero es un sistema digital, por lo tanto necesitará unos conversores analógicos/digitales a sus entradas y salidas.

Como todo sistema basado en procesador programable necesitará una memoria donde almacenar los datos con los que trabajará y el programa que ejecutará.

Si se combina que un DSP puede trabajar con varios datos en paralelo y un diseño e instrucciones específicas para el procesado digital, se puede dar una idea de su enorme potencia para este tipo de aplicaciones. Estas características constituyen la principal diferencia de un DSP y otros tipos de procesadores.

Las aplicaciones más habituales en las que se emplean DSP son el procesado de audio y video; y cualquier otra aplicación que requiera el procesado en tiempo real.

Con estas aplicaciones se puede eliminar el eco en las líneas de comunicaciones, lograr hacer más claras imágenes de órganos internos en los equipos de

diagnóstico médico, cifrar conversaciones en teléfonos celulares para mantener privacidad, analizar datos sísmicos para encontrar nuevas reservas de petróleo, hace posible las comunicaciones wireless LAN, el reconocimiento de voz, los reproductores digitales de audio, los módems inalámbricos, las cámaras digitales, y una larga lista de elementos que pueden ser relacionados con el proceso de señales.

Los DSP abandonan la arquitectura clásica de Von Neumann, en la que datos y programas están en la misma zona de memoria, y apuestan por la denominada "Arquitectura Harvard". En una arquitectura Harvard existen bloques de memoria físicamente separados para datos y programas. Cada uno de estos bloques de memoria se direcciona mediante buses separados (tanto de direcciones como de datos), e incluso es posible que la memoria de datos tenga distinta anchura de palabra que la memoria de programa (como ocurre en ciertos microcontroladores).

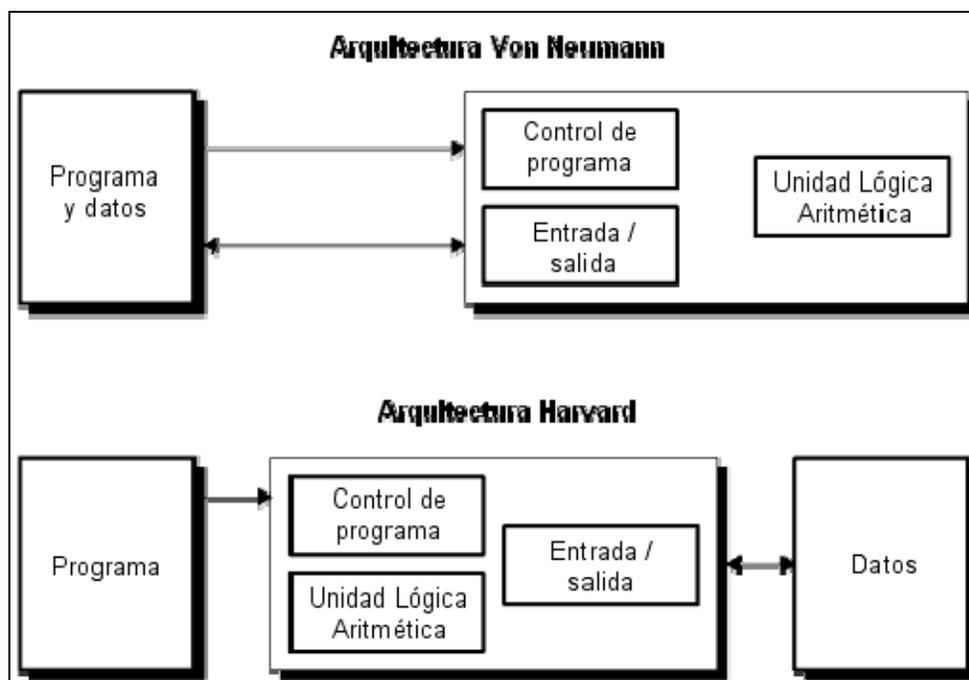


Figura IV.4 Tipos de arquitectura

Con este diseño se consigue acelerar la ejecución de las instrucciones, ya que el sistema puede ejecutar simultáneamente la lectura de datos de la instrucción "n" y comenzar a decodificar la instrucción "n+1", disminuyendo el tiempo total de ejecución de cada instrucción.

Normalmente en los D.S.P. se usa una arquitectura Harvard modificada con 3 buses: uno de programa y dos de datos, lo cual permite que la CPU lea una instrucción y dos operandos a la vez (pero no dos posiciones de memoria a la vez, para lo que hace falta una memoria RAM de doble puerto). En el proceso de señales, las operaciones con 2 operandos son muy comunes, motivo por el cual se hace esta modificación.

También es bastante común encontrar un solapamiento entre la ROM y la RAM de datos, de modo que podemos usar parte de la ROM de programa para almacenar coeficientes y leerlos en la RAM de datos, sin tener que usar instrucciones específicas para leer los datos almacenados en ROM, como ocurre en algunos microcontroladores, como la familia 8051, que posee la instrucción MOVX para tal fin.

IV.4 Computadoras personales e instrumentación virtual

Una computadora, conocida en algunos países como ordenador y en otros países como computador, es un sistema digital con tecnología microelectrónica capaz de procesar datos a partir de un grupo de instrucciones denominado programa. La estructura básica de una computadora incluye microprocesador (CPU), memoria y dispositivos de entrada/salida (E/S), junto a los buses que permiten la comunicación entre ellos. En resumen la computadora es una dualidad entre hardware (parte física) y software (parte lógica), que interactúan entre sí para una determinada función.

La característica principal que la distingue de otros dispositivos similares, como una calculadora no programable, es que puede realizar tareas muy diversas cargando distintos programas en la memoria para que los ejecute el procesador.

Como es bien sabido, actualmente el uso de las computadoras es muy amplio, una de sus aplicaciones es la adquisición de datos así como el análisis de los mismos.

Podemos decir que la adquisición de datos, no es otra cosa sino la utilización de una computadora personal (PC) en tareas asociadas a la lectura de variables físicas provenientes de una extensa variedad de procesos.

Una PC es un procesador de señales digitales, las cuales consisten en niveles de voltaje discretos (0 ó 1). Por otra parte, la gran mayoría de las señales son analógicas, es decir, pueden tomar cualquier valor dentro de un rango dado.

La Adquisición de Datos, consiste en tomar un conjunto de variables mensurables en forma física y convertirlas en tensiones eléctricas, de tal manera que se puedan utilizar en una PC.

Se requiere una etapa de acondicionamiento que adecua la señal a niveles compatibles con el elemento que hace la transformación a señal digital. El elemento que hace dicha transformación es un convertidor Analógico - Digital. Una vez que las señales eléctricas se transformaron en digitales dentro de la memoria de la PC, se las puede procesar con un programa de aplicación adecuado al uso que el cliente desea, y/o archivarlas en disco duro, graficarlas en pantalla, o cualquier otro proceso de éstas.

De la misma manera que se toma una señal eléctrica y se transforma en una digital dentro del ordenador, se puede tomar una señal digital o binaria y

convertirla en una eléctrica, en este caso el elemento que hace la transformación es un convertidor Digital – Analógico.

La señal dentro de la memoria de la PC la genera un programa adecuado a las aplicaciones que quiere el usuario y luego de procesada es recibida por mecanismos que ejecutan movimientos mecánicos, a través de servomecanismos, que también son del tipo transductores.

El hacer uso de recursos de éste tipo, como lo son las computadoras, da la flexibilidad de procesamiento, la posibilidad de realizar las tareas en tiempo real o en análisis posteriores, una gran capacidad de almacenamiento, el rápido acceso a la información y en la toma de decisión, la posibilidad de emular una gran cantidad de dispositivos de medición y activar varios instrumentos al mismo tiempo, así como la facilidad de automatización entre otros.

Sin embargo se presenta una desventaja al trabajar con equipos de estas magnitudes, son equipos difíciles de transportar, al menos los PC's de escritorio, por lo que se hace uso de equipos portátiles a los cuales se les denomina Laptop.

Algunas de las aplicaciones que se les pueden dar a los equipos de PC son:

- Todo tipo de industrias
- Grandes Hoteles
- Sanatorios y Hospitales
- Ministerios
- Bancos
- Agroindustrias
- Frigoríficos
- Laboratorios de Medición y Pruebas
- Control de Calidad
- Detección de Fallas

- Control de máquinas
- Control de producción entre otros

Además de contar con el apoyo de las PC, se han desarrollado aplicaciones de simulación y análisis de dispositivos y datos, como por ejemplo Matlab, Labview, Pspice, entre otros.

A continuación se muestra una breve descripción de estos programas para ver las ventajas que nos ofrecen sobre otros métodos de análisis que podamos tener.

MATLAB

MATLAB nace como una solución a la necesidad de mejores y más poderosas herramientas para resolver problemas de cálculos complejos en los que es necesario aprovechar las amplias capacidades de proceso de datos de grandes computadores.

MATLAB es el nombre abreviado de “MATrix LABoratory”. Es un programa para realizar cálculos numéricos con vectores y matrices. Como caso particular puede también trabajar con números escalares tanto reales como complejos, con cadenas de caracteres y con otras estructuras de información más complejas. Es usado en una variedad de áreas de aplicación incluyendo procesamiento de señales e imágenes, diseño de sistemas de control, ingeniería financiera e investigación médica.

Una de las capacidades más atractivas es la de realizar una amplia variedad de gráficos en dos y tres dimensiones. MATLAB tiene también un lenguaje de programación propio, dispone de un código básico y de varias librerías especializadas (ToolBox) lo que hace más fácil y mejor aprovechamiento del programa, de igual forma podemos crear nuestras propias herramientas que podemos ir almacenando y posteriormente aplicar en algún análisis particular.

Sea cual fuere el objetivo, un algoritmo, análisis, gráficos, informes o simulación, MATLAB lo lleva allí. El lenguaje flexible e interactivo de MATLAB permite a ingenieros y científicos expresar sus ideas técnicas con simplicidad. Los poderosos y amplios métodos de cómputo numérico y graficación permiten la prueba y exploración de ideas alternativas con facilidad, mientras que el ambiente de desarrollo integrado facilita producir resultados prácticos fácilmente.

Se cuenta además con una herramienta llamada SIMULINK, es un software para modelar, simular y analizar sistemas dinámicos, soporta sistemas lineales y no lineales, modelado en tiempo continuo, tiempo de muestreo un sistemas híbrido.

Con esto se pueden realizar simulaciones de diferentes sistemas para tener una visión más amplia de los resultados esperados o simplemente ver el comportamiento de los sistemas sin tener que armar físicamente el modelo en estudio.

Para la simulación, SIMULINK provee de una interfaz gráfica construyendo los modelos a partir de bloques predefinidos por el usuario. Con esta interfaz, se pueden dibujar los modelos justo como se definieron en papel.

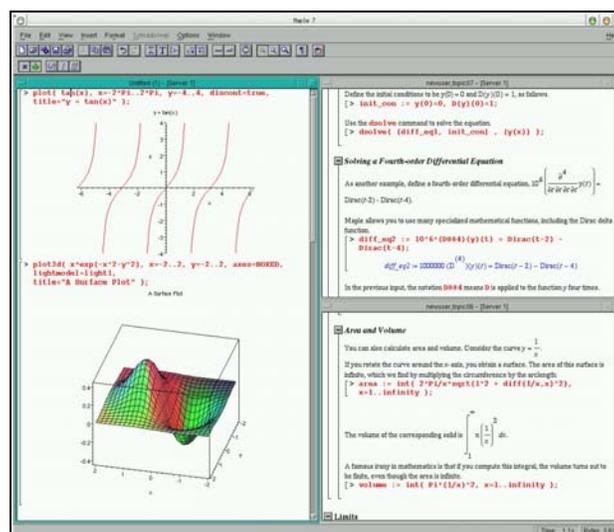


Figura IV.5 Ventana de trabajo de SIMULINK en MATLAB

LABVIEW

Con la introducción de LabVIEW en 1986, National Instruments empezó la instrumentación virtual, el concepto de habilitar a usuarios para definir su propia solución usando software integrado a una computadora y una amplia variedad de hardware. Usando LabVIEW para sus aplicaciones de medición y automatización, se puede adquirir datos al conectarse con varias piezas de hardware, ya sea desarrolladas por National Instruments o por otras compañías, definir una aplicación para analizar o tomar decisiones en base a esos datos y después presentar sus datos a sus colegas por medio de interfaces gráficas, páginas Web, archivos de bases de datos y más.

Es usado principalmente por ingenieros y científicos para tareas como:

- Adquisición de datos
- Control de instrumentos
- Automatización industrial o PAC (Controlador de Automatización Programable)
- Diseño de control

LabVIEW es un entorno de programación destinado al desarrollo de aplicaciones, similar a los sistemas de desarrollo comerciales que utilizan el *lenguaje C* o *BASIC*. Sin embargo, LabVIEW se diferencia de dichos programas en un importante aspecto: los citados lenguajes de programación se basan en líneas de texto para crear el código fuente del programa, mientras que LabVIEW emplea la programación gráfica o *lenguaje G* para crear programas basados en diagramas de bloques.

Para el empleo de LabVIEW no se requiere gran experiencia en programación, ya que se emplean iconos, términos e ideas familiares a científicos e ingenieros, y se apoya sobre símbolos gráficos en lugar de lenguaje escrito para construir las

aplicaciones. Por ello resulta mucho más intuitivo que el resto de lenguajes de programación convencionales.

LabVIEW introduce nuevas y potentes características incluyendo la compatibilidad general con el software The MathWorks de Inc. MATLAB®, los nuevos asistentes de diseño de hardware hecho a medida del cliente y basado en FPGAs para la fabricación de controladores industriales y actualizaciones para las herramientas *Modulation Toolkit* de NI para LabVIEW de forma que los ingenieros puedan desarrollar modelos de simulación de sistemas de comunicaciones y evaluar las decisiones sobre parámetros y diseños.

Presenta facilidades para el manejo de:

- Interfaces de comunicaciones:
 - Puerto serie
 - Puerto paralelo
 - GPIB
 - PXI
 - VXI
 - TCP/IP, UDP, DataSocket
 - Irda
 - Bluetooth
 - USB
 - OPC

- Herramientas para el procesado digital de señales.
- Visualización y manejo de gráficas con datos dinámicos.
- Adquisición y tratamiento de imágenes.
- Control de movimiento.
- Tiempo Real estrictamente hablando.

- Programación de FPGAs.
- Sincronización.

Los programas desarrollados mediante LabVIEW se denominan *Instrumentos Virtuales (VIs)*, porque su apariencia y funcionamiento imitan los de un instrumento real. Sin embargo son análogos a las funciones creadas con los lenguajes de programación convencionales. Los *VIs* tienen una parte interactiva con el usuario y otra parte de código fuente, y aceptan parámetros procedentes de otros *VIs*.

Todos los *VIs* tienen un *panel frontal* y un *diagrama de bloques*. Las *paletas* contienen las opciones que se emplean para crear y modificar los *VIs*. Ver figura IV.6

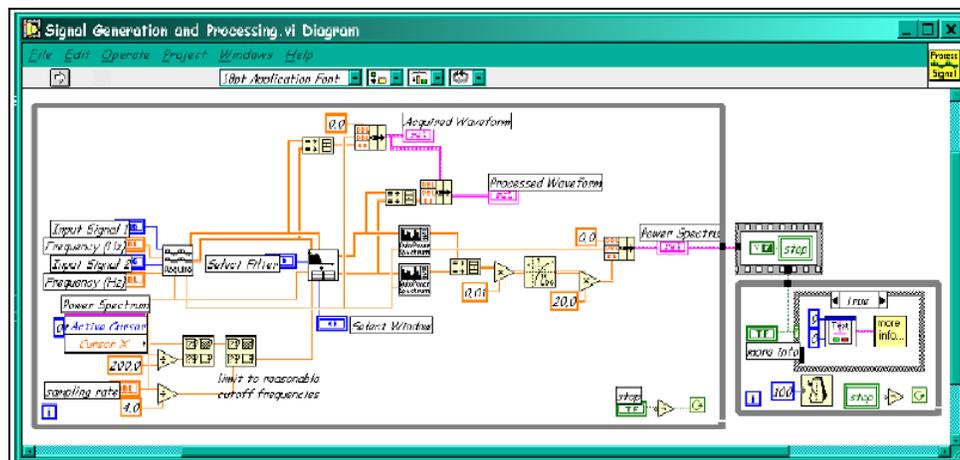


Figura IV.6 Ventana de trabajo de LABVIEW

PSPICE

Hasta principios los años 70 los circuitos electrónicos se analizaban casi exclusivamente de forma manual, mientras que de forma progresiva, la complejidad de éstos iba en aumento. Fue en ese momento cuando un grupo de la Universidad de Berkeley, tomando como base el programa CANCER, desarrolló la primera versión de SPICE (Simulation Program with Integrated Circuits

Emphasis). Un simulador de propósito general que permitía analizar sobre grandes ordenadores y workstations, circuitos analógicos sin necesidad de montarlos físicamente.

En SPICE el circuito y análisis requerido es descrito en un fichero de texto mediante un serie de comandos y declaraciones, a este fichero se le llama fichero del circuito. La sintaxis de las declaraciones permite dejar parámetros sin especificar con lo que tomarán valores por defecto. El fichero del circuito es leído por SPICE, éste comprueba que no hay errores en las conexiones y sintaxis declaradas, y finalmente hará la simulación.

El éxito alcanzado por el programa, así como por su utilización generalizada, originó la aparición de numerosas versiones de SPICE. En 1984 nace de manos

de MicroSim Corporation la primera adaptación para ordenadores personales: PSpice.

Desde entonces, PSpice ha ido renovándose hasta llegar a la versión número 9. Esta revisión del simulador es la primera desde la fusión de MicroSim Corporation y OrCAD.

SPICE está considerado como el estándar en análisis electrónico. Es referencia y base de numerosos simuladores del mercado.

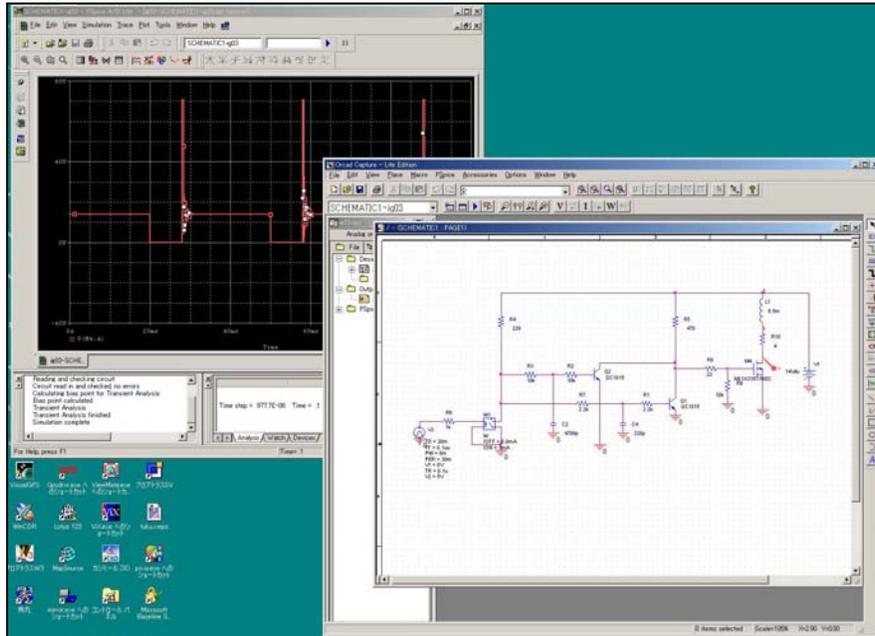


Figura IV.7 Ventana de trabajo de PSPICE

Como ya hemos visto, actualmente podemos hacer uso de simuladores o programas especiales para el análisis de circuitos eléctricos sin tener que montarlos físicamente, lo que facilita la corrección de problemas o simplemente comprender mejor el funcionamiento de los mismos.

En el próximo capítulo, el lector conocerá de manera más detallada el hardware utilizado para la adquisición de datos.

CAPÍTULO V

DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE

En el presente capítulo el lector podrá conocer de forma detallada el hardware usado para el analizador de gases contaminantes.

V.1 Descripción general del módulo adquirente de datos a bordo

Como ya se mencionó, las condiciones de laboratorio, bajo las cuales se realizan las pruebas, no siempre cumplen con las características reales para el trabajo de los vehículos, es por eso que el LCE se da a la tarea de desarrollar un sistema portátil para monitoreo y análisis de los diferentes tipos de gases contaminantes (CO, CO₂, HC, NO_x y O₂) emitidos por vehículos automotores de combustión interna a gasolina, trabajando bajo condiciones reales.

Este sistema portátil de análisis y monitoreo de gases contaminantes consta de un sistema de adquisición de datos, una banca analizadora de gases y un software, necesario para la interacción de la tarjeta de adquisición con una PC de escritorio (*ver figura V.1*), ésta última será la encargada de procesar los datos para en base a ellos se puedan crear un reporte mas detallado de cual es la situación de los vehículos trabajando en condiciones reales.

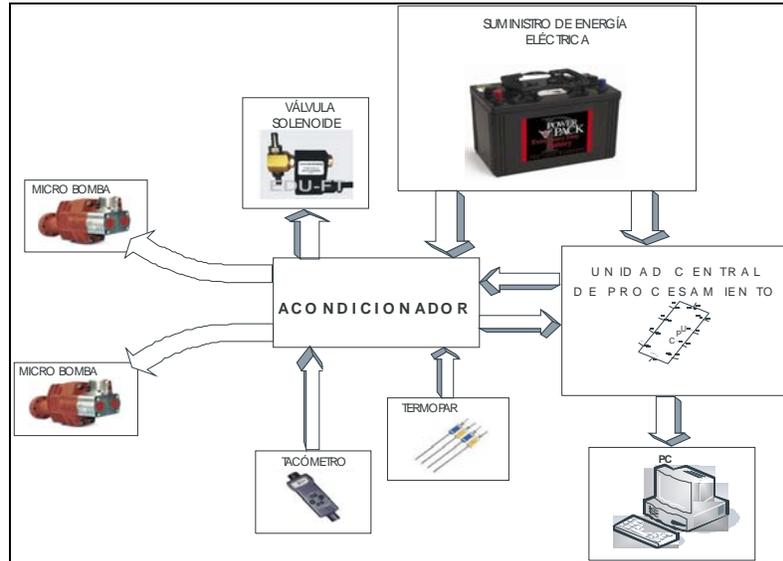


Figura V.1 Diagrama a bloques del módulo analizador de gases portátil

El módulo adquirente de datos, se puede definir en tres módulos que son:

- un módulo analizador
- un módulo acondicionador y
- un módulo de suministro de energía.

El módulo analizador, es aquel en el cual se llevan a cabo las tareas de recolección y análisis de datos a través de dispositivos electrónicos.

Para el proceso de recolección de datos se usará una tarjeta de adquisición, la cual se diseñó y desarrolló en el LCE.

El módulo acondicionador es el encargado de llevar a cabo el acoplamiento de señales de entrada y salida del microcontrolador.

A través de los puertos del microcontrolador, se estará realizando la recolección de datos que arroje el analizador de gases, así mismo el microcontrolador estará proporcionando las señales de salida necesarias para activar cada uno de los

comandos requeridos por el analizador de gases, de lo contrario éste no podrá funcionar de manera adecuada.

El módulo de suministro de energía resulta ser el más importante ya que sin éste no tendríamos forma de hacer uso de las herramientas con las que contamos. Se energizó a todo el sistema con una batería de 12 volts de corriente directa, que será la encargada de alimentar todos los componentes.

Se esta usando una batería de forma independiente a la del vehículo, ya que si se quisiera cambiar de vehículo no habría que realizar ningún tipo de conexión extra, solamente se tendrán que conectar los sensores correspondientes.

Así conseguiremos realizar el suministro de energía eléctrica a todos los dispositivos, las diferencias de tensión para el funcionamiento de los diferentes componentes se realiza a través de reguladores de tensión LM78XX para que los dispositivos trabajen con sus tensiones nominales.

V.2 Módulo de acondicionamiento de señales

Las señales que están involucradas dentro de este proyecto son de tipo analógicas así como señales digitales, las primeras las podemos definir como aquella función matemática continua en la que es variable su amplitud (representando un dato de información) en función del tiempo, por otro lado se dice que una señal es digital cuando las magnitudes de la misma se representan mediante valores discretos en lugar de variables continuas dadas generalmente por dos valores (0 ó 1).

Las señales analógicas las estamos recibiendo directamente del escape del vehículo en forma de gases, éstas entran de forma directa al analizador de gases

el cual se encargará de convertirlas a señales digitales, para así obtener datos sobre las emisiones de los vehículos.

El módulo analizador de gases es por si mismo un elemento independiente controlado por un sistema central de procesamiento digital. Éste es capaz de comunicarse con una computadora personal a través de una interfaz serial asíncrona. Este dispositivo fue ensamblado en el Laboratorio de Control de Emisiones de acuerdo a una configuración propia con el fin de contar con un instrumento acorde a nuestras necesidades. Puesto que forma parte de un instrumento “virtual”, el conjunto carece de indicadores y controladores físicos. Todo el conjunto puede gobernarse por medio de software dedicado que puede adaptarse a las más exigentes necesidades. De esta forma el usuario decide que variable desea monitorear y en que formato (gráfico, alfanumérico, etc)

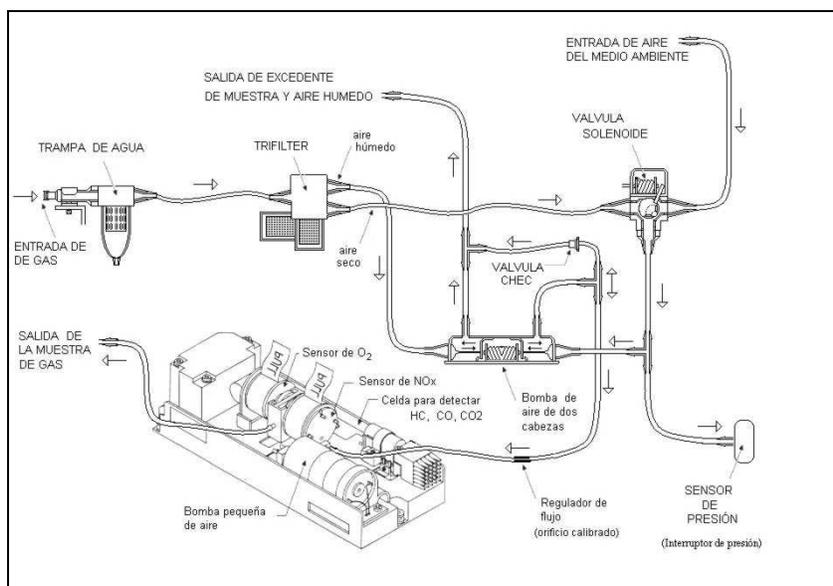


Figura V.2 Elementos que conforman el sistema analizador de gases.

Como se observa en la figura V.2, los módulos que componen al sistema son:

- *“trampa de agua”*. Se trata de un dispositivo que se encarga de separar las moléculas de agua suspendidas en la muestra de gas que se va a analizar. Es necesario mencionar que este módulo es de suma importancia porque el agua puede alterar considerablemente las lecturas provenientes de los sensores.
- *“trifilter”*. Consiste en un dispositivo que consta de un filtro de partículas sólidas suspendidas acoplado a dos condensadores. Mediante el filtro de partículas se eliminan aquellos residuos que arrastra la muestra de gases que no deben entrar en contacto con las celdas sensibles porque son altamente corrosivas. Los condensadores que tiene acoplados se utilizan para eliminar cualquier remanente de agua que pudo haber pasado aún por la trampa de agua. El módulo trifilter posee una entrada y dos salidas. Una de las salidas se conoce como “salida de gases secos” y la otra como “salida de gases húmedos”. Naturalmente la que se utiliza para hacer el análisis de los gases es la salida de gases secos.
- *Módulo de desvío de gases*. Se trata de una válvula solenoide para aplicaciones neumáticas. Mediante la operación de este dispositivo es posible seleccionar el origen de la muestra de gases. Esta puede provenir de dos sitios posibles: El sistema de filtrado (Trampa de agua y módulo “trifilter”) ó de una toma externa. Cuando se hacen análisis de gases producto de una combustión es necesario que los gases circulen a través del sistema de filtrado. Sin embargo cuando se desea calibrar el sistema se utiliza la entrada directa.
- *Módulo de bombeo*. Es un arreglo de bombas neumáticas mediante el cual se puede transportar la muestra de gases desde su origen hasta la banca analizadora de gases. En la configuración se utilizan dos bombas. Una de ellas se encarga de arrastrar la muestra de gases secos y la otra los gases húmedos que provienen del módulo “trifilter”.

- *Módulo de análisis.* Se le conoce por el término “banca analizadora de gases” y es el dispositivo en donde se alojan los sensores encargados de detectar la concentración de un gas en particular. La banca con que cuenta el sistema posee dos celdas electroquímicas mediante las cuales se pueden detectar y analizar la concentración de oxígeno y óxidos de nitrógeno en la muestra. También cuenta con una celda infrarroja mediante la cual se pueden detectar las concentraciones de monóxido de carbono, dióxido de carbono e hidrocarburos, utilizando la técnica de absorción de ondas infrarrojas.

Los sensores no dispersivos Infrarrojos (NDIR, Non-dispersive Infrared) son dispositivos espectroscópicos simples, a menudo usados para el análisis de gas. Los componentes claves son una fuente infrarroja (la lámpara), una cámara de muestra o tubo de luz, un filtro de longitud de onda, y un detector infrarrojo. El gas es bombeado o difundido dentro de la cámara de muestra, y la concentración de gas es medida electro-ópticamente por su absorción de una longitud de onda específica en el infrarrojo (IR)⁵.

Este sistema cuenta con una “micro-bomba” que se utiliza para transportar pequeñas muestras de gas hacia el interior de las cámaras de análisis con la que cuenta la banca.

La banca cuenta con un sistema inteligente que procesa las lecturas provenientes de los sensores interpretándolas como concentraciones de gases y que puede comunicarse de manera serial con una computadora personal por medio de un protocolo propio. También cuenta con un convertidor analógico-digital con dos canales de entrada, un sensor de temperatura ambiente y ocho terminales de salida TTL mediante las cuales se pueden controlar dispositivos como válvulas solenoides y bombas.

⁵ <http://www.intl-lighttech.com/applications/ndir-gas-sensors.html>

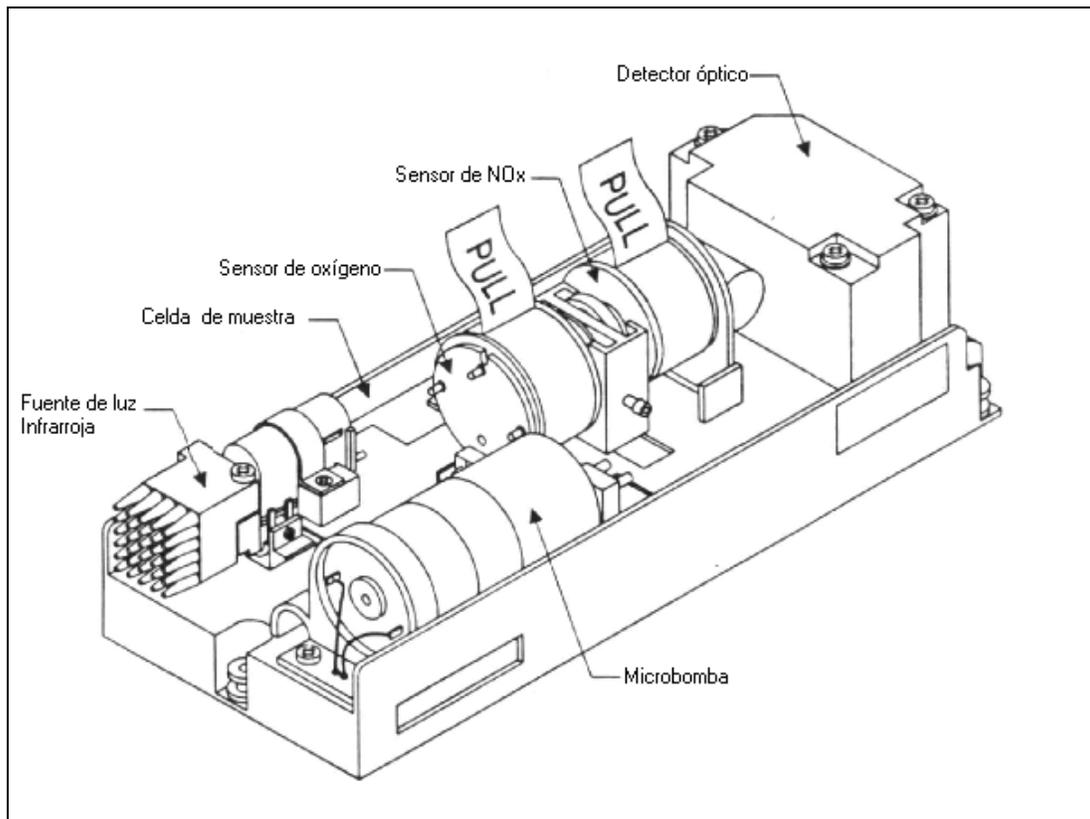


Figura V.3 Banca analizadora de gases marca ANDROS ®.

- *Módulo antirretorno de muestra.* Se utiliza una válvula check mediante la cual se logra que las muestras de gases circulen en una dirección evitando que se regresen dentro del sistema, de esa forma se garantiza que la muestra circula por el sistema.
- *Módulo de regulación de flujo.* Se trata de un orificio calculado mediante el cual se regula el paso de gases de forma tal que no sea excesiva para las cámaras de análisis. Un caudal de gases superior puede ser causa de que las lecturas que se reporten de los sensores del analizador sean erróneas.
- *Módulo detector de fugas.* El sistema cuenta con un interruptor de presión mediante el cual es posible detectar cuando el sistema neumático se encuentra obstruido. Cuando esto sucede, las bombas siguen funcionando y elevan la

presión haciendo que este interruptor se active. Esto no sucede cuando en el sistema existen fugas por lo que es un dispositivo muy útil para evaluar si el sistema es confiable o no. A su vez, permite poder detener al sistema de forma oportuna de modo que las bombas no se dañen por funcionar con el sistema obstruido.

- *Sonda de muestreo.* Consiste en una manguera especial a través de la cual se transportan los gases de muestreo desde su origen hasta donde se encuentra el analizador. Esta tiene una longitud de seis metros y un diámetro de un cuarto de pulgada. Esta manufacturada de materiales plásticos que no despiden hidrocarburos.
- *Módulo electrónico de control.* Es el dispositivo mediante el cual se pueden gobernar dispositivos de mayor potencia como las bombas del sistema y la válvula solenoide, a partir de señales tipo TTL. También cuenta con una fuente de corriente directa de 12V @ 1Ampere.
- *Módulo convertidor dc-dc.* Se trata de un circuito acondicionador de señales que se alimenta con 12VDC. y mediante el cual se generan voltajes de ± 12 VDC y +5V necesarios para alimentar la banca analizadora de gases.

V.2.1 Sensores y transductores

Un sensor es un dispositivo que detecta variaciones en una magnitud física y las convierte en señales útiles para un sistema de medida o de control.

Muchos de los sensores son eléctricos o electrónicos, aunque existen otros tipos.

Un transductor es un dispositivo que convierte una magnitud física en otra distinta, por ejemplo, conversión de temperatura en tensión eléctrica.

A continuación se indican algunos tipos y ejemplos de sensores electrónicos:

- Sensores de temperatura: Termopar, Termistor
- Sensores de deformación: Galga extensiométrica
- Sensores de acidez: IsFET
- Sensores de luz: fotodiodo, fotorresistencia, fototransistor
- Sensores de sonido: micrófono
- Sensores de contacto: final de carrera
- Sensores de imagen digital (fotografía): CCD o CMOS
- Sensores de proximidad: sensor de proximidad

El nombre del transductor ya nos indica cual es la transformación que realiza, aunque no necesariamente la dirección de la misma. Es un dispositivo usado principalmente en las ciencias eléctricas para obtener la información de entornos físicos y conseguir (a partir de esta información) señales o impulsos eléctricos o viceversa.

V.2.2 Señales de entrada

Entendemos por señales de entrada a todas aquellas que nos proporcionen información necesaria para el análisis de las emisiones. Como las pruebas se realizarán en un vehículo, fuera del laboratorio, estaremos recolectando mediciones de las emisiones de los gases que éste arroje, todas estas lecturas serán datos de forma analógica a través de la sonda de muestreo, sin embargo el módulo de análisis nos ayudará a la transformación de señales de analógicas a digitales.

Después de realizarse la conversión de los valores analógicos a través del analizador, los datos obtenidos, ya de forma digital, serán almacenados en las memorias externas conectadas al microprocesador.

Así mismo se consideran señales de entrada todos los datos recibidos por el puerto RS232 de la PC.

V.2.3 Señales de salida

El módulo analizador se rige a través de una serie de instrucciones, las cuales nos permite desde encender o apagar dispositivos, como micro bombas o válvulas, hasta la calibración del módulo.

Entonces únicamente se consideran señales de salida, a todas las emitidas por el microcontrolador para la activación de los diferentes dispositivos, así como las emitidas por la PC para la calibración del módulo analizador.

V.3 Módulo de dispositivos neumáticos

La neumática es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos.

El aire comprimido es aire tomado de la atmósfera y confinado a presión en un espacio reducido, al aplicarle una fuerza, se comprime, mantiene esta compresión y devolverá la energía acumulada cuando se le permita expandirse.

En los sistemas neumáticos, el aire comprimido se produce en un elemento llamado *compresor*, que es una bomba de aire accionada normalmente por un motor eléctrico. Este aire se almacena en un depósito denominado receptor. Desde éste, el aire es conducido a través de *válvulas* a los *cilindros*, que son los componentes encargados de realizar el trabajo.

Cuando el aire comprimido fluye en el interior de un cilindro, aumenta la presión dentro del mismo y obliga a desplazarse a un émbolo situado en su interior, y proporcionando un movimiento lineal y realizando un trabajo.

Los mandos neumáticos están constituidos por elementos de señalización, elementos de mando y un aporte de trabajo. Los elementos de señalización y mando modulan las fases de trabajo de los elementos y se denominan válvulas.

Para el tratamiento de la información y órganos de mando es preciso emplear aparatos que controlen y dirijan el flujo de forma preestablecida, lo que obliga a disponer de una serie de elementos que efectúen las funciones deseadas relativas al control y dirección del flujo del aire comprimido.

Las válvulas son dispositivos para controlar o regular el arranque, parada y sentido así como la presión o el flujo del medio de presión, impulsado por una bomba hidráulica, un compresor, una bomba de vacío o acumulado en un depósito.

En los principios del automatismo, los elementos reseñados se mandan manual o mecánicamente. Cuando por necesidades de trabajo se precisaba efectuar el mando a distancia, se utilizaban elementos de comando por émbolo neumático (servo).

Actualmente, además de los mandos manuales para la actuación de estos elementos, se emplean para el comando procedimientos servo-neumáticos y electro-neumáticos que efectúan en casi su totalidad el tratamiento de la información y de la amplificación de señales.

V.3.1 Válvulas solenoides

Una Válvula Solenoide es una válvula controlada por señales eléctricas que se abre o cierra para permitir la circulación del flujo.

Se clasifican por el número de vías (2, 3, 4 ó 5 vías) o posiciones, pueden ser monoestables o biestables, de acción directa- servo pilotada y combinada.

Se agrupan de acuerdo a los usos específicos:

Válvulas de uso general.- Son los de uso común, que manejan fluidos como agua, aire, aceites livianos, gases neutros, fluidos y además vapor de alta presión y temperaturas.

Válvulas de Refrigeración.- Se aplican en el control de fluidos refrigerantes, su uso es permanente en el sistema de refrigeración comercial o industrial.

Válvulas para productos corrosivos o contaminantes.- Se utilizan estas válvulas en lugares donde los fluidos no se deben contaminar con elementos de la válvula.

V.3.2 Válvula CHECK

La función esencial de una válvula de retención o válvula check, es impedir el paso del fluido en un sentido determinado. Mientras el sentido del fluido es el correcto, la válvula de retención se mantiene abierta, pero cuando el fluido pierde velocidad o presión para invertir su sentido, la válvula de retención tiende a cerrarse, evitando así el retroceso

Hay dos categorías de válvulas y son para uso específico, más bien que para servicio general: válvulas de retención (check) y válvulas de desahogo (alivio). Son

válvulas de accionamiento automático, funcionan sin controles externos y dependen para su funcionamiento de sentido de circulación o de las presiones en el sistema de tubería. Como ambos tipos se utilizan en combinación con válvulas de control de circulación, la selección de la válvula, con frecuencia, se hace sobre la base de las condiciones para seleccionar la válvula de control de circulación.

V.3.3 Micro bombas

Las Micro bombas pueden ser consideradas micro accionamientos dedicados a la función específica de transporte de líquido (o gas). Se conocen diversos principios para estas bombas, accionadas por motores rotativos además de trabajar con otros principios, como el uso de membranas, elementos neumáticos, piezos, etc.

V.3.4 Sonda

La conexión de las micro bombas con el módulo adquirente de datos, se realiza a través de mangueras de hule, a las cuales denominamos sonda, que son las que se encargarán de meter o sacar los diferentes gases al sistema.

V.4 Módulos de filtración

La filtración es una técnica, proceso tecnológico u operación unitaria de separación, por la cual se hace pasar una mezcla de sólidos y fluidos, gas o líquido, a través de un medio poroso o medio filtrante que puede formar parte de un dispositivo denominado filtro, donde se retiene de la mayor parte del o de los componentes sólidos de la mezcla.

El medio filtrante es el elemento fundamental para la práctica de la filtración y su elección es habitualmente la consideración más importante para garantizar el funcionamiento del proceso.

En general, entre los principales criterios de selección del material de medio filtrante se pueden destacar:

- Compatibilidad y resistencia química con la mezcla
- Permeabilidad al fluido y resistencia a las presiones de filtración
- Capacidad en la retención de sólidos
- Adaptación al equipo de filtración y mantenimiento
- Relación vida útil y coste

La variedad de tipos de medios porosos utilizados como medios filtrantes es muy diversa en forma de telas y fibras tejidas, fieltros y fibras no tejidas, sólidos porosos o perforados, membranas poliméricas o sólidos particulados, a lo que se suma la gran variedad de materiales: fibras naturales, fibras sintéticas, materiales metálicos, materiales cerámicos y polímeros.

V.4.1 Trampa de agua

Se trata de un dispositivo que se encarga de separar las moléculas de agua suspendidas en la muestra de gas que se va analizar. Es necesario mencionar que este módulo es de suma importancia por que el agua puede alterar considerablemente las lecturas provenientes de los sensores.

V.4.2 Filtro de partículas

Consiste en un dispositivo constituido por un filtro de partículas sólidas suspendidas acoplado a dos condensadores. Mediante el filtro de partículas se eliminan aquellos residuos que arrastra la muestra de gases que no deben entrar en contacto con las celdas sensibles porque son altamente corrosivas. Los condensadores que tiene acoplados se utilizan para eliminar cualquier remanente

de agua que pudo haber pasado aún por la trampa de agua. El módulo trifilter posee una entrada y dos salidas. Una de las salidas se conoce como “salida de gases secos” y la otra como “salida de gases húmedos”. Naturalmente la que se utiliza para hacer el análisis de los gases es la salida de gases secos.

V.5 Módulo de suministro eléctrico

El suministro eléctrico, se lleva a cabo a través de una batería de 12V DC, la cual se encargará de alimentar a la tarjeta de adquisición así como los diferentes componentes que se requieren.

Los diferentes componentes que se usan, en su mayoría requieren de una tensión de 5V DC para su funcionamiento por lo que se incluye un regulador de voltaje, LM340T5, el cual nos mantendrá como voltaje de entrada para nuestro circuito 5V. Algunos dispositivos son un microcontrolador 80C31, un MAX232, una memoria 62256, una memoria 27C256 y un latch 74LS373 para el funcionamiento de la tarjeta de captura.

Se cuenta con un teclado y display (Ver anexo) para introducir las diferentes opciones para nuestra tarjeta, y ésta a su vez enviará las instrucciones a la banca analizadora de gases, el cual también requiere de una tensión de 5V DC para su funcionamiento.

V.6 Módulo de análisis de gases contaminantes

El módulo analizador de cinco gases es por si mismo un elemento independiente controlado por un sistema central de procesamiento digital. Éste es capaz de comunicarse con una computadora personal a través de una interfaz serial asíncrona.

Se le conoce por el término “banca analizadora de gases” y es el dispositivo en donde se alojan los sensores encargados de detectar la concentración de un gas

en particular. La banca con que cuenta el sistema posee dos celdas electroquímicas mediante las cuales se pueden detectar y analizar la concentración de oxígeno y óxidos de nitrógeno en la muestra. También cuenta con una celda infrarroja mediante la cual se pueden detectar las concentraciones de monóxido de carbono, bióxido de carbono e hidrocarburos, utilizando la técnica de absorción de ondas infrarrojas.

Este sistema cuenta con una “micro-bomba” que se utiliza para transportar pequeñas muestras de gas hacia el interior de las cámaras de análisis con la que cuenta la banca.

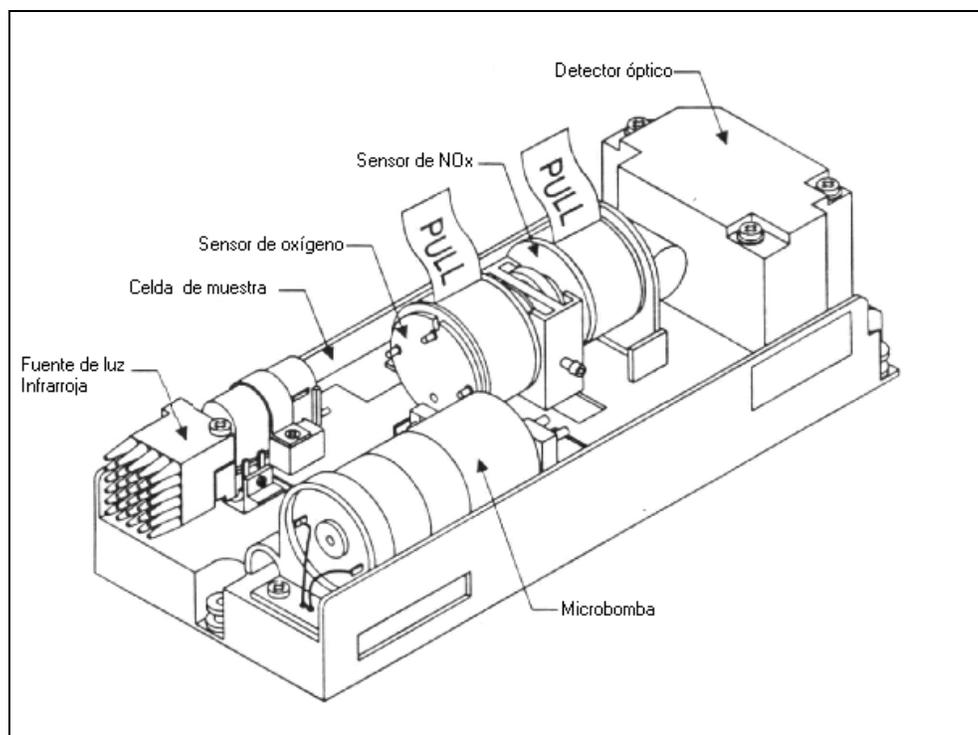


Figura V.4 Banca analizadora de gases marca ANDROS ®.

V.7 Módulo central de procesamiento

La banca cuenta con un sistema inteligente que procesa las lecturas provenientes de los sensores interpretándolas como concentraciones de gases y que puede comunicarse de manera serial con una computadora personal por medio de un protocolo propio. También cuenta con un convertidor analógico-digital con dos canales de entrada, un sensor de temperatura ambiente y ocho terminales de salida TTL mediante las cuales se pueden controlar dispositivos como válvulas solenoides y bombas.

En el siguiente capítulo se explica el desarrollo del software usado para el control del analizador de gases.

CAPÍTULO VI

DISEÑO DEL SOFTWARE

En el presente capítulo se muestra como está conformado el software usado para el funcionamiento del sistema.

VI.1 Descripción operativa del software

El módulo analizador de gases está gobernado a través de un microcontrolador 80C31. La operación del módulo puede darse de 5 formas que son:

- Modo de operación de inicialización
- Modo de operación normal
- Modo de operación de espera
- Modo de operación de sistema fallido
- Modo de programación

Sin embargo para fines prácticos, lo correspondiente a la calibración y al modo de programación del módulo se realizará solo cuando el equipo lo requiera y esto se llevará a cabo en el laboratorio.

El software solo considera la inicialización del equipo, ésta se da después de que se enciende el módulo o se aplica un reset, el periodo que esperamos antes de poder ejecutar cualquier instrucción es de 20 segundos.

Posteriormente se estará trabajando bajo el modo de operación normal, dentro de este modo se tienen diferentes comandos bajo los cuales puede trabajar el

analizador, sin embargo para fines prácticos únicamente se programaron los comandos correspondientes a:

- * *DATA / STATUS*
- * *ZERO / O₂ SPAN CALIBRATION*
- * *PUMP ON/OFF*

Éstos serán los únicos comandos que se programarán para el uso del módulo analizador de gases.

La banca cuenta con un protocolo de comunicación, el sistema transmite comandos al analizador 6600 como una serie de bytes definidos por el sistema.

El sistema debe esperar en respuesta un análisis conocido (analyzer acknowledge ACK) o un análisis desconocido (negative acknowledge NAK) antes de transmitir un comando. En el analizador 6600 las respuestas de ACK / NAK son transmitidas dentro de los 2 segundos de transmisión de un comando al sistema. Para transmisión de datos continuos, los tiempos de respuesta del ACK / NAK aplican a la primera respuesta del ACK.

El 6600 responde a la transmisión del sistema de la siguiente manera:

| COMANDO | DESCRIPCION |
|-------------|---|
| ACK | El comando ha sido recibido y será realizado. Si el formato es correcto, el comando es reconocido, el comando es permitido, el checksum es correcto, y una condición de error no existe. El código ASCII para el ACK es \$06. |
| NAK | El comando no puede ser ejecutado. La respuesta del NAK incluye un código de error especificando por que el comando no puede ser ejecutado. El código ASCII para el NAK es \$15. |
| No response | Los bytes de datos son recibidos pero no encuentra los criterios validos para un comando valido y no existe ninguna acción o respuesta del 6600. |

Tabla de respuesta del 6600

Los comandos de sistema consisten de cuatro o más bytes, tienen el formato siguiente:

| DID-LB-CMD-[DF]-CS | |
|--------------------|--|
| DID | El número de identificación del dispositivo. El 6600 DID es \$02. Cada comando excepto \$26, \$27 y \$28 inician con el byte \$02 DID. El DID es considerado como un indicador de "inicio de texto". EL DID para comandos en modo boot (\$26,\$27,\$28) es \$22. |
| LB | La especificación de la longitud de byte excepto el byte de checksum |
| CMD | El código del comando |
| [DF] | Un campo de datos que varia en tamaño de comando a comando. No todos los comandos contienen un campo de datos. |
| CS | El byte checksum, el cual puede ser usado para verificar que el comando ha sido recibido con error. El checksum es determinado por lo siguiente: $CS = \text{not}(DID + LB + CMD + [DF]) + 1$ Esto es equivalente a un módulo 256, complemento a 2 de la suma de los bytes en el comando. |

Formato de comando de sistema

| ACK-CMD-LB-[DF]-CS | |
|--------------------|--|
| ACK | El conocimiento de que un comando ha sido recibido y será realizado. El código ASCII para ACK es \$06 |
| CMD | el código del mando(de la orden) siendo respondido |
| LB | La especificación de la longitud del byte, excluyendo el byte de checksum |
| [DF] | Un campo de datos que varía en longitud de la respuesta de ACK a la respuesta de ACK. No cada respuesta del ACK contiene un campo de datos. |
| CS | El byte checksum, el cual puede ser usado para verificar que el comando ha sido recibido con error. El checksum es determinado por lo siguiente: $CS = \text{not}(ACK + CMD + LB + [DF]) + 1$ Esto es equivalente a un módulo 256, complemento a 2 de la suma de los bytes en el comando. |

Formato de respuesta de ACK

| NAK-CMD-LB-EC-CS | |
|------------------|--|
| NAK | El conocimiento negativo de que un comando ha sido recibido con error de formato pero no puede ser ejecutado. El código ASCII para NAK es \$15 |
| CMD | el código del mando(de la orden) siendo respondido |
| LB | La especificación de la longitud del byte, excluyendo el byte de checksum (\$01) |
| EC | El código de error indicando por que el comando no puede ser ejecutado |
| CS | El byte checksum, el cual puede ser usado para verificar que el comando ha sido recibido con error. El checksum es determinado por lo siguiente: $CS = \text{not}(NAK + CMD + LB + EC) + 1$ Esto es equivalente a un módulo 256, complemento a 2 de la suma de los bytes en el comando. |

Formato de respuesta de NAK

| NAK ERROR CODE | Descripción del código de error NAK | Comandos asociados |
|----------------------|--|--|
| \$00 | Sistema fallido | \$02, \$03, \$09, \$09A |
| \$01 | Valor de dato ilegal | \$01, \$03, \$09 |
| \$02 | No permitido en este momento, modo standby, modo startup, proceso en progreso | \$02, \$03, \$09, \$0A |
| \$03 | Problema del sistema | \$02 |
| \$10 | Mala longitud del comando | \$01, \$02, \$03, \$04, \$05, \$06, \$07, \$08, \$09, \$0A, \$25, \$F0 |
| \$41 | Borrado de memoria Flash fallido | \$26 |
| \$42 | Escritura de memoria Flash fallida | \$27 |
| \$43 | Descarga no iniciada en memoria Flash | \$27 |
| \$44 | No permitido en este momento modo de programa activo | \$01, \$02, \$03, \$04, \$05, \$06, \$07, \$08, \$09, \$0A |
| \$49 | Calibración Zero incorrecta (no exactamente una calibración zero desde inicio) | \$58 |
| \$FF | Mal comando | \$01, \$02, \$03, \$04, \$05, \$06, \$07, \$08, \$09, \$0A, \$25, \$F0 |

Tabla de Códigos de error NAK

Una descripción detallada de la sintaxis de los comandos del 6600, funciones, y definición de los parámetros se muestra en la siguiente tabla:

| Código del Comando (Hex) | Nombre del comando | Código de error asociado a NAK |
|--------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| \$00 | Data/Status | \$01, \$10, \$44, \$FF |
| \$01 | Zero/O ₂ Span Calibration | \$00,\$02, \$03, \$10, \$44, \$FF |
| \$02 | Span Calibration | \$00,\$01, \$02, \$10, \$44, \$FF |
| \$03 | ID del sistema | \$44, \$10, \$FF |
| \$04 | Miscellaneous Data | \$44, \$10, \$FF |
| \$05 | Bombas On/Off | \$02, \$10, \$44, \$FF |
| \$08 | Dispositivo de control | \$10, \$44, \$FF |
| \$09 | Reset Span | \$00,\$01, \$02, \$10, \$44, \$FF |
| \$0A | Nuevo sensor NO _x | \$00,\$02, \$10, \$44, \$FF |
| \$25 | Iniciar en modo boot | \$10, \$FF |
| \$26 | Iniciar descarga en Flash | \$41 |
| \$27 | Escribir memoria Flash | \$42, \$43 |
| \$28 | Termino de descarga en Flash | NINGUNO |
| \$58 | Caracterizar warmup | \$10, \$49, \$FF |
| \$F0 | Reset | \$10, \$FF |

Set de Comandos

| | |
|----------------------|---|
| Comando | \$01 - Data/Status |
| Formato de Comando | \$02-\$03-\$01-DR-DT-CS |
| Formato ACK | \$06-\$01-\$10-\$STAT1-STAT2-STAT3-STAT4-CO ₂ 1-CO ₂ 2-CO ₁ -CO ₂ -HC1-HC2-HC3-HX4-O ₂ 1-O ₂ 2-NO _x 1-NO _x 2-CS |
| Formato NAK | \$15-\$01-\$01-EC-CS |
| Códigos de error NAK | \$01 = Valor de dato ilegal \$10 = Mala Longitud de comando \$44 = No permitida en este momento;boot programa modo activo \$FF = Comando erroneo |

Definición del comando Data/Status

\$01 - Data/Status, que tiene como función activar el host para especificar la forma de transmisión de datos (data rate DR) y el tipo de datos (data type DT), identificar el sistema, datos, y problemas así como definir las concentraciones de CO₂, CO, HC, O₂ y NO_x.

| Valor del byte DR | Funcion del comando \$01 Data/Status |
|-------------------|--|
| \$00 | Detener transmisión continua de \$01 data y status |
| \$01 | Transmitir un paquete de \$01 data y status |
| \$02 | Iniciar transmisión continua de \$01 data y status |
| \$03-\$FF | Reservado |

Especificaciones del byte DR

| Valor del byte DT | Funcion del comando \$01 Data/Status |
|-------------------|---|
| \$00 | Datos del canal HC reportados como HC (n-hexano) |
| \$01 | Datos del canal HC reportados como propano usando unidades especificas PEF esto es correcto para temperatura |
| \$02-\$FF | Reservado |

Especificaciones del byte DT

En la tabla de abajo se muestra la definición de los bytes del STAT

Byte STAT1

| Bit o nombre del campo | Byte-Bit | Bit de Status concentrac y comentarios |
|--|-----------|--|
| Status del sistema | STAT1-7,6 | <p>00 = Modo de operación normal</p> <p>01 = Modo de operación de inicio. El modo de inicio la duración es de aproximadamente 20 segundos (en un inicio frío) o aproximadamente 10 segundos (transición del modo de standby a modo normal)</p> <p>10 = Modo standby. Durante el modo standby, la bomba y la fuente IR son puestas en OFF.</p> <p>1) 2 minutos después de POR (power on reset) si el dato es continuo (\$01-DR = \$02) no es puesto en un paquete sencillo de datos (\$01 -DR = \$01) esto no es respondido.</p> <p>2) 2 minutos después de la transmisión de un paquete continuo es parado (\$01-DR = \$00) y un paquete de datos sencillo (\$01-DR = \$01) no es requerido. Modo Standby es terminado cuando un dato continuo (\$01-DR = 02) o un paquete de datos sencillo (\$01-DR = \$01) es requerido. Cuando el modo standby es terminado, el 660 entra en modo de inicio. Note que la transmisión de datos continuo (\$01-DR = \$02) es el medio primario para controlar la operación de las bombas.</p> <p>11 = Sistema fallido. El sistemas es puesto en fallido si cualquiera de las siguientes condiciones es verdadera:</p> <p>1) Error de prueba (amplificador de ganancia incorrecta a POR)</p> <p>2) ADC error de adquisición de datos</p> <p>3) IR error fuente (lámpara dañada, voltaje de lámpara bajo)</p> <p>4) Error de memoria Flash (borrado fallido, escritura fallida, dato corrupto)</p> |
| Respuesta Zero | STAT1-5 | <p>0 = Calibración Zero no requerida</p> <p>1 = Calibración Zero requerida. Una o mas de las siguientes condiciones es verdadera:</p> <p>1) Transición de inicio a modo de operación normal</p> <p>2) Expiración de los 30 minutos de tiempo de intervalo de calibración zero</p> <p>3) Cambio significativo en la temperatura de fuente IR</p> <p>4) Cambio significativo en el detector de temperatura de IR</p> <p>5) ADC error en rango de entrada en uno o mas canales IR (CO2, CO, HC, referencia)</p> |
| Proceso en progreso | STAT1-4 | <p>0 = Calibración zero o span no en progreso</p> <p>1 = Calibración zero o span en progreso</p> |
| | STAT1-3,2 | Reservado |
| Bomba On/Off | STAT1-1 | <p>0 = bomba puesta en OFF</p> <p>1 = bomba puesta en ON</p> |
| Tipo de dato HC | STAT1-0 | <p>0 = Canal HC, concentración reportada en HC (n-hexano)</p> <p>1 = Canal HC, concentración reportada en propano</p> |
| Cualquier status el bit lsitado como reservado es regresado como "0" | | |

Especificaciones del byte STAT1 del sistema de STATUS

Byte STAT2

| Bit o nombre del campo | Byte-Bit | Bit de Status Definición y comentarios |
|--|-----------|---|
| CO2Data | STAT2-7,6 | 00 = CO2 Canal operación normal 01 = CO2 dato inválido. 10 = CO2 span fallido. El nuevo span CO2 contiene diferencias por >30% del valor de fábrica 11 = CO2 zero fallido. Durante calibración zero (1) el CO2 o referencia no puede ser puesto o (2) la salida del flujo por defecto es verdadero (STST4-3 = 1) |
| CO Data | STAT2-5,4 | 00 = CO Canal operación normal 01 = CO dato inválido. 10 = CO span fallido. El nuevo span CO contiene diferencias por >30% del valor de fábrica 11 = CO zero fallido. Durante calibración zero (1) el CO o referencia no puede ser puesto o (2) la salida del flujo por defecto es verdadero (STST4-3 = 1) |
| HC Data | STAT2-3,2 | 00 = HC Canal operación normal 01 = HC dato inválido. 10 = HC span fallido. El nuevo span HC contiene diferencias por >30% del valor de fábrica 11 = HC zero fallido. Durante calibración zero (1) el HC o referencia no puede ser puesto o (2) la salida del flujo por default es verdadero (STST4-3 = 1) |
| O2Data | STAT2-1,0 | 00 = O2 Canal operación normal 01 = O2 dato inválido. Sistema fallido es verdadero (STAT1-7,6 = 11) 10 = O2 span fallido. Salida del flujo por default es verdadera (STST4-3 = 1) 11 = O2 zero fallido. Salida del flujo por default es verdadero (STST4-3 = 1) |
| Cualquier status el bit listado como reservado es regresado como "0" | | |

Especificaciones del byte STAT2 del sistema de STATUS

Byte STAT3

| Bit o nombre del campo | Byte-Bit | Bit de Status Definición y comentarios |
|--|-----------|---|
| NOxData | STAT3-7,6 | 00 = NOx Canal operación normal 01 = NOx dato inválido. Una o más de las siguientes condiciones es verdadera: 1) Sistema por default (STAT1-7,6 = 11) 2) NOx sensor de temperatura fuera de rango 10 = Reservado 11 = NOx zero fallido. Salida del flujo por default (STAT4-6 =1) detectada durante la última calibración zero |
| O2Data | STAT3-5,0 | Reservado |
| Cualquier status el bit listado como reservado es regresado como "0" | | |

Especificaciones del byte STAT3 del sistema de STATUS

Byte STAT4

| Bit o nombre del campo | Byte-Bit | Bit de Status Definición y comentarios |
|--|-----------|--|
| En flujo default | STAT4-7 | 0 = Sistema normal de muestra IN FLOW ok 1 = Entrega de la muestra del sistema IN FLOW por defecto. InFlow es dado por alguna de las siguientes pruebas: 1) El voltaje del controlador de la bomba es mayor como un límite residente de la memoria flash 2) Flujo inestable después de cambiar el estado de la bomba (ON - OFF o OFF - ON) 3) Control pérdida de flujo por mas de 4 segundos |
| Nuevo sensor NOx requerido | STAT4-6 | 0 = Salida normal del sensor NOx después de encendido o reset, calibración del NOx span, y reemplazo del sensor. 1 = salida baja del sensor NOx. Después de la realización de calibración de span, la escala de salida del sensor ha caído por $\geq 20\%$ desde la instalación. El sensor de NOx debe ser reemplazado cuanto antes. |
| Nuevo sensor O2 requerido | STAT4-5 | 0 = Salida normal del sensor de O2 después de la calibración durante la ejecución del comando de calibración \$O2 zero /O2 span. 1 = Salida baja del sensor de O2. Durante la ejecución de \$O2 zero / O2 span la salida del sensor de O2 (en la presencia del cuarto de aire, 20.9% de O2) es menor o igual a 5 milivolts. El sensor de O2 debe reemplazarse cuanto antes. |
| Señal perdida de IR | STAT4-4 | 0 = Señal de IR correcta 1 = Señal de IR perdida o débil. La celda de muestra o la ventana puede estar sucia. |
| Salida de flujo por defecto | STAT4-3 | 0 = Muestra del sistema normal salida del flujo correcto. 1 = Muestra del sistema fallida. |
| Rango de salida de temperatura ambiente | STAT4-2 | 0 = Temperatura ambiente correcta (0 a 50° C) 1 = Temperatura ambiente fuera del rango. La presión medida puede ser afectada. |
| | STAT4-1,0 | Reservado |
| Cualquier status el bit listado como reservado es regresado como "0" | | |

Especificaciones del byte STAT4 del sistema de STATUS

Se tiene también la representación de cada uno de los bytes usados en los formatos de respuesta correspondientes a las concentraciones

| | |
|--------------------|--|
| CO21, CO22 | El byte CO21 y CO22 representan un entero de 16 bits, reporta la concentración de CO2 calculada. Co21 es el byte mas significativo. El dato de CO2 es reportado en centésimas de por ciento de volumen. |
| CO1, CO2 | El byte CO1 y CO2 representan un entero de 16 bits, reporta la concentración de CO calculada. CO1 es el byte mas significativo. El dato de CO es reportado en miles de por ciento de volumen. |
| HC1, HC2, HC3, HC4 | Los bytes HC1 hasta HC4 representan un entero de 32 bits, reporta la concentración de HC calculada. Si el valor de DT es \$01, el canal de Hc reporta la concentración calculada en propano incluyendo la temperatura corregida. El HC1 es el byte mas significativo. Los datos de HC son reportados en ppm (partes por millón) del porcentaje de volumen. |
| O21, O22 | El byte O21 y O22 representan un entero de 16 bits el valor reporta la concentración calculada de O2. El O21 es el byte mas significativo. El dato O2 es reportado en centésimas de por ciento de volumen |
| NOX1, NOX2 | El byte NOx1 y NOx2 representan un entero de 16 bit, el valor reporta la concentración de NOx. NOx1 es el byte mas significativo. Los datos de Nox es reportado en ppm. |

Otro comando usado en la banca es el \$02 - Zero / O2 Span Calibration, que tiene la función de calibrar los canales de CO₂, CO, HC, O₂ y NO_x.

En la tabla siguiente se muestra el formato del comando, así como la equivalencia de su contenido.

| | |
|------------------------|---|
| Comando | \$02 - Zero / O2 Span Calibration |
| Formato de comando | \$02-\$02-\$02-PT-CS |
| Formato ACK | \$06-\$02-\$00-CS |
| Formato NAK | \$15-\$02-\$01-EC-CS |
| Código de error de NAK | \$00 = Sistema fallido \$02 = No permitido en este momento \$03 = Problema con la entrega de la muestra \$10 = Mala Longitud del comando \$44 = No permitido en este momento; programa boot en modo activo \$FF =Comando erróneo |

Definición del comando Zero/O₂ Span Calibration

El comando \$02 Zero/O₂ Span Calibration funciona con las siguientes funciones:

Zero calibración de los canales CO, HC, CO₂, y NO_x

Calibración de Span de el canal O₂

PT El byte de tiempo de Purga (PT purge time) es usado para alargar la porción estándar de purga del ciclo de calibración de “zero”. La ejecución del comando \$02 siempre incluye mezclado un tiempo de purga de 6 segundos. PT incrementa el tiempo de purga por 1 segundo por unidad de PT.

Zero Calibration \$01-STAT1-4 (proceso en progreso) es verdadero durante el funcionamiento de un comando \$02 Zero/O₂ Span Calibration.

Reportando las fallas de una calibración Zero. Si el comando \$02 Zero/O₂ Span Calibration falla, un o más de los siguientes bits de estado puede ser verdadero:

| Gas | Errores en Zero / O ₂ Span Calibración | |
|-----------------|---|--|
| CO ₂ | STAT2-7,6 = 11 | CO ₂ Zero fallido |
| CO | STAT2-5,4 = 11 | CO Zero fallido |
| HC | STAT2-3,2 = 11 | HC Zero fallido |
| O ₂ | STAT2-1,0 = 11 STAT2-1,0 = 10 | O ₂ Zero fallido O ₂ Span fallido |
| NO _x | STAT3-7,6 = 11 | NO _x Zero fallido |

Tabla de condiciones

El comando \$07 Pump On/Off explícitamente, pone en ON o en OFF a la bomba interna neumática del 6600.

El formato del comando es el siguiente

| | |
|------------------------|---|
| Comando | \$07 - Control de dispositivo |
| Formato de comando | \$02-\$03-\$07-PC-CS |
| Formato ACK | \$06-\$07-\$01-PS-CS |
| Formato NAK | \$15-\$07-\$01-EC-CS |
| Código de error de NAK | \$02 = No permitido en este momento \$10 = Mala longitud del comando \$44 = No permitido en este momento, programa boot modo activo \$FF = Comando erróneo |

Definición del comando \$07 – Pump On/Off

En donde:

PC (pump Control) El valor del byte PC especifica el estado de la bomba

PC = \$00 Pone la bomba en OFF

PC = \$01 Pone la bomba en ON

PC = \$02 No cambia el estado de la bomba

PS (pump state) El valor del byte PS reporta el estado actual de la bomba

PS = \$00 Bomba OFF

PS = \$01 Bomba ON

Así es como se definen cada uno de los comandos del analizador, cabe mencionar que éstos no son todos los comandos, sin embargo si son los usados dentro de éste proyecto.

Por otra parte, se tiene el software que gobierna a la banca analizadora así como a los diferentes dispositivos que interactúan con la misma.

VI.1.1 Elementos que conforman el software

El software esta compuesto por pequeñas rutinas que permiten la interacción del módulo analizador con la tarjeta de adquisición de datos, las rutinas que conforman el software son la de inicialización, atención al teclado, almacenamiento de datos, uso de display y conversión de datos.

VI.1.1.1 Rutina de atención al teclado

Se trata de un teclado matricial, para hacer uso de éste teclado se redefinieron las teclas según la conexión que se realizó.

A través de una interrupción es como vamos a poder obtener los datos del teclado, este dato será almacenado en un acumulador del 80C31 para poder hacer uso de éste posteriormente.

A continuación se muestra la redefinición del teclado así como la interrupción usada para la lectura del teclado.

```
*****TECLADO*****
;
```

```
DEDOS: ; TABLA DE RECODIGO DEL TECLADO
```

```
INC A
MOVC A,@A+PC
RET
DB 7FH ; TECLA ARR IZQ
DB 31H ; TECLA 1
DB 34H ; TECLA 4
DB 37H ; TECLA 7
DB 5DH ; TECLA ARRIBA
DB 32H ; TECLA 2
```

```
DB 35H ; TECLA 5
DB 38H ; TECLA 8
DB 7EH ; TECLA ARR DER
DB 33H ; TECLA 3
DB 36H ; TECLA 6
DB 39H ; TECLA 9
DB 23H ; TECLA #
DB 30H ; TECLA 0
DB 3FH ; TECLA ?
DB 2AH ; TECLA *
```

```
***** INTERRUPCION EXTERNA 0 *****
```

TECLA:

```
MOV  R2,P1      ; GUARDA CONTENIDO DE P1
MOV  R3,A       ; GUARDA CONTENIDO DE A
MOV  P1, #0FH   ; SE PONE P1 EN 1'S
CLR  P3.5       ; SE HABILITA SALIDA DE TECLADO
MOV  A , P1     ; LECTURA DE PUERTO
ANL  A , #0FH
LCALL DEDOS
MOV  @R1, A     ; GUARDA DATO EN DONDE APUNTA R0
SETB P3.5      ; SE DESHABILITA SALIDA DEL TECLADO
MOV  P1,R2      ; DEJA A P1 COMO LO ENCONTRO
MOV  A,R3       ; DEJA AL ACUMULADOR COMO LO ENCONTRO
RETI
```

VI.1.1.2 Rutina de control de display de cristal líquido programable

El AND491 es un dispositivo LCD, contiene en su tarjeta un circuito controlador HD44100H. Éste dispositivo puede mostrar 2 líneas de 16 caracteres (números, letras y símbolos).

La rutina básica para la activación del Display es la siguiente

1. Activar Display
2. Limpiar el Display
3. Activa la Línea 2 del Display
4. Coloca el cursor en la posición original
5. Muestra leyenda de "LISTO"

En éste momento podremos introducir una instrucción para el módulo analizador.

La rutina del Display se muestra a continuación

```
.,***** INICIALIZACION DISPLAY *****
```

INICIA:

```

CLR  P3.3
CLR  P3.4
MOV  P1,#01H ; FUNCTION LIMPIAR PANTALLA
SETB P3.4
LCALL ENABLE
MOV  P1,#0FH ; FUNCTION INICIALIZA
SETB P3.4
LCALL ENABLE
MOV  P1,#38H ; FUNCTION ACTIVA 2 SEGMENTO
SETB P3.4
LCALL ENABLE
MOV  A,#00H

```

```
MOV R1,#11H ; APUNTA A LOCALIDAD DE MEMORIA 11
MOV @R1,#00H ; PONE EN CERO LA LOCALIDAD DE MEMORIA 11
RET
```

VI.1.1.3 Administración de interrupciones

En la familia del 80CXX hay 5 posibles fuentes de interrupción:

- Dos interrupciones externas, que se programan según convenga para trabajar con niveles lógicos o con flancos de bajada.
- Los *timers* T0 y T1, cuando se produce un desbordamiento en sus registros.
- El puerto serie, tanto en recepción como en transmisión.

Activación de la interrupción

Cada fuente de interrupción puede ser activada o desactivada de forma individual por un bit 1 o un 0 lógico en el registro IE (interrupt enable), éste registro también contiene un bit para deshabilitar de forma global todas las interrupciones.

Prioridad de interrupciones

Cada interrupción puede ser programada individualmente a uno de los dos niveles de prioridad, alta o baja, a través de un 1 o un 0 lógico en el registro IP (interrupt priority).

Una interrupción de prioridad baja puede ser interrumpida por una interrupción de prioridad alta, pero no por otra interrupción de baja prioridad. Una interrupción de prioridad alta no puede ser interrumpida por ninguna otra interrupción.

Si dos interrupciones de diferente prioridad son recibidas simultáneamente, se atiende a la de alta prioridad, si las interrupciones son de la misma prioridad, de forma interna se realiza una secuencia para determinar cual será atendida.

En este caso la interrupción externa se presenta con el uso del teclado y una interrupción serial para el envío de datos de la tarjeta a la PC.

VI.1.1.4 Comunicación serial

La comunicación de datos se ocupa del intercambio de información codificada digitalmente entre dos terminales. En cualquier sistema digital la pérdida o alteración de un bit de información puede ser crucial, por eso se deben tomar las precauciones necesarias para evitar la alteración.

Dentro de un equipo las distancias entre las subunidades y por tanto las longitudes de los alambres con que se conectan son cortas. Por ésta razón es práctica normal transferir datos a través de un alambre individual para llevar cada uno de los bits de una palabra. Esto significa que las unidades se conectan con múltiples alambres y se dice que los datos se intercambian mediante un modo de transferencia paralela este modo implica un retardo mínimo en la transferencia de cada palabra.

Cuando se transfiere información entre dos equipos separados físicamente, por razones de costo se usa un solo par de líneas, la transmisión se realiza generalmente carácter a carácter utilizando códigos binarios. Otras veces la información que se transmite en unidades de información denominadas palabras. Eventualmente puede existir una línea adicional de reloj que marca los tiempos de bit. (ver figura VI.1)



Figura VI.1 Bloque de transmisión

Sincronización de mensaje. En un sistema de comunicaciones generalmente las informaciones se transmiten en bloques de caracteres. Por sincronización del mensaje entendemos el mecanismo por el cual un conjunto de palabras es interpretado correctamente.

El conjunto de reglas (protocolo) que permite interpretar correctamente los mensajes suele estar controlado por un software que ejecuta el ordenador, aunque actualmente hay ciertos circuitos integrados LSI que efectúan alguna de éstas tareas.

Para obtener la sincronización de carácter pueden utilizarse diversos sistemas unos se basan en la utilización de líneas adicionales a las de datos para enviar impulsos que indican el inicio de un bloque de caracteres. Tal impulso identifica el primer bit del primer carácter de un bloque o mensaje, y luego, por conteo de bits y caracteres se denominan todas las fronteras de los datos del bloque.

Otros sistemas utilizados en los sistemas de comunicaciones serie son:

Asíncrona: Cada carácter va señalado mediante dos bits, uno al principio, bit de arranque, y otro al final, bit de parada. Estos bits permiten reconocer las fronteras de los caracteres.

Síncrono: Cada mensaje o bloque de transmisión va precedido por unos caracteres de sincronismo. Cuando el receptor identifica una configuración de bits igual a la de los dos caracteres de sincronismo, da por detectado el inicio de los

datos y a continuación, por conteo de bits y caracteres identifica todos los caracteres del bloque.

La comunicación entre terminales se hace utilizando líneas o canales de transmisión que pueden ser:

Simplex, cuando son capaces de transmitir información en un solo sentido.

Semiduplex (half – duplex), cuando son capaces de transmitir información en ambos sentidos pero no de forma simultánea.

Duplex (full – duplex), cuando son capaces de transmitir simultáneamente información en ambos sentidos.

Método asíncrono

La transmisión en asíncrono se basa en las siguientes reglas.

- a) cuando no se envían datos por la línea ésta se mantiene en estado 1
- b) cuando se desea transmitir un carácter se envía primero un bit de inicio, que pone la línea a cero durante el tiempo de 1 bit.
- c) A continuación se envían todos los bits del carácter a transmitir con los intervalos del reloj de transmisión
- d) A continuación del último bit del carácter se envía el bit de final que hace que la línea se ponga a 1 por lo menos durante el tiempo de 1 bit.

Método síncrono

En este método en vez de añadirse bits de sincronismo a cada palabra, lo que se hace es añadir caracteres de sincronismo a cada bloque de datos.

Los caracteres se transmiten en serie bit a bit y sin ninguna separación entre una y otra, no obstante, delante de cada bloque de datos se colocan unos caracteres de

sincronismo que sirven al receptor para la sincronización de carácter, es decir conocer fronteras.

La sincronización se consigue normalmente cuando una señal externa de reloj, la sincronización de bit queda resuelta de esta forma.

VI.1.1.5 Rutina de control del módulo analizador de gases

El módulo analizador estará gobernado a través de una serie de rutinas las cuales nos permitirán controlar algunos dispositivos del analizador así como obtener la información que necesitamos sobre las emisiones de los gases adquiridos.

Algunas de estas rutinas se muestran a continuación

CHECA:

```
LCALL INICIA
NOP
CLR P3.3
MOV P1,#RTHD ;RETURN HOME
SETB P3.4
LCALL ENABLE
MOV P1,#KL ; " L "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE
MOV P1,#KI ; " I "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE
MOV P1,#KS ; " S "
```

```
SETB  P3.3
SETB  P3.4
LCALL ENABLE
MOV   P1,#KT   ; " T "
SETB  P3.3
SETB  P3.4
LCALL ENABLE
MOV   P1,#KO   ; " O "
SETB  P3.3
SETB  P3.4
LCALL ENABLE
MOV   P1,#KESP ; " "
SETB  P3.3
SETB  P3.4
LCALL ENABLE
LCALL COMANDOS
JMP   CHECA
```

Con esta pequeña rutina, damos el tiempo necesario para que se inicialicen todos los dispositivos del módulo analizador, así como preparar a nuestro teclado para poder recibir la solicitud de comando del usuario.

Una vez que el dispositivo esta listo y en espera de algún comando dado por el usuario, tenemos las siguientes opciones para el control del analizador.

ESTATUS:

```
MOV   R1,#55H
MOV   SBUF,#02H ; " 02 "
LCALL WAIT
MOV   SBUF,#03H ; " 03 "
```

```
LCALL WAIT
MOV  SBUF,#01H  ; " 01 "
LCALL WAIT
MOV  SBUF,#01H  ; " DR "
LCALL WAIT
MOV  SBUF,#00H  ; " DT "
LCALL WAIT
MOV  SBUF,#0F9H ; " CS "
LCALL WAIT
CLR  P3.3
MOV  P1,#01H   ; FUNCTION LIMPIAR PANTALLA
SETB P3.4
LCALL ENABLE
CLR  P3.3
MOV  P1,#RTHD ; RETURN HOME
SETB P3.4
LCALL ENABLE
MOV  R1,#55H
CICLO2:
MOV  DATX,@R1   ;APOYO DE VARIABLE PARA LA CONVERSION
LCALL CONVERT
LCALL NUMEROS
INC  R1
CJNE R1,#69H,CICLO2
LCALL COMPARE
RET
```

La rutina anterior manda una señal al analizador de gases para comprobar cual es el estado del mismo, en la respuesta del analizador, se puede determinar si

requiere de alguna calibración o si alguno de sus componentes necesita ser reemplazado.

CALIBRA:

```
LCALL DCALIBRA
MOV  SBUF,#02H  ; " 02 "
LCALL WAIT
MOV  SBUF,#02H  ; " 02 "
LCALL WAIT
MOV  SBUF,#02H  ; " 02 "
LCALL WAIT
MOV  SBUF,#00H  ; " PT "
LCALL WAIT
MOV  SBUF,#0FAH ; " CS "
LCALL WAIT
CLR  P3.3
MOV  P1,#01H   ; FUNCTION LIMPIAR PANTALLA
SETB P3.4
LCALL ENABLE
CLR  P3.3
MOV  P1,#RTHD ;RETURN HOME
SETB P3.4
LCALL ENABLE
```

CICLOCA:

```
NOP
CJNE R1,#69H,CICLOCA
CLR  P3.3
MOV  P1,#07H   ;DESPLAZAMIENTO
```

```
SETB  P3.4
LCALL ENABLE
CLR   P3.3
MOV   P1,#18H   ;DESPLAZA DATOS
SETB  P3.4
LCALL ENABLE
MOV   R1,#55H
CICLOCA2:
MOV   P1,@R1
INC   R1
SETB  P3.3
SETB  P3.4
LCALL ENABLE
CJNE  R1,#69H,CICLOCA2
RET
```

Con esta rutina se puede calibrar el equipo, considerando que para ello se tendrá que realizar las conexiones necesarias para ello y como se ha mencionado este proceso solo se llevará a cabo en el laboratorio debido a los elementos requeridos.

PUMPON:

```
CLR   P3.3
MOV   P1,#01H   ; FUNCTION LIMPIAR PANTALLA
SETB  P3.4
LCALL ENABLE
CLR   P3.3
MOV   P1,#RTHD ;RETURN HOME
SETB  P3.4
LCALL ENABLE
```

```
LCALL DPUMPON
MOV  SBUF,#02H  ; " 02 "
LCALL WAIT
MOV  SBUF,#03H  ; " 03 "
LCALL WAIT
MOV  SBUF,#07H  ; " 07 "
LCALL WAIT
MOV  SBUF,#01H  ; " PC DE ENCENDIDO "
LCALL WAIT
MOV  SBUF,#0F3H ; " CS "
LCALL WAIT
CLR  P3.3
MOV  P1,#01H    ; FUNCTION LIMPIAR PANTALLA
SETB P3.4
LCALL ENABLE
CLR  P3.3
MOV  P1,#RTHD  ; RETURN HOME
SETB P3.4
LCALL ENABLE
```

CICLOPUM:

```
NOP
CJNE R1,#69H,CICLOPUM
CLR  P3.3
MOV  P1,#07H    ; DESPLAZAMIENTO
SETB P3.4
LCALL ENABLE
CLR  P3.3
MOV  P1,#18H    ; DESPLAZA DATOS
```

```
SETB P3.4
LCALL ENABLE
MOV R1,#55H
```

CIPUM2:

```
MOV P1,@R1
INC R1
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE
CJNE R1,#69H,CIPUM2
RET
```

PUMPOFF:

```
CLR P3.3
MOV P1,#01H ; FUNCTION LIMPIAR PANTALLA
SETB P3.4
LCALL ENABLE
CLR P3.3
MOV P1,#RTHD ;RETURN HOME
SETB P3.4
LCALL ENABLE
LCALL DPUMPOFF
MOV SBUF,#02H ; " 02 "
LCALL WAIT
MOV SBUF,#03H ; " 03 "
LCALL WAIT
MOV SBUF,#07H ; " 07 "
LCALL WAIT
MOV SBUF,#00H ; " PC DE APAGADO "
```

```
LCALL WAIT
MOV  SBUF,#0F4H  ;" CS "
LCALL WAIT
CLR  P3.3
MOV  P1,#01H    ; FUNCTION LIMPIAR PANTALLA
SETB P3.4
LCALL ENABLE
CLR  P3.3
MOV  P1,#RTHD  ;RETURN HOME
SETB P3.4
LCALL ENABLE
```

CICLOFF:

```
NOP
CJNE R1,#69H,CICLOFF
CLR  P3.3
MOV  P1,#07H    ;DESPLAZAMIENTO
SETB P3.4
LCALL ENABLE
CLR  P3.3
MOV  P1,#18H    ;DESPLAZA DATOS
SETB P3.4
LCALL ENABLE
MOV  R1,#55H
```

CICLOFF2:

```
MOV  P1,@R1
INC  R1
SETB P3.3
SETB P3.4
```

```
LCALL  ENABLE
CJNE   R1,#69H,CICLOFF2
RET
```

Las dos rutinas anteriores permiten tener el control sobre las micro bombas, como lo es el encendido y el apagado de las mismas.

De esta forma se tiene el control del módulo analizador de gases, dentro de los campos de interés, ya que el módulo cuenta con otra serie de comandos que para efecto del proyecto no intervienen.

Para el siguiente capítulo se hace la integración de hardware y software para llevar a cabo las pruebas a las diferentes partes del sistema.

CAPÍTULO VII

INTEGRACIÓN Y PRUEBAS

A continuación el lector podrá verificar el funcionamiento de cada uno de los módulos que conforman el sistema para posteriormente probarlo en conjunto.

VII.1 Pruebas al sistema

Todo el diseño de la tarjeta se realizó en el laboratorio de control de emisiones, esta basado en las especificaciones del microcontrolador así como de las memorias externas.

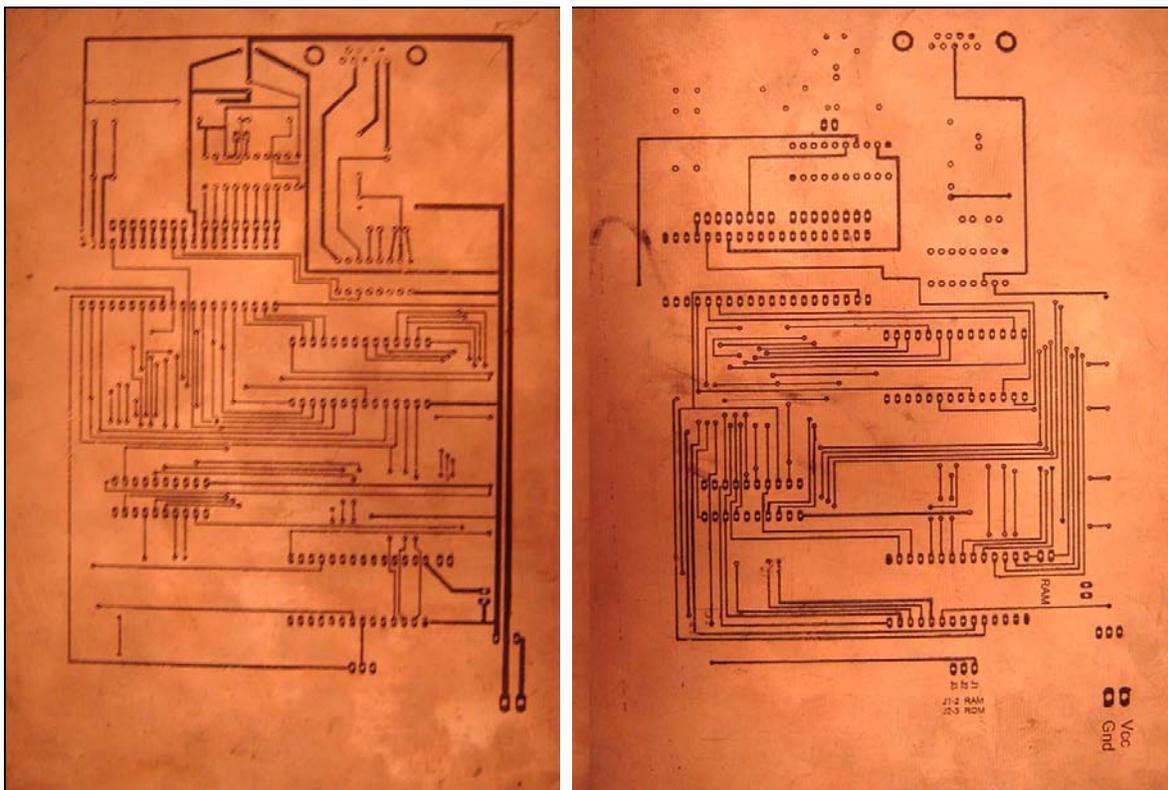


Figura VII.1 Diseño de circuito impreso

Debido a que se quiere implementar en el menor espacio posible se hizo el diseño del circuito impreso por ambas caras de la tarjeta (Ver Figura VII.1).

Una vez listo el circuito impreso se debe verificar la continuidad en las pistas, para descartar cualquier posible ruptura y así evitar fallas en el funcionamiento.

Verificada la continuidad se procede a montar cada uno de los componentes, teniendo cuidado al momento de soldar los componentes para no dañar las pistas.

Una vez instalados los componentes nuestra tarjeta se verá de esta forma

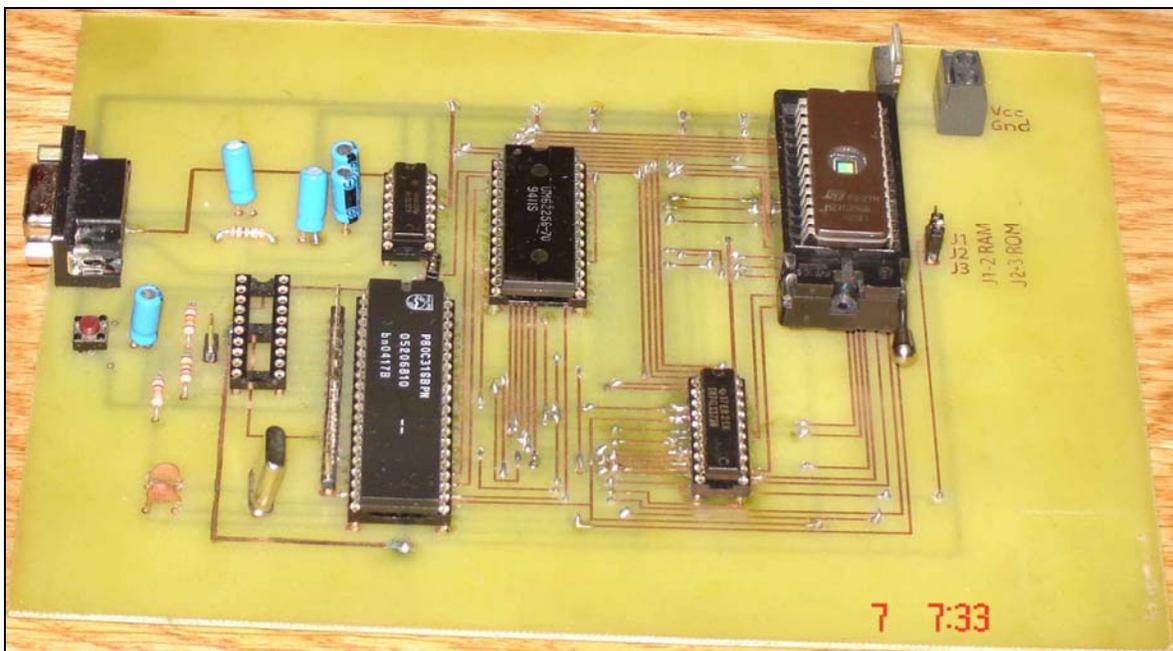


Figura VII.2 Tarjeta de captura de datos

Una vez que se montaron todos los componentes, se procede a realizar una prueba de continuidad nuevamente y se revisa las líneas de alimentación de cada uno de los dispositivos para cerciorarse que las tensiones nominales están llegando a los pines adecuados de los dispositivos.

VII.1.1 Prueba del módulo acondicionador de señales de entrada

Se están usando dispositivos que su tensión nominal es de 5 V por lo que se requiere que el bus de alimentación cumpla con esta característica, se está alimentando al circuito con una batería de 12V DC motivo por el cual se requiere de un regulador de voltaje, para este caso en particular se usa el LM340T5, manufacturado por MOTOROLA, que es un regulador de 5 V, tiene un rango de voltaje de entrada de 5 V a 18 V DC y tiene como voltaje de salida 5 V DC $\pm 4\%$, esto nos garantiza el funcionamiento de todos nuestros dispositivos de la tarjeta de adquisición de datos.

La banca analizadora de gases requiere un voltaje de 9 a 12 V DC para su funcionamiento, es por eso que se usa la batería de 12 V DC para su alimentación. La comunicación de la banca analizadora con la tarjeta de adquisición se realiza a través del puerto RS232 o puerto serie, los datos enviados de la banca a la tarjeta son recibidos en primera instancia por el MAX232 el cual se encarga de convertir a voltajes TTL para que se pueda interactuar con el microcontrolador y con la memoria RAM para almacenar datos.

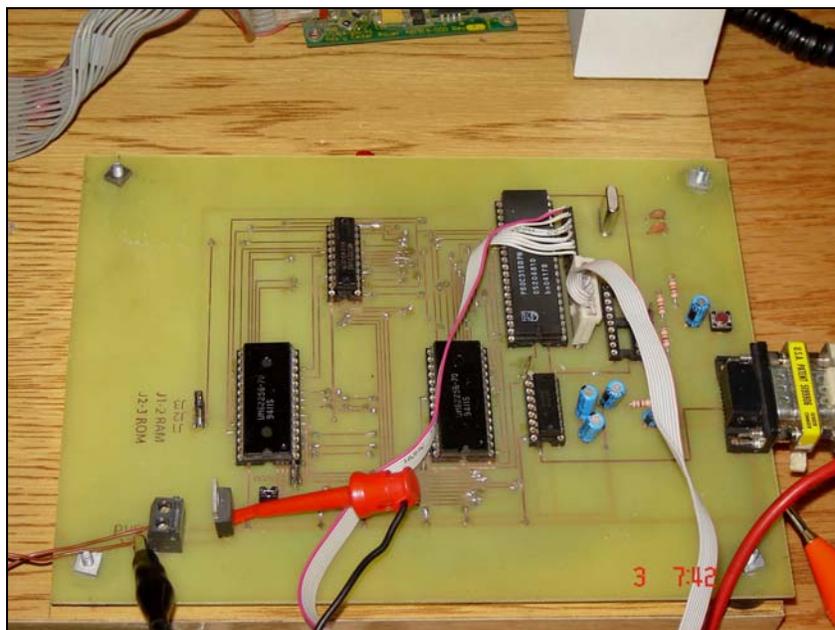


Figura VII.3 Pruebas de comunicación vía puerto serie de PC a tarjeta

Para saber si se establece una comunicación entre la banca y la tarjeta se realizó una prueba con apoyo de una PC de escritorio, se conectó la tarjeta de adquisición de datos junto con la banca analizadora a la PC a través del puerto serie de la misma y con la ayuda de la hyper terminal (software incluido con el sistema operativo Windows en sus diferentes versiones) se envió un paquete de datos para saber si se establecía una comunicación entre la tarjeta y la banca.

De primera instancia la comunicación falló pero después de revisar las velocidad de transmisión de la banca y la velocidad de transmisión programada en el microcontrolador de la tarjeta de adquisición, se encontró una incompatibilidad, es decir se estaba transmitiendo a diferentes velocidades por lo que se estableció la misma velocidad en ambos casos y se envió nuevamente un paquete de información con la hyper terminal y fue así como se logró establecer la comunicación entre ambos.

VII.1.2 Prueba del módulo de dispositivos neumáticos

Con las pruebas realizadas, hasta el momento se tiene establecida una comunicación entre la tarjeta analizadora y el analizador de gases, ahora se prueba la rutina de encendido y apagado de las micro bombas.

Al ejecutar las rutinas obtenemos una respuesta satisfactoria por parte de las micro bombas tanto en el encendido como en el apagado de las mimas.

VII.1.3 Prueba del módulo de filtración

Como parte de las rutinas a usar se tiene la de STATUS, la cual verifica el estado general del analizador de gases, ejecutamos este comando y como respuesta obtenemos que el módulo se encuentra funcionando, de forma implícita se da por hecho que la parte correspondiente a los filtros esta funcionando correctamente

por lo que se da por hecho que el módulo de filtración opera bajo condiciones normales.

VII.1.4 Prueba del módulo de suministro eléctrico

La alimentación de las tarjetas es a través de una batería de 12 V, para probar que tenemos la tensión requerida para los dispositivos verificamos la tensión de salida de los reguladores de voltaje verificando así que tenemos 5 V a la salida de éstos y posteriormente en los pines de alimentación de cada uno de los circuitos integrados.

De esta forma garantizamos que nuestros dispositivos operan con sus tensiones nominales.

VII.1.5 Prueba del módulo de análisis de gases contaminantes

Prácticamente se lleva a cabo una prueba en la cual podemos determinar si el módulo analizador de gases funciona adecuadamente, esto se lleva a cabo a partir de una PC de escritorio conectada a la banca y por medio de una rutina desarrollada en LABVIEW se pone a funcionar la banca analizadora, si después de esto se obtiene algún tipo de error, se verifica según el código de error y se corrige el problema, en este caso lo único que el equipo marcó era una falta de calibración.

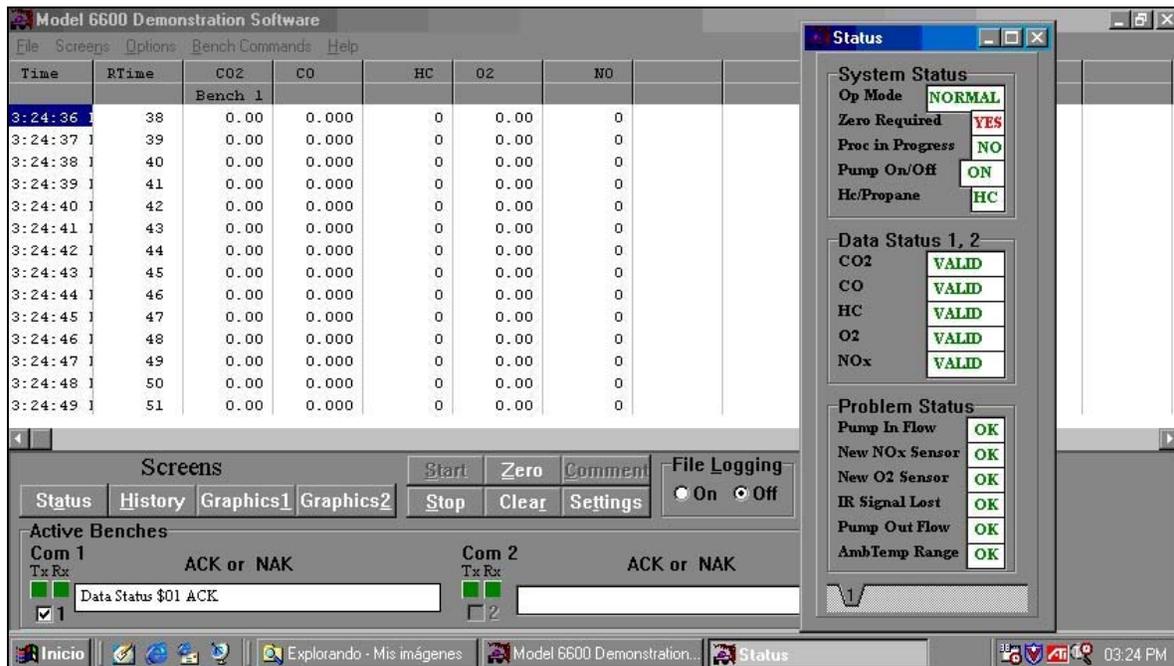


Figura VII.4 Prueba de laboratorio al módulo analizador de gases

Se procedió a realizar la calibración del equipo según el manual

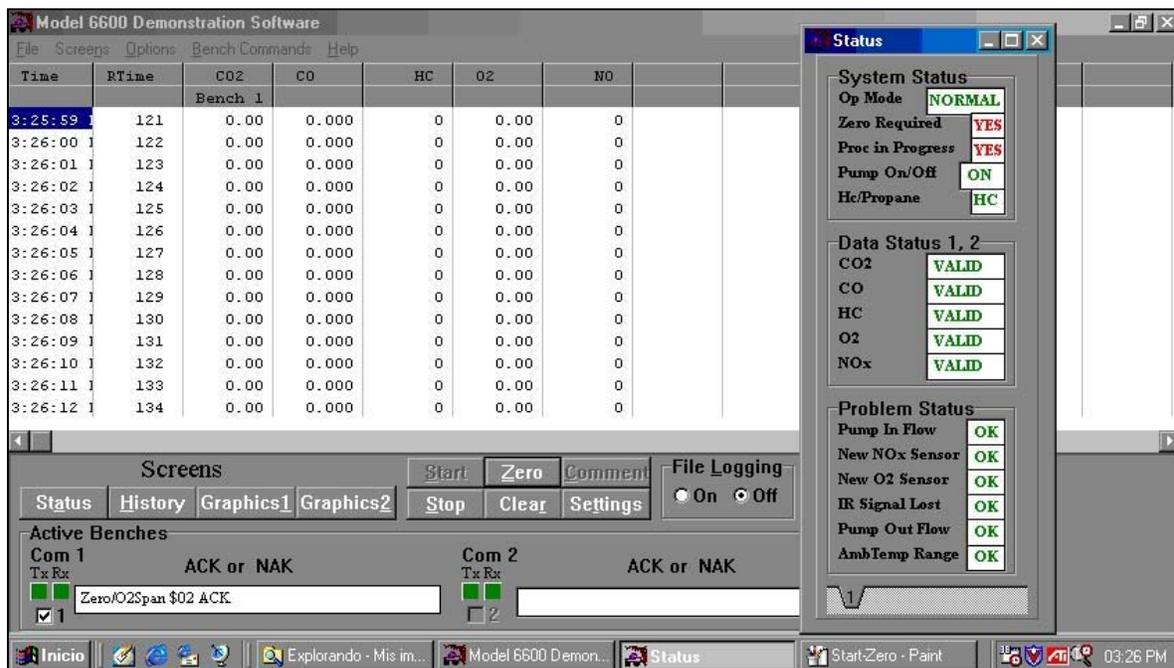


Figura VII.5 Resultados de la prueba y calibración del analizador de gases

y posteriormente se corrió otra prueba solo para verificar que el error estaba corregido, como se aprecia en la figura todo el STATUS aparece en color verde, indicando que la banca funciona correctamente y podemos tomar lecturas de las emisiones de los gases.

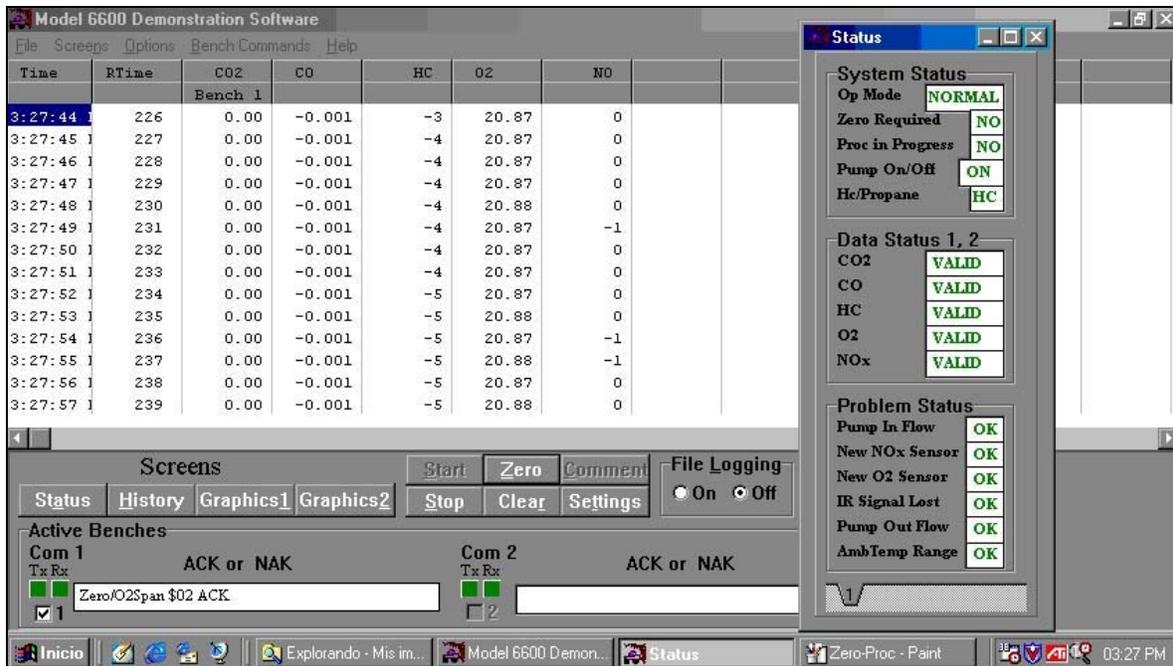


Figura VII.6 Prueba del analizador de gases después de la calibración

VII.1.6 Prueba del módulo central de procesamiento

Ya se comprobó que existe una comunicación entre la tarjeta de adquisición y el módulo analizador de gases, por lo tanto, a partir del teclado se eligió una rutina para saber si se procesa la señal.

En este caso, por ejemplo se envía la instrucción de estatus para comprobar el estado del analizador, éste responde a la instrucción y en display podremos observar cual es el estado del equipo en ese momento.

VII.1.7 Prueba del sistema completo

Ya realizadas las pruebas a cada uno de los módulos que conforman el analizador de gases portátil, se procede a conectar todos los componentes para realizar ahora una prueba del sistema completo.



VII.7 Prueba del equipo completo

Se verifica que exista la alimentación necesaria para energizar todos los componentes usados en el sistema.

Una vez que se verifica que todo ha sido energizado adecuadamente se lleva a cabo la comprobación de comunicación entre módulos, a partir del teclado que se tiene se da la instrucción necesaria para que se corra una prueba de STATUS del

sistema, al tener respuesta de la banca analizadora podemos asegurar que existe comunicación entre los diferentes módulos que conforman el sistema.

De ésta forma estamos comprobamos que existe una comunicación entre los diferentes módulos que conforman el analizador de gases.

VII.1.8 Prueba del sistema a bordo

Una vez que se han realizado las diferentes pruebas a cada uno de los módulos así como al sistema completo, ahora se tiene que implementar el sistema a bordo de un vehículo para ver como funciona este.

En la figura VII.8 se muestra al sistema ya instalado en un vehículo en el cual se pretende realizar una prueba.



VII.8 Prueba del analizador de gases a bordo de un vehículo

De esta forma es como se pretende llevar a cabo la prueba del analizador de gases contaminantes a bordo de un vehiculo.

CONCLUSIONES

Con el desarrollo de este trabajo y según el objetivo principal se puede concluir que:

Se diseñó, armó y probó una tarjeta de adquisición de datos construida con base en las características y especificaciones del microcontrolador 80C31, esta tarjeta puede leer datos y almacenarlos en una memoria externa.

La tarjeta es totalmente compatible con una banca analizadora marca ANDROS modelo 6600, que es un analizador de gases en miniatura, como la banca se rige a través de una serie de comandos se desarrollo el software necesario para establecer una comunicación entre la banca y la tarjeta de adquisición de datos.

Como primera fase del proyecto se recolectaron lecturas de emisiones de gases en el laboratorio, teniendo éxito con la captura de información, esto se comprobó a través de una PC de escritorio y la aplicación de HYPERTERMINAL, software distribuido con el sistema operativo de Microsoft Windows® y dedicado para la comunicación serial a través del puerto de la PC.

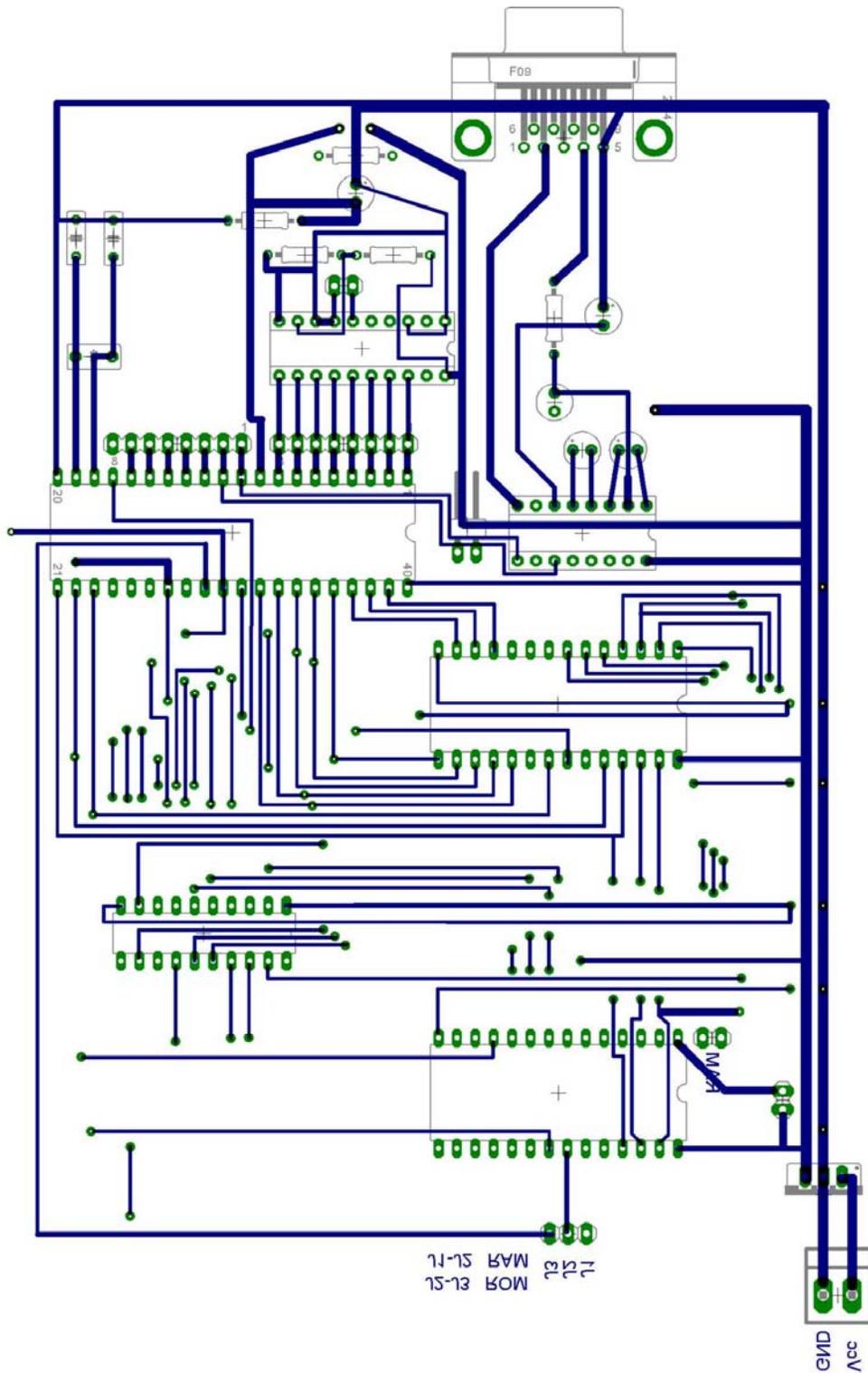
Al montar el equipo en un vehículo se comprobó el ser portátil, sin embargo se puede tomar este diseño para desarrollar un prototipo más pequeño.

Limitaciones del proyecto

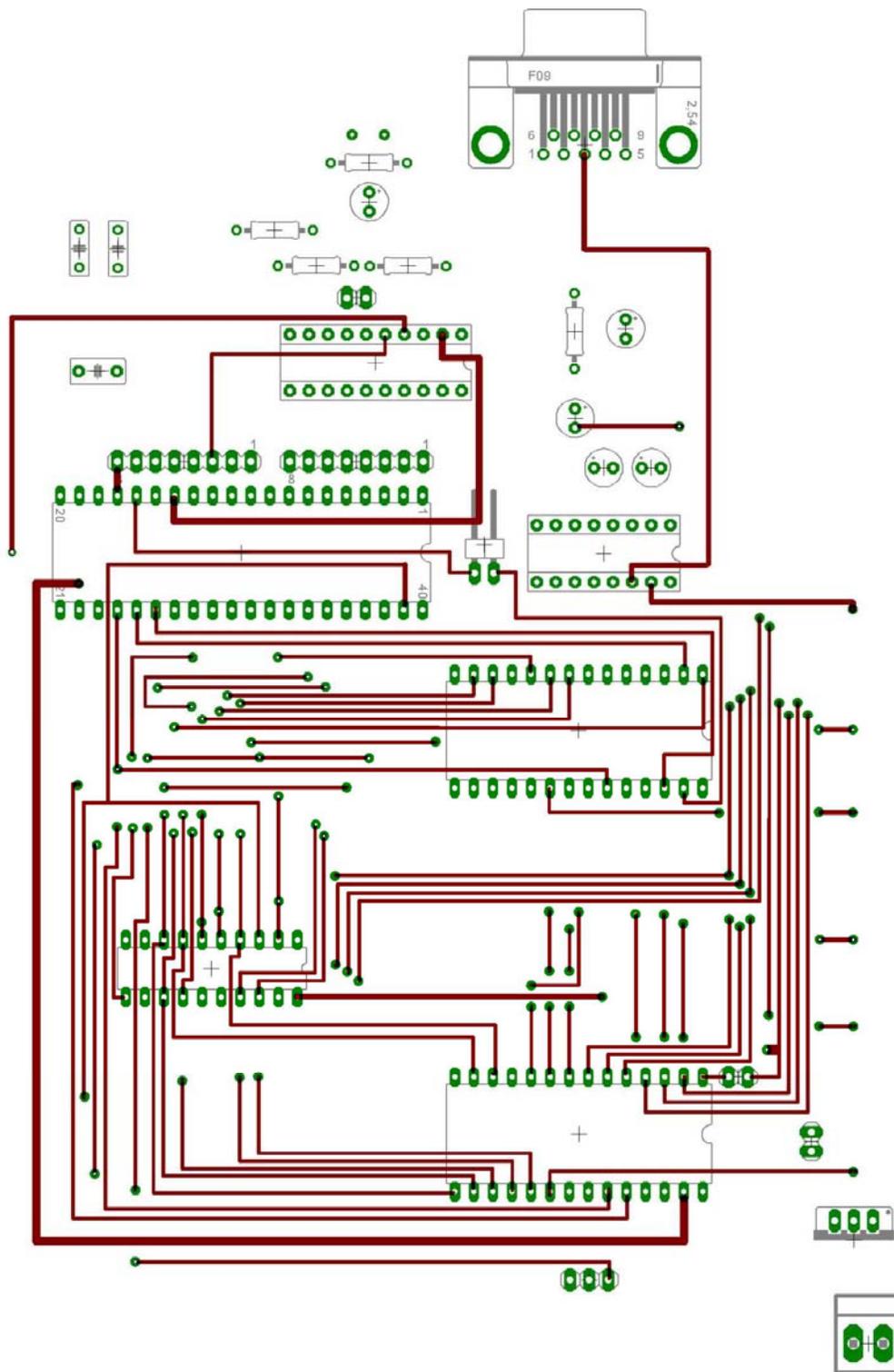
Como la banca analizadora de gases consta de comandos para calibración del equipo y estas calibraciones requieren de ciertas condiciones, estos comandos no fueron incluidos en el software desarrollado ya que toda calibración deberá ser hecha en el laboratorio.

Se propuso un sistema independiente de suministro eléctrico, sin embargo dentro del desarrollo se encontró que la mejor solución a éste problema es conectar el equipo directamente a la batería del vehículo, así se evitaría el cargar con las baterías y no genera problema alguno si se desea cambiar de vehículo.

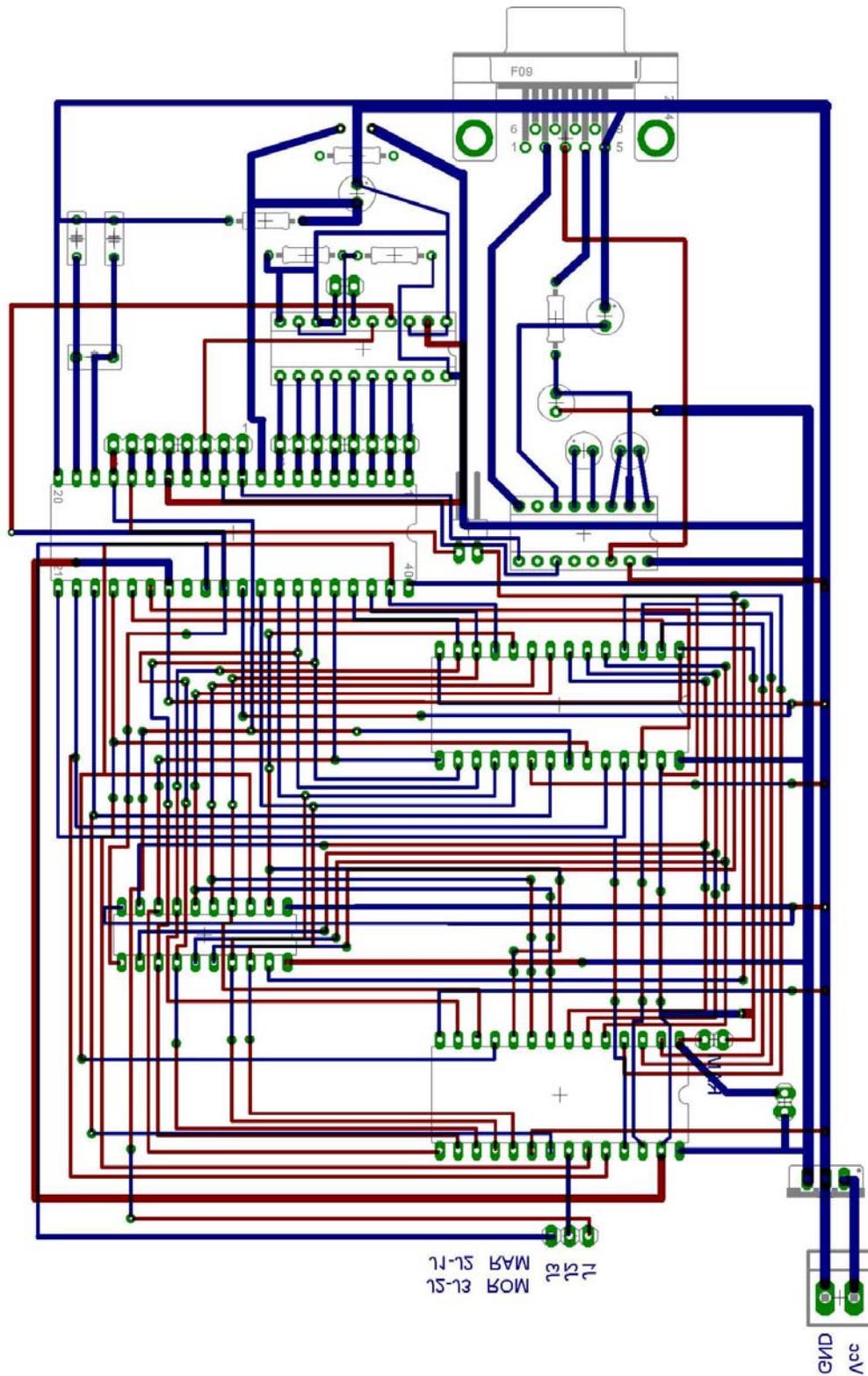
ANEXO 1
DISEÑO DE CIRCUITOS IMPRESOS



Circuito impreso de la tarjeta de adquisición de datos cara de abajo



Circuito impreso de la tarjeta de adquisición de datos cara de arriba



Circuito impreso de la tarjeta de adquisición de datos

ANEXO 2
ESPECIFICACIONES DE CIRCUITOS
INTEGRADOS

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SILS047L - 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
- ± 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)

| | | | |
|-----------------|---|----|-----------------|
| C1+ | 1 | 16 | V _{CC} |
| V _{S+} | 2 | 15 | GND |
| C1- | 3 | 14 | T1OUT |
| C2+ | 4 | 13 | R1IN |
| C2- | 5 | 12 | R1OUT |
| V _{S-} | 6 | 11 | T1IN |
| T2OUT | 7 | 10 | T2IN |
| R2IN | 8 | 9 | R2OUT |

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 ± 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 |
| | | Tube of 40 | MAX232D | MAX232 |
| | SOIC (D) | Reel of 2500 | MAX232DR | |
| | | SOIC (DW) | Tube of 40 | MAX232DW |
| | Reel of 2000 | | MAX232DWR | |
| -40°C to 85°C | PDIP (N) | Tube of 25 | MAX232IN | MAX232IN |
| | | Tube of 40 | MAX232ID | MAX232I |
| | SOIC (D) | Reel of 2500 | MAX232IDR | |
| | | SOIC (DW) | Tube of 40 | MAX232IDW |
| | 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.

TEXAS
INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2004, Texas Instruments Incorporated

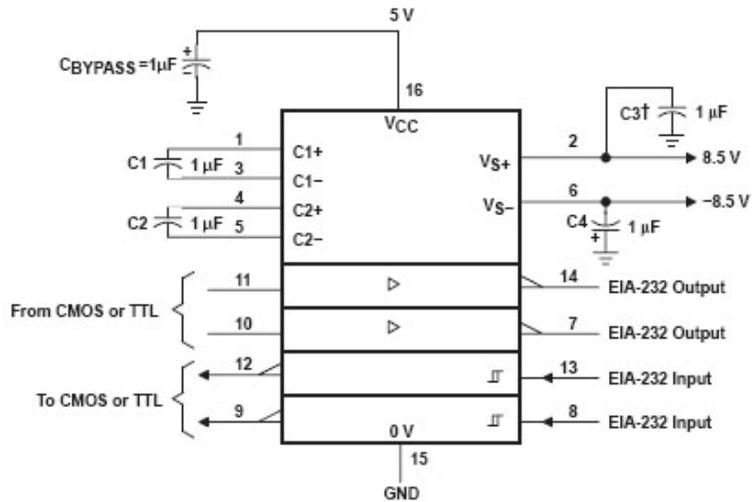
1

Especificaciones de MAX232

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS047L - FEBRUARY 1989 - REVISED MARCH 2004

APPLICATION INFORMATION

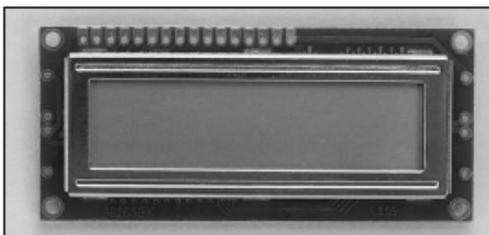


† C3 can be connected to V_{CC} or GND.

NOTES: A. Resistor values shown are nominal.

B. Nonpolarized ceramic capacitors are acceptable. If polarized tantalum or electrolytic capacitors are used, they should be connected as shown. In addition to the 1-µF capacitors shown, the MAX202 can operate with 0.1-µF capacitors.

Figure 4. Typical Operating Circuit



AND491GST

2 lines x 16 Characters Intelligent Character Display

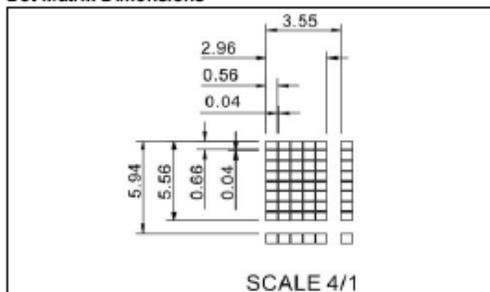
The AND491GST devices are compact, LCD modules that have an on-board LCD controller and driver circuit. These devices can display 160 characters (numerals, letters, symbols and Kana letters), as well as eight custom characters.

Features

- AND491GST: Super Twist Technology
- 5 x 7 Dots with cursor
- Built-in controller (KS0066 or equivalent)
- 5V Power supply
- RoHS compliant
- 4.2V LED Forward voltage

• RoHS Compliant

Dot Matrix Dimensions



Mechanical Characteristics

| Item | Specification | Unit |
|--------------------|------------------------------------|------|
| Outline Dimensions | 80 (W) x 36 (H) x 8.8(D) (127 LED) | mm |
| Character size | 2.96 (W) x 5.56 (H) | mm |
| Viewing Area | 65 (W) x 16(H) | mm |
| Character Pitch | 3.55 (W) x 5.94(H) | mm |
| Dot Size | 0.55 (W) x 0.66 (H) | mm |
| Dot Pitch | 0.60 (W) x 0.70 (H) | mm |

Absolute Maximum Ratings

| Item | Symbol | Rating | Unit |
|-----------------------|-----------|-----------------------------|------|
| Supply Voltage | V_{DD} | 7.0 | V |
| Input Voltage | V_{IN} | $0 \leq V_{IN} \leq V_{DD}$ | V |
| Operating Temperature | T_{op} | 0 to +50 | °C |
| Storage Temperature | T_{stg} | -20 to +60 | °C |

Electrical Characteristics (TA = 25°C)

| Item | Symbol | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|----------------------------------|-----------------|------|------|----------|------|
| LCD Operating Voltage (T= 0 °C) | $V_{DD}-V_O$ | - | 4.8 | - | V |
| LCD Operating Voltage (T= 25 °C) | | - | 4.5 | - | |
| LCD Operating Voltage (T= 50 °C) | | - | 4.2 | - | |
| Supply Voltage | $V_{DD}-V_{SS}$ | 4.7 | 5 | 5.3 | V |
| Supply Current | I_{DD} | - | 2 | 4 | mA |
| Input Voltage High Level | V_{IH} | 2.2 | - | V_{DD} | V |
| Input Voltage Low Level | V_{IL} | 0 | - | 0.6 | |
| Output Voltage High Level | V_{OH} | 2.4 | - | - | V |
| Output Voltage Low Level | V_{OL} | - | - | 0.4 | |

Optical Characteristics (TA = 25°C, $\phi = 0^\circ$, $\theta = 0^\circ$)

| Item | Symbol | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|---------------|-----------|------|------|------|--------|
| Viewing Angle | ϕ | - | 50 | - | degree |
| Contrast | K | - | 6.0 | - | - |
| Turn On | T_{on} | - | 200 | 400 | ms |
| Turn Off | T_{off} | - | 250 | 400 | ms |



AND491GST Intelligent Character Display

Connector Pin Assignment

| Pin No. | Signal | Function |
|---------|------------------|-----------------|
| 1 | V _{SS} | 0V |
| 2 | V _{DD} | 5V |
| 3 | V _O | Contrast Adj. |
| 4 | RS | Register Select |
| 5 | R \overline{W} | Read/Write |
| 6 | E | Enable |
| 7 | DB0 | Data Bit 0 |
| 8 | DB1 | Data Bit 1 |
| 9 | DB2 | Data Bit 2 |
| 10 | DB3 | Data Bit 3 |
| 11 | DB4 | Data Bit 4 |
| 12 | DB5 | Data Bit 5 |
| 13 | DB6 | Data Bit 6 |
| 14 | DB7 | Data Bit 7 |
| 15 | A | LED Power |
| 16 | K | Led Power |

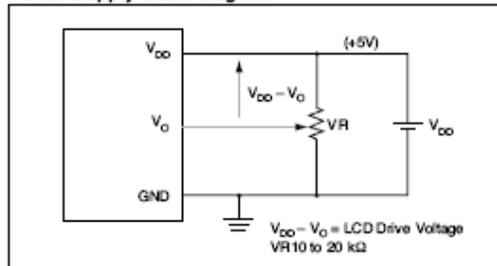
Power Supply

The LCD panel is driven by the voltage $V_{DD}-V_O$, so you need an adjustable V_O for contrast control and temperature compensation.

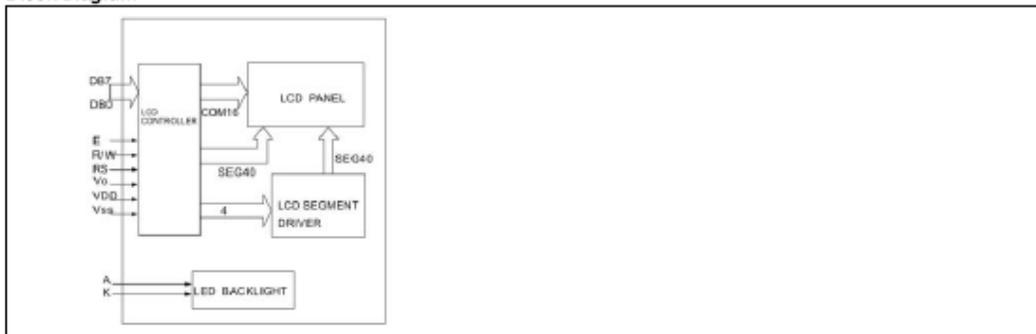
Temperature Variations

| Temperature | V _{DD} -V _O |
|-------------|---------------------------------|
| 0°C | 4.80 |
| +25°C | 4.50 |
| +50°C | 4.20 |

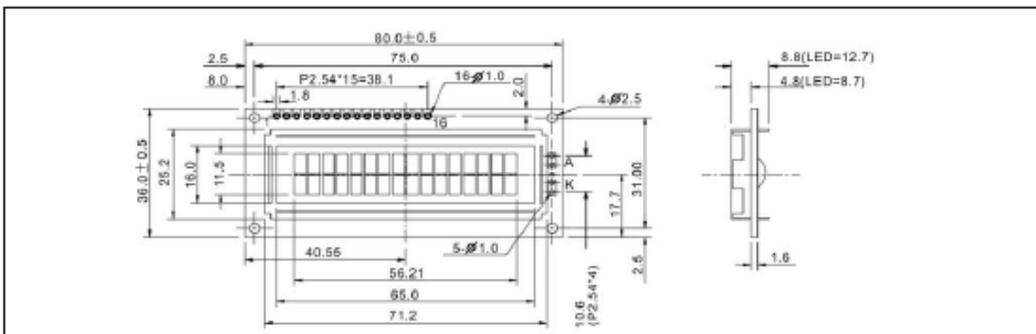
Power Supply Block Diagram



Block Diagram



Dimensional Outline





Intelligent Alphanumeric
Application Notes

Character Pattern and Character Code

| Upper 4 bit Lower 4 bit | 0000 | 0010 | 0011 | 0100 | 0101 | 0110 | 0111 | 1010 | 1011 | 1100 | 1101 | 1110 | 1111 |
|----------------------------|------------------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| XXXX0000 | CG RAM (1) | | 0aP`P | | | - | 9 | ε | α | p | | | |
| XXXX0001 | (2) | ! | 1AQa9 | 7 | 7 | 4 | ä | q | | | | | |
| XXXX0010 | (3) | " | 2BRbr | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı |
| XXXX0011 | (4) | # | 3CScs | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı |
| XXXX0100 | (5) | \$ | 4DTdt | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı |
| XXXX0101 | (6) | % | 5EUeu | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı |
| XXXX0110 | (7) | & | 6FUfu | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı |
| XXXX0111 | (8) | ' | 7GWgw | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı |
| XXXX1000 | (1) | (| 8HXhx | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı |
| XXXX1001 | (2) |) | 9IYiy | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı |
| XXXX1010 | (3) | * | : JZjz | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı |
| XXXX1011 | (4) | + | : KIk | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı |
| XXXX1100 | (5) | , | < L#l | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı |
| XXXX1101 | (6) | - | = MIm | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı |
| XXXX1110 | (7) | . | > N^n | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı |
| XXXX1111 | (8) | / | ? 0_ | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı | ı |



Three-Terminal Positive Voltage Regulators

These voltage regulators are monolithic integrated circuits designed as fixed-voltage regulators for a wide variety of applications including local, on-card regulation. These regulators employ internal current limiting, thermal shutdown, and safe-area compensation. With adequate heatsinking they can deliver output currents in excess of 1.0 A. Although designed primarily as a fixed voltage regulator, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

- Output Current in Excess of 1.0 A
- No External Components Required
- Internal Thermal Overload Protection
- Internal Short Circuit Current Limiting
- Output Transistor Safe-Area Compensation
- Output Voltage Offered in 2% and 4% Tolerance
- Available in Surface Mount D²PAK and Standard 3-Lead Transistor Packages
- Previous Commercial Temperature Range has been Extended to a Junction Temperature Range of -40°C to +125°C

DEVICE TYPE/NOMINAL OUTPUT VOLTAGE

| | | | |
|--|-------|--|------|
| MC7805AC LM340AT-5 MC7805C LM340T-5 | 5.0 V | MC7812C LM340T-12 | 12 V |
| MC7806AC MC7806C | 6.0 V | MC7815AC LM340AT-15 MC7815C LM340T-15 | 15 V |
| MC7808AC MC7808C | 8.0 V | MC7818AC MC7818C | 18 V |
| MC7809C | 9.0 V | MC7824AC MC7824C | 24 V |
| MC7812AC LM340AT-12 | 12 V | | |

ORDERING INFORMATION

| Device | Output Voltage Tolerance | Operating Temperature Range | Package |
|-------------|--------------------------|---------------------------------|-----------------|
| MC78XXACT | 2% | T _J = -40° to +125°C | Insertion Mount |
| LM340AT-XX | | | Surface Mount |
| MC78XXACD2T | 4% | | Insertion Mount |
| MC78XXCT | | | Surface Mount |
| LM340T-XX | | Surface Mount | |
| MC78XXCD2T | | | |

XX indicates nominal voltage.

Order this document by MC7800/D

MC7800, MC7800A, LM340, LM340A Series

THREE-TERMINAL POSITIVE FIXED VOLTAGE REGULATORS

SEMICONDUCTOR
TECHNICAL DATA

T SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 221A

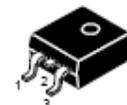
Heatsink surface
connected to Pin 2.



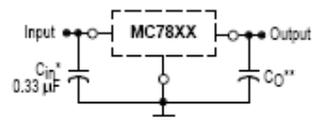
Pin 1. Input
2. Ground
3. Output

D2T SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 938
(D²PAK)

Heatsink surface (shown as terminal 4 in
case outline drawing) is connected to Pin 2.



STANDARD APPLICATION



A common ground is required between the input and the output voltages. The input voltage must remain typically 2.0 V above the output voltage even during the low point on the input ripple voltage.

XX. These two digits of the type number indicate nominal voltage.

* C_{in} is required if regulator is located an appreciable distance from power supply filter.

** C_o is not needed for stability; however, it does improve transient response. Values of less than 0.1 μF could cause instability.



M27C256B

256 Kbit (32Kb x 8) UV EPROM and OTP EPROM

- **5V ± 10% SUPPLY VOLTAGE** in READ OPERATION
- **ACCESS TIME:** 45ns
- **LOW POWER CONSUMPTION:**
 - Active Current 30mA at 5MHz
 - Standby Current 100µA
- **PROGRAMMING VOLTAGE:** 12.75V ± 0.25V
- **PROGRAMMING TIME:** 100µs/word
- **ELECTRONIC SIGNATURE**
 - Manufacturer Code: 20h
 - Device Code: 8Dh

DESCRIPTION

The M27C256B is a 256 Kbit EPROM offered in the two ranges UV (ultra violet erase) and OTP (one time programmable). It is ideally suited for microprocessor systems and is organized as 32,768 by 8 bits.

The FDIP28W (window ceramic frit-seal package) has a transparent lid which allows the user to expose the chip to ultraviolet light to erase the bit pattern. A new pattern can then be written to the device by following the programming procedure.

For applications where the content is programmed only one time and erasure is not required, the M27C256B is offered in PDIP28, PLCC32 and TSOP28 (8 x 13.4 mm) packages.

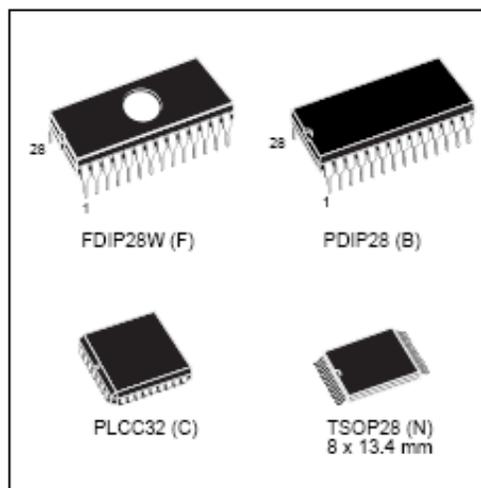
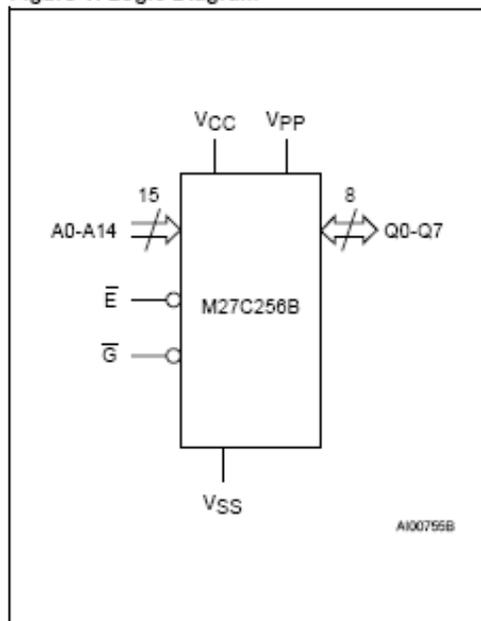


Figure 1. Logic Diagram



M27C256B

Figure 2A. DIP Connections

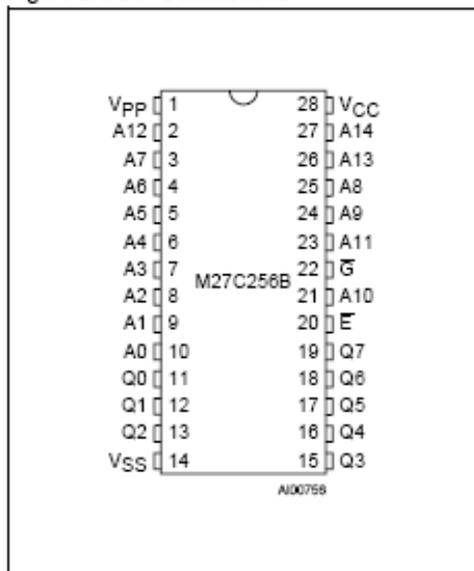


Figure 2B. LCC Connections

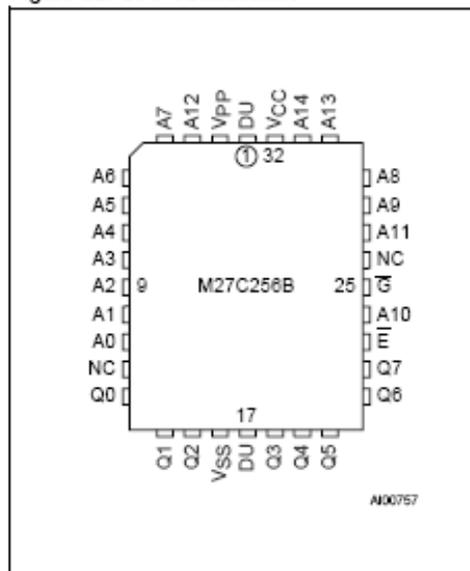


Figure 2C. TSOP Connections

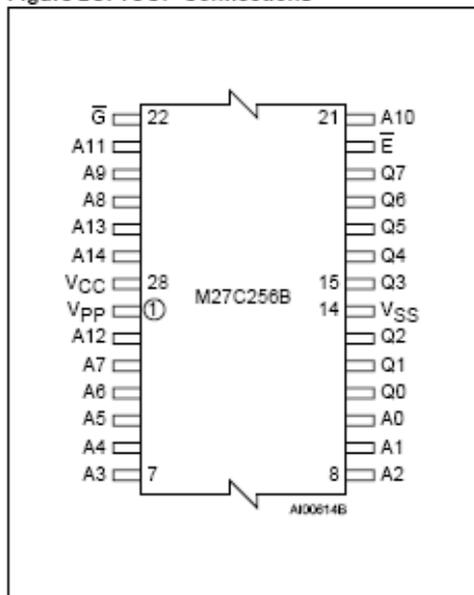


Table 1. Signal Names

| | |
|-----------------|--------------------------|
| A0-A14 | Address Inputs |
| Q0-Q7 | Data Outputs |
| \bar{E} | Chip Enable |
| \bar{G} | Output Enable |
| V _{PP} | Program Supply |
| V _{CC} | Supply Voltage |
| V _{SS} | Ground |
| NC | Not Connected Internally |
| DU | Don't Use |

KM62256C Family

CMOS SRAM

32Kx8 bit Low Power CMOS Static RAM

FEATURES

- Process Technology : 0.7µm CMOS
- Organization : 32Kx8
- Power Supply Voltage : Single 5V±10%
- Low Data Retention Voltage : 2V(Min)
- Three state output and TTL Compatible
- Package Type : 28-DIP-600, 28-SOP-450,
28-TSOP1-0813.4F/R

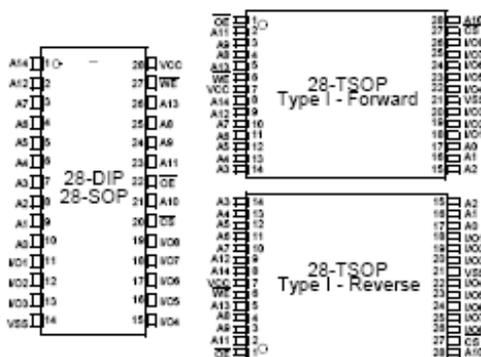
GENERAL DESCRIPTION

The KM62256C family is fabricated by SAMSUNG's advanced CMOS process technology. The family supports various operating temperature ranges and has various package types for user flexibility of system design. The family also support low data retention voltage for battery back-up operation with low data retention current.

PRODUCT FAMILY

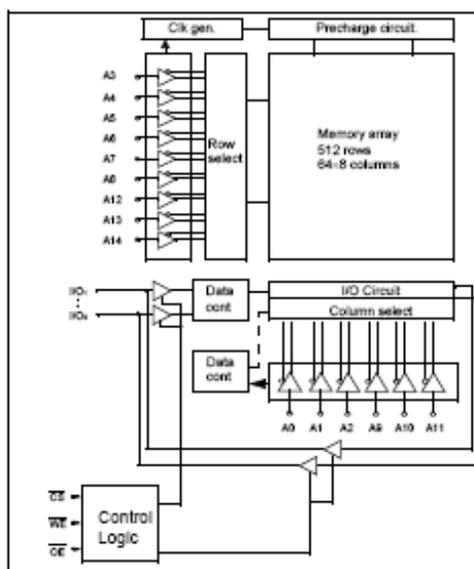
| Product Family | Operating Temperature | Speed(ns) | PKG Type | Power Dissipation | |
|----------------|-----------------------|-----------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| | | | | Standby (I _{ser} , Max) | Operating (I _{cc2}) |
| KM62256CL | Commercial (0~70°C) | 55/70ns | 28-DIP, 28-SOP 28-TSOP I R/F | 100µA | 70mA |
| KM62256CL-L | | | | 20µA | |
| KM62256CLE | Extended (-25~85°C) | 70ns | 28-SOP 28-TSOP I R/F | 100µA | |
| KM62256CLE-L | | | | 50µA | |
| KM62256CLI | Industrial (-40~85°C) | 70ns | 28-SOP 28-TSOP I R/F | 100µA | |
| KM62256CLI-L | | | | 50µA | |

PIN DESCRIPTION



| Name | Function |
|------------------------------------|---------------------|
| A0~A14 | Address Inputs |
| WE | Write Enable Input |
| CS | Chip Select Input |
| OE | Output Enable Input |
| I/O _i ~I/O _o | Data Inputs/Outputs |
| Vcc | Power(5V) |
| Vss | Ground |

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. reserves the right to change products and specifications without notice.



CMOS single-chip 8-bit microcontrollers

80C31/80C51/87C51

DESCRIPTION

The Philips 80C31/80C51/87C51 is a high-performance microcontroller fabricated with Philips high-density CMOS technology. The CMOS 8XC51 is functionally compatible with the NMOS 8031/8051 microcontrollers. The Philips CMOS technology combines the high speed and density characteristics of HMOS with the low power attributes of CMOS. Philips epitaxial substrate minimizes latch-up sensitivity.

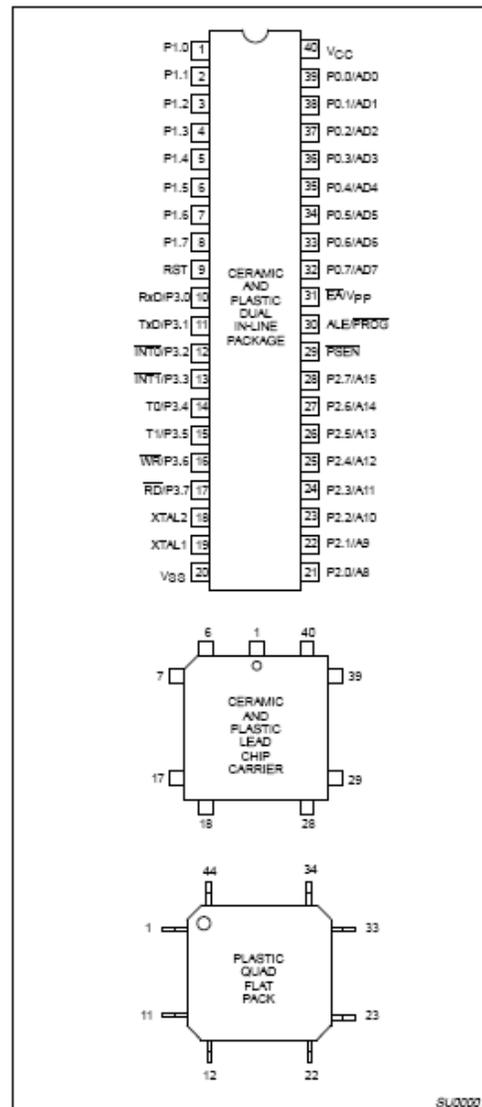
The 8XC51 contains a 4k × 8 ROM (80C51) EPROM (87C51), a 128 × 8 RAM, 32 I/O lines, two 16-bit counter/timers, a five-source, two-priority level nested interrupt structure, a serial I/O port for either multi-processor communications, I/O expansion or full duplex UART, and on-chip oscillator and clock circuits.

In addition, the device has two software selectable modes of power reduction—idle mode and power-down mode. The idle mode freezes the CPU while allowing the RAM, timers, serial port, and interrupt system to continue functioning. The power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, causing all other chip functions to be inoperative.

FEATURES

- 8031/8051 compatible
 - 4k × 8 ROM (80C51)
 - 4k × 8 EPROM (87C51)
 - ROMless (80C31)
 - 128 × 8 RAM
 - Two 16-bit counter/timers
 - Full duplex serial channel
 - Boolean processor
- Memory addressing capability
 - 64k ROM and 64k RAM
- Power control modes:
 - Idle mode
 - Power-down mode
- CMOS and TTL compatible
- Five speed ranges at $V_{CC} = 5V$
 - 12MHz
 - 16MHz
 - 24MHz
 - 33MHz
- Five package styles
- Extended temperature ranges
- OTP package available

PIN CONFIGURATIONS





March 1988

DM74LS373/DM74LS374 3-STATE Octal D-Type Transparent Latches and Edge-Triggered Flip-Flops

General Description

These 8-bit registers feature totem-pole 3-STATE outputs designed specifically for driving highly-capacitive or relatively low-impedance loads. The high-impedance state and increased high-logic level drive provide these registers with the capability of being connected directly to and driving the bus lines in a bus-oriented system without need for interface or pull-up components. They are particularly attractive for implementing buffer registers, I/O ports, bidirectional bus drivers, and working registers.

The eight latches of the DM54/74LS373 are transparent D-type latches meaning that while the enable (G) is high the Q outputs will follow the data (D) inputs. When the enable is taken low the output will be latched at the level of the data that was set up.

The eight flip-flops of the DM54/74LS374 are edge-triggered D-type flip-flops. On the positive transition of the clock, the Q outputs will be set to the logic states that were set up at the D inputs.

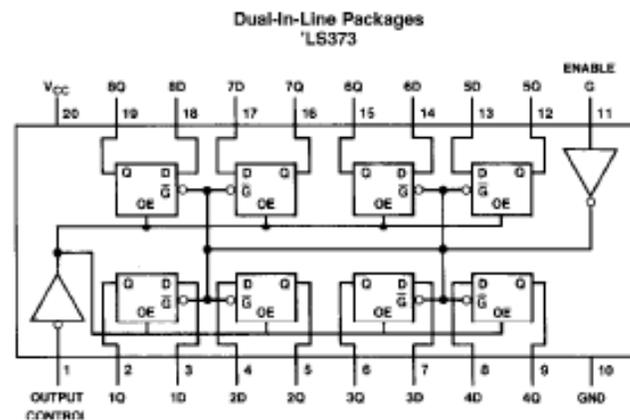
A buffered output control input can be used to place the eight outputs in either a normal logic state (high or low logic levels) or a high-impedance state. In the high-impedance state the outputs neither load nor drive the bus lines significantly.

The output control does not affect the internal operation of the latches or flip-flops. That is, the old data can be retained or new data can be entered even while the outputs are off.

Features

- Choice of 8 latches or 8 D-type flip-flops in a single package
- 3-STATE bus-driving outputs
- Full parallel-access for loading
- Buffered control inputs
- P-N-P inputs reduce D-C loading on data lines

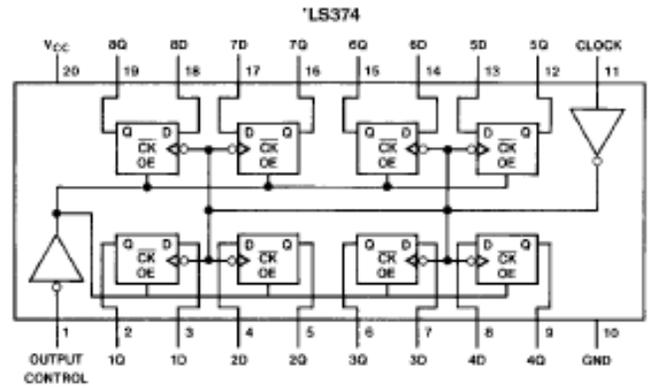
Connection Diagrams



Order Number DM54LS373J, DM54LS373W, DM74LS373N or DM74LS373WM
See Package Number J20A, M20B, N20A or W20A

DM74LS373/DM74LS374 3-STATE Octal D-Type Transparent Latches and Edge-Triggered Flip-Flops

Connection Diagrams (Continued)



Order Number DM54LS374J, DM54LS374W, DM74LS374WM or DM74LS374N
See Package Number J20A, M20B, N20A or W20A

Function Tables

DM54/74LS373

| Output Control | Enable G | D | Output |
|----------------|----------|---|----------------|
| L | H | H | H |
| L | H | L | L |
| L | L | X | Q ₀ |
| H | X | X | Z |

H = High Level (Steady State), L = Low Level (Steady State), X = Don't Care
 † = Transition from low-to-high level, Z = High Impedance State
 Q₀ = The level of the output before steady-state input conditions were established.

DM54/74LS374

| Output Control | Clock | D | Output |
|----------------|-------|---|----------------|
| L | ↑ | H | H |
| L | ↑ | L | L |
| L | L | X | Q ₀ |
| H | X | X | Z |

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR™

October 1987
Revised April 2001

MM74C922 • MM74C923 16-Key Encoder • 20-Key Encoder

General Description

The MM74C922 and MM74C923 CMOS key encoders provide all the necessary logic to fully encode an array of SPST switches. The keyboard scan can be implemented by either an external clock or external capacitor. These encoders also have on-chip pull-up devices which permit switches with up to 50 kΩ on resistance to be used. No diodes in the switch array are needed to eliminate ghost switches. The internal debounce circuit needs only a single external capacitor and can be defeated by omitting the capacitor. A Data Available output goes to a high level when a valid keyboard entry has been made. The Data Available output returns to a low level when the entered key is released, even if another key is depressed. The Data Available will return high to indicate acceptance of the new key after a normal debounce period; this two-key roll-over is provided between any two switches.

An internal register remembers the last key pressed even after the key is released. The 3-STATE outputs provide for easy expansion and bus operation and are LPTTL compatible.

Features

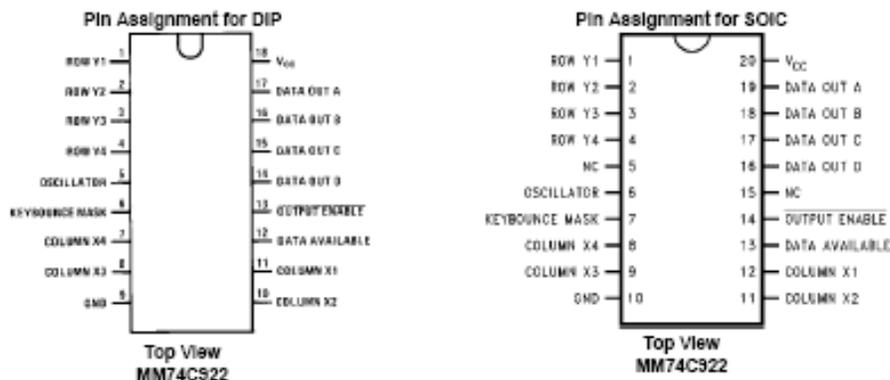
- 50 kΩ maximum switch on resistance
- On or off chip clock
- On-chip row pull-up devices
- 2 key roll-over
- Keybounce elimination with single capacitor
- Last key register at outputs
- 3-STATE output LPTTL compatible
- Wide supply range: 3V to 15V
- Low power consumption

Ordering Code:

| Order Number | Package Number | Package Description |
|--------------|----------------|--|
| MM74C922WM | M20B | 20-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-013, 0.300" Wide |
| MM74C922N | N18B | 18-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide |
| MM74C923WM | M20B | 20-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-013, 0.300" Wide |
| MM74C923N | N20A | 20-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide |

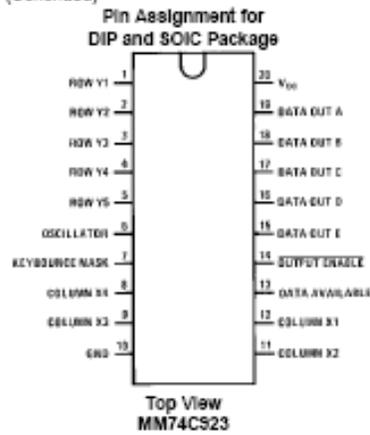
Device also available in Tape and Reel. Specify by appending suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagrams



MM74C922 • MM74C923

Connection Diagrams (Continued)



Truth Tables

(Pins 0 through 11)

| Switch Position | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Y1, X1 | Y1, X2 | Y1, X3 | Y1, X4 | Y2, X1 | Y2, X2 | Y2, X3 | Y2, X4 | Y3, X1 | Y3, X2 | Y3, X3 | Y3, X4 |
| D | | | | | | | | | | | | |
| A A | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| T B | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| A C | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| O D | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| U E (Note 1) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T | | | | | | | | | | | | |

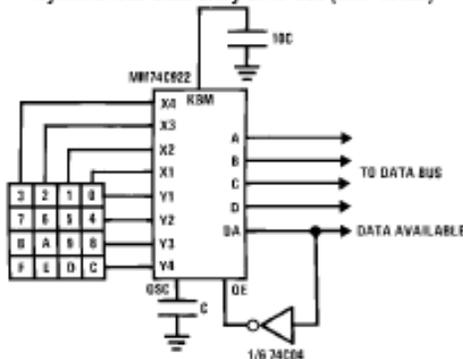
(Pins 12 through 19)

| Switch Position | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Y4, X1 | Y4, X2 | Y4, X3 | Y4, X4 | Y5 (Note 1), X1 | Y5 (Note 1), X2 | Y5 (Note 1), X3 | Y5 (Note 1), X4 |
| D | | | | | | | | |
| A A | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| T B | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| A C | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| O D | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| U E (Note 1) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| T | | | | | | | | |

Note 1: Only for MM74C922

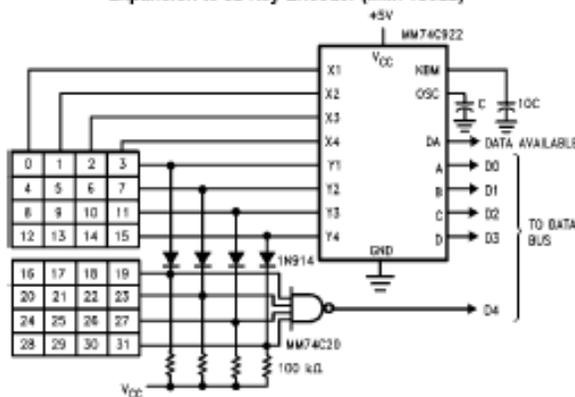
MM74C922 • MM74C923

Asynchronous Data Entry Onto Bus (MM74C922)



Outputs are in 3-STATE until key is pressed, then data is placed on bus. When key is released, outputs return to 3-STATE.

Expansion to 32 Key Encoder (MM74C922)



Theory of Operation

The MM74C922/MM74C923 Keyboard Encoders implement all the logic necessary to interface a 16 or 20 SPST key switch matrix to a digital system. The encoder will convert a key switch closer to a 4(MM74C922) or 5(MM74C923) bit nibble. The designer can control both the keyboard scan rate and the key debounce period by altering the oscillator capacitor, C_{OSC} , and the key bounce mask capacitor, C_{MBK} . Thus, the MM74C922/MM74C923's performance can be optimized for many keyboards.

The keyboard encoders connect to a switch matrix that is 4 rows by 4 columns (MM74C922) or 5 rows by 4 columns (MM74C923). When no keys are depressed, the row inputs are pulled high by internal pull-ups and the column outputs sequentially output a logic "0". These outputs are open drain and are therefore low for 25% of the time and otherwise off. The column scan rate is controlled by the oscillator input, which consists of a Schmitt trigger oscillator, a 2-bit counter, and a 2-4-bit decoder.

When a key is depressed, key 0, for example, nothing will happen when the X1 input is off, since Y1 will remain high. When the X1 column is scanned, X1 goes low and Y1 will go low. This disables the counter and keeps X1 low. Y1

going low also initiates the key bounce circuit timing and locks out the other Y inputs. The key code to be output is a combination of the frozen counter value and the decoded Y inputs. Once the key bounce circuit times out, the data is latched, and the Data Available (DAV) output goes high.

If, during the key closure the switch bounces, Y1 input will go high again, restarting the scan and resetting the key bounce circuitry. The key may bounce several times, but as soon as the switch stays low for a debounce period, the closure is assumed valid and the data is latched.

A key may also bounce when it is released. To ensure that the encoder does not recognize this bounce as another key closure, the debounce circuit must time out before another closure is recognized.

The two-key roll-over feature can be illustrated by assuming a key is depressed, and then a second key is depressed. Since all scanning has stopped, and all other Y inputs are disabled, the second key is not recognized until the first key is lifted and the key bounce circuitry has reset.

The output latches feed 3-STATE, which is enabled when the Output Enable (\overline{OE}) input is taken low.

SN5404, SN54LS04, SN54S04, SN7404, SN74LS04, SN74S04 HEX INVERTERS

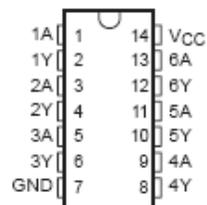
SDL5029C - DECEMBER 1983 - REVISED JANUARY 2004

- Dependable Texas Instruments Quality and Reliability

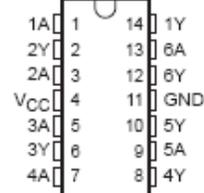
description/ordering information

These devices contain six independent inverters.

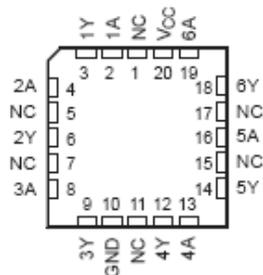
SN5404 . . . J PACKAGE
SN54LS04, SN54S04 . . . J OR W PACKAGE
SN7404, SN74S04 . . . D, N, OR NS PACKAGE
SN74LS04 . . . D, DB, N, OR NS PACKAGE
(TOP VIEW)



SN5404 . . . W PACKAGE
(TOP VIEW)



SN54LS04, SN54S04 . . . FK PACKAGE
(TOP VIEW)



NC - No internal connection



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.

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.

**TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2004, Texas Instruments Incorporated
On products compliant to MIL-PRF-38535, all parameters are tested unless otherwise noted. On all other products, production processing does not necessarily include testing of all parameters.

1

Especificaciones del inversor

ANEXO 3
CÓDIGO FUENTE

Código Fuente

```

***** DISPLAY *****
,
RTND EQU 02H

PCON EQU 87H

FSETD1 EQU 30H ;FUNCTION SET INTERFACE DATA LENGTH 8 BITS

FSETD2 EQU 38H ;FUNCTION SET

OND EQU 0CH ;DISPLAY ON

CLD EQU 01H ;DISPLAY CLEAR

EMD EQU 06H ;ENTRY MODE SET

OND2 EQU 0EH ;TURN ON DISPLY

SRD EQU 80H ;SET DD RAM ADDRESS

ARD1 EQU 80H ;ESCRITURA EN LA 1RA LINEA

ARD2 EQU 0C0H ;ESCRITURA EN LA 2DA LINEA

RTHD EQU 02H ;RETURN HOME

ASCN EQU 30H ; VARIABLES DE CONVERSION A BCD

DATX EQU 76H ;

DAT1 EQU 75H ;

CONU EQU 74H ;VARIABLES DE CONVERSION A BCD

COND EQU 73H ;

CONC EQU 72H ;

CONM EQU 71H ;

CONMI EQU 70H ;

DPH EQU 83H ;CARGA LOS 8 BITS MAS SIGNIFICATIVOS PARA DPTR

DPL EQU 82H ;CARGA LOS 8 BITS MENOS SIGNIFICATIVOS PARA DPTR

***** CARACTERES DISPLAY *****
,
MAQ EQU 3EH ; " > "
MEQ EQU 3CH ; " < "
PAB EQU 28H ; " ( "

```

```

PCI EQU 29H ; " ) "
FLD EQU 7EH ; " -> "
FLI EQU 67H ; " <- "
KESP EQU 20H ; " "
KE EQU 45H ; " E "
;ESTATUS, MODO DE OPERACION, ERROR, CALIBRACION EN PROCESO ESPERE POR
FAVOR
KS EQU 53H ; " S "
KT EQU 54H ; " T "
KA EQU 41H ; " A "
KU EQU 55H ; " U "
KM EQU 4DH ; " M "
KO EQU 4FH ; " O "
KD EQU 44H ; " D "
KP EQU 50H ; " P "
KR EQU 52H ; " R "
KC EQU 43H ; " C "
KI EQU 49H ; " I "
KN EQU 4EH ; " N "
KL EQU 4CH ; " L "
KB EQU 42H ; " B "
KF EQU 46H ; " F "
KV EQU 56H ; " V "
KG EQU 47H ; " G "
KH EQU 48H ; " H "
KX EQU 58H ; " X "
KZ EQU 5AH ; " Z "
CUAL EQU 3FH ; " ? "

```

```

,***** INICIA PROGRAMA *****
,

```

```

ORG 00H
JMP MAIN

```

```

ORG 03H
JMP TECLA

```

```

ORG 23H
JMP SERIE

```

```

ORG 30H

```

```

MAIN :

```

```

MOV P1,#00H ; DATOS DISPLAY
CLR P3.4 ; ENABLE DISPLAY
CLR P3.3 ; RS DISPLAY
SETB P3.5 ; INHABILITA SALIDA DE TECLADO

```

```

MOV SCON,#50H ; PROGRAMA MODO DE COMUNICACION
MOV TMOD,#20H ; DEFINE MODO DE OPERAC.TIMER 1 AUTO RELOAD
ORL PCON,#80H ;
MOV TL1,#0FDH ; CARGA DEL TIMER PARA BD=19200
MOV TH1,#0FDH ;

```

```
MOV TCON,#00H ; CONTROL DE TIMERS

SETB TR1 ; ACTIVA TIMER 1

SETB TCON.0 ; INT EXT0 POR NIVEL

MOV R7,#00H;

SETB IE.7 ; HABILITA INTERRUPCIONES
SETB IE.4 ; HABILITA INTERRUPCIONES DE PUERTO SERIAL
SETB IE.0 ; HABILITA INTERRUPC EXT0
```

CHECA:

```
LCALL INICIA

NOP
CLR P3.3
MOV P1,#RTHD ; RETURN HOME
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KL ; " L "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KI ; " I "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KS ; " S "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KT ; " T "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KO ; " O "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KESP ; " "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

LCALL COMANDOS
```

JMP CHECA

,***** TECLADO *****

DEDOS: ; TABLA DE RECODIGO DEL TECLADO

```

INC A
MOVC A,@A+PC
RET
DB 7FH ; TECLA ARR IZQ
DB 31H ; TECLA 1
DB 34H ; TECLA 4
DB 37H ; TECLA 7
DB 5DH ; TECLA ARRIBA
DB 32H ; TECLA 2
DB 35H ; TECLA 5
DB 38H ; TECLA 8
DB 7EH ; TECLA ARR DER
DB 33H ; TECLA 3
DB 36H ; TECLA 6
DB 39H ; TECLA 9
DB 23H ; TECLA #
DB 30H ; TECLA 0
DB 3FH ; TECLA ?
DB 2AH ; TECLA *

```

,***** INICIALIZACION DISPLAY *****

INICIA:

```

CLR P3.3
CLR P3.4

MOV P1,#01H ; FUNCTION LIMPIAR PANTALLA
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#0FH ; FUNCTION INICIALIZA
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#38H ; FUNCTION ACTIVA 2 SEGMENTO
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV A,#00H

MOV R1,#11H ; APUNTA A LOCALIDAD DE MEMORIA 11
MOV @R1,#00H ; PONE EN CERO LA LOCALIDAD DE MEMORIA 11

RET

```

,***** INTERRUPCION EXTERNA 0 *****

```

TECLA:
MOV  R2,P1      ; GUARDA CONTENIDO DE P1
MOV  R3,A       ; GUARDA CONTENIDO DE A

MOV  P1,#0FH   ; SE PONE P1 EN 1'S
CLR  P3.5      ; SE HABILITA SALIDA DE TECLADO

MOV  A , P1    ; LECTURA DE PUERTO
ANL  A , #0FH

LCALL DEDOS

MOV  @R1, A    ; GUARDA DATO EN DONDE APUNTA R0

SETB P3.5     ; SE DESHABILITA SALIDA DEL TECLADO

MOV  P1,R2     ; DEJA A P1 COMO LO ENCONTRO
MOV  A,R3     ; DEJA AL ACUMULADOR COMO LO ENCONTRO
RETI

,***** INTERRUPCION SERIAL *****
SERIE:          ; ATENCION A INTERRUPCION PTO SERIAL

        JB  SCON.0,RECIBE      ; INTERRUPCION POR RECEPCION
        JB  SCON.1,TRANSMIT   ; INTERRUPCION POR TRANSMISION
RETI      ; INTERRUPCION FUE UN ERROR

RECIBE:

        CLR  SCON.0
        CLR  SCON.1
        MOV  @R1,SBUF
        INC  R1

        RETI

TRANSMIT:
        CLR  SCON.0
        CLR  SCON.1

        RETI

,***** WAIT, ENABLE *****
WAIT :

        MOV  R5,#03H
LOOP3:  DEC  R5
        MOV  R6,#0FFH      ;CICLO DE ESPERA
LOOP2:  DEC  R6
        MOV  R4,#0FFH
LOOP1:  DEC  R4
        CJNE R4,#00H,LOOP1
        CJNE R6,#00H,LOOP2

```

```
CJNE R5,#00H,LOOP3
```

```
RET
```

```
ENABLE:
```

```
CLR P3.4 ; ENABLE
```

```
LCALL WAIT
```

```
SETB P3.4 ;
```

```
RET
```

```
,***** COMANDOS PARA EL MODULO *****
```

```
,
```

```
,*****
```

```
,
```

```
,*****
```

```
,
```

```
,***** DATA STATUS *****
```

```
,
```

```
ESTATUS:
```

```
MOV R1,#55H
```

```
MOV SBUF,#02H ; " 02 "
```

```
LCALL WAIT
```

```
MOV SBUF,#03H ; " 03 "
```

```
LCALL WAIT
```

```
MOV SBUF,#01H ; " 01 "
```

```
LCALL WAIT
```

```
MOV SBUF,#01H ; " DR "
```

```
LCALL WAIT
```

```
MOV SBUF,#00H ; " DT "
```

```
LCALL WAIT
```

```
MOV SBUF,#0F9H ; " CS "
```

```
LCALL WAIT
```

```
CLR P3.3
```

```
MOV P1,#01H ; FUNCTION LIMPIAR PANTALLA
```

```
SETB P3.4
```

```
LCALL ENABLE
```

```
CLR P3.3
```

```
MOV P1,#RTHD ; RETURN HOME
```

```
SETB P3.4
```

```
LCALL ENABLE
```

```
MOV R1,#55H
```

```
CICLO2: MOV DATX,@R1 ;APOYO DE VARIABLE PARA LA CONVERSION
```

```

LCALL CONVERT
LCALL NUMEROS
INC R1
CJNE R1,#69H,CICLO2
LCALL COMPARE
RET

```

```

,***** PROPANO *****
,

```

```

PROPANO: CLR P3.3 ;LIMPIAR DISPLAY
MOV P1,#01h
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

CLR P3.3 ;RETURN TO HOME
MOV P1,#RTHD
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KP ; " P "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KR ; " R "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KO ; " O "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KP ; " P "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KA ; " A "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KN ; " N "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KO ; " O "
SETB P3.3
SETB P3.4

```

```
LCALL ENABLE
```

```
RET
```

```
,***** MODO DE OPERACION INICIADA *****
```

```
MODINI:
```

```
CLR P3.3 ;LIMPIAR DISPLAY
```

```
MOV P1,#01h
```

```
SETB P3.4
```

```
LCALL ENABLE
```

```
CLR P3.3 ;RETURN TO HOME
```

```
MOV P1,#RTHD
```

```
SETB P3.4
```

```
LCALL ENABLE
```

```
MOV P1,#KI ;" I "
```

```
SETB P3.3
```

```
SETB P3.4
```

```
LCALL ENABLE
```

```
MOV P1,#KN ;" N "
```

```
SETB P3.3
```

```
SETB P3.4
```

```
LCALL ENABLE
```

```
MOV P1,#KI ;" I "
```

```
SETB P3.3
```

```
SETB P3.4
```

```
LCALL ENABLE
```

```
MOV P1,#KC ;" C "
```

```
SETB P3.3
```

```
SETB P3.4
```

```
LCALL ENABLE
```

```
MOV P1,#KI ;" I "
```

```
SETB P3.3
```

```
SETB P3.4
```

```
LCALL ENABLE
```

```
MOV P1,#KA ;" A "
```

```
SETB P3.3
```

```
SETB P3.4
```

```
LCALL ENABLE
```

```
MOV P1,#KL ;" L "
```

```
SETB P3.3
```

```
SETB P3.4
```

```
LCALL ENABLE
```

```

    MOV  P1,#KI      ; " I "
    SETB P3.3
    SETB P3.4
    LCALL ENABLE

    MOV  P1,#KZ      ; " Z "
    SETB P3.3
    SETB P3.4
    LCALL ENABLE

    MOV  P1,#KA      ; " A "
    SETB P3.3
    SETB P3.4
    LCALL ENABLE

    MOV  P1,#KD      ; " D "
    SETB P3.3
    SETB P3.4
    LCALL ENABLE

    MOV  P1,#KO      ; " O "
    SETB P3.3
    SETB P3.4
    LCALL ENABLE

    MOV  P1,#KESP    ; "  "
    SETB P3.3
    SETB P3.4
    LCALL ENABLE

    RET

```

***** UNIDADES EN HEXANO *****

HEXANE:

```

    CLR  P3.3        ;LIMPIAR DISPLAY
    MOV  P1,#01h
    SETB P3.4
    LCALL ENABLE

    CLR  P3.3        ;RETURN TO HOME
    MOV  P1,#RTHD
    SETB P3.4
    LCALL ENABLE

    MOV  P1,#KH      ; " H "
    SETB P3.3
    SETB P3.4
    LCALL ENABLE

    MOV  P1,#KE      ; " E "
    SETB P3.3
    SETB P3.4

```

```

LCALL ENABLE

MOV P1,#KX      ; " X "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KA      ; " A "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KN      ; " N "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KO      ; " O "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KESP    ; "  "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

RET

```

***** CALIBRACION ZERO/O2 *****

CALIBRA:

```

LCALL DCALIBRA

MOV SBUF,#02H   ; " 02 "
LCALL WAIT

MOV SBUF,#02H   ; " 02 "
LCALL WAIT

MOV SBUF,#02H   ; " 02 "
LCALL WAIT

MOV SBUF,#00H   ; " PT "
LCALL WAIT

MOV SBUF,#0FAH  ; " CS "
LCALL WAIT

CLR P3.3
MOV P1,#01H     ; FUNCTION LIMPIAR PANTALLA

```

```

SETB P3.4
  LCALL ENABLE

  CLR P3.3
  MOV P1,#RTHD ;RETURN HOME
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

CICLOCA:

```

  NOP

  CJNE R1,#69H,CICLOCA

  CLR P3.3
  MOV P1,#07H ;DESPLAZAMIENTO
  SETB P3.4
  LCALL ENABLE

  CLR P3.3
  MOV P1,#18H ;DESPLAZA DATOS
  SETB P3.4
  LCALL ENABLE

  MOV R1,#55H

```

CICLOCA2:

```

  MOV P1,@R1
  INC R1
  SETB P3.3
SETB P3.4
  LCALL ENABLE
  CJNE R1,#69H,CICLOCA2

  RET

```

,***** ENCENDER BOMBA *****

PUMPON:

```

  CLR P3.3
  MOV P1,#01H ; FUNCTION LIMPIAR PANTALLA
SETB P3.4
  LCALL ENABLE

  CLR P3.3
  MOV P1,#RTHD ;RETURN HOME
SETB P3.4
LCALL ENABLE

  LCALL DPUMPON

  MOV SBUF,#02H ; " 02 "

```

```

LCALL WAIT

    MOV  SBUF,#03H      ; " 03 "
LCALL WAIT

    MOV  SBUF,#07H      ; " 07 "
LCALL WAIT

MOV  SBUF,#01H      ; " PC DE ENCENDIDO "
LCALL WAIT

MOV  SBUF,#0F3H      ; " CS "
LCALL WAIT

CLR  P3.3
MOV  P1,#01H      ; FUNCTION LIMPIAR PANTALLA
SETB P3.4
    LCALL ENABLE

    CLR  P3.3
    MOV  P1,#RTHD      ; RETURN HOME
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

CICLOPUM:

```

    NOP

CJNE R1,#69H,CICLOPUM
CLR  P3.3
MOV  P1,#07H      ; DESPLAZAMIENTO
    SETB P3.4
    LCALL ENABLE

CLR  P3.3
MOV  P1,#18H      ; DESPLAZA DATOS
    SETB P3.4
    LCALL ENABLE

MOV  R1,#55H

```

CIPUM2:

```

    MOV  P1,@R1
    INC  R1
    SETB P3.3
SETB P3.4
    LCALL ENABLE
CJNE R1,#69H,CIPUM2

RET

```

```

,***** APAGAR BOMBA *****
,

```

PUMPOFF:

```

    CLR  P3.3
    MOV  P1,#01H          ; FUNCTION LIMPIAR PANTALLA
    SETB P3.4
    LCALL ENABLE

```

```

    CLR  P3.3
    MOV  P1,#RTHD        ;RETURN HOME
    SETB P3.4
    LCALL ENABLE

```

```

    LCALL DPUMPOFF

```

```

    MOV  SBUF,#02H        ; " 02 "
    LCALL WAIT

```

```

    MOV  SBUF,#03H        ; " 03 "
    LCALL WAIT

```

```

    MOV  SBUF,#07H        ; " 07 "
    LCALL WAIT

```

```

    MOV  SBUF,#00H        ; " PC DE APAGADO "
    LCALL WAIT

```

```

    MOV  SBUF,#0F4H       ; " CS "
    LCALL WAIT

```

```

    CLR  P3.3
    MOV  P1,#01H          ; FUNCTION LIMPIAR PANTALLA
    SETB P3.4
    LCALL ENABLE

```

```

    CLR  P3.3
    MOV  P1,#RTHD        ;RETURN HOME
    SETB P3.4
    LCALL ENABLE

```

CICLOFF:

```

    NOP

```

```

    CJNE R1,#69H,CICLOFF

```

```

    CLR  P3.3
    MOV  P1,#07H          ;DESPLAZAMIENTO
    SETB P3.4
    LCALL ENABLE

```

```

    CLR  P3.3
    MOV  P1,#18H          ;DESPLAZA DATOS
    SETB P3.4
    LCALL ENABLE

```

```
MOV R1,#55H
```

```
CICLOFF2:
```

```
MOV P1,@R1
INC R1
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE
CJNE R1,#69H,CICLOFF2
```

```
RET
```

```
,***** CONTROL DE DISPOSITIVOS *****
```

```
;pendiente hasta saber cuales de los bits se van a ocupar
```

```
DEVCON:
```

```
LCALL INICIA
```

```
LCALL DCONTROL
```

```
MOV SBUF,#02H ; " 02 "
LCALL WAIT
```

```
MOV SBUF,#03H ; " 03 "
LCALL WAIT
```

```
MOV SBUF,#08H ; " 08 "
LCALL WAIT
```

```
MOV SBUF,#00H ; " DCM "
LCALL WAIT
```

```
MOV SBUF,#00H ; " DC "
LCALL WAIT
```

```
CLR P3.3
MOV P1,#01H ; FUNCTION LIMPIAR PANTALLA
SETB P3.4
LCALL ENABLE
```

```
CLR P3.3
MOV P1,#RTHD ;RETURN HOME
SETB P3.4
LCALL ENABLE
```

```
CIDEV:
```

```
NOP
```

```
CJNE R1,#69H,CIDEV
```

```

CLR P3.3
MOV P1,#07H           ;DESPLAZAMIENTO
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

CLR P3.3
MOV P1,#18H          ;DESPLAZA DATOS
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```
MOV R1,#55H
```

CIDEV2:

```

MOV P1,@R1
INC R1
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE
CJNE R1,#69H,CIDEV2

```

```
RET
```

```

,***** LETREROS PARA DISPLAY *****
,

```

```

,*****
,*****
,

```

```

,***** DISPLAY ESTATUS *****
,

```

DESTATUS:

```

CLR P3.3           ;LIMPIAR DISPLAY
MOV P1,#01h
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

CLR P3.3           ;RETURN TO HOME
MOV P1,#RTHD
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KE         ; " E "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KS         ; " S "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KT ; " T "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KA ; " A "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KT ; " T "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KU ; " U "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KS ; " S "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KESP ; " "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV R1,#55H

```

```

LCALL ESTATUS

```

```

RET

```

```

,***** DISPLAY ESPACIO *****

```

```

DESPACIO:

```

```

CLR P3.3
MOV P1,#RTHD
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KESP ; " "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

RET

```

```

,***** DISPLAY MODO DE OPERACION NORMAL *****

```

DMODO:

```
CLR   P3.3
MOV   P1,#RTHD
SETB  P3.4
LCALL ENABLE

MOV   P1,#KM      ; " M "
SETB  P3.3
SETB  P3.4
LCALL ENABLE

MOV   P1,#KO      ; " O "
SETB  P3.3
SETB  P3.4
LCALL ENABLE

MOV   P1,#KD      ; " D "
SETB  P3.3
SETB  P3.4
LCALL ENABLE

MOV   P1,#KO      ; " O "
SETB  P3.3
SETB  P3.4
LCALL ENABLE

MOV   P1,#KESP    ; " "
SETB  P3.3
SETB  P3.4
LCALL ENABLE

MOV   P1,#KD      ; " D "
SETB  P3.3
SETB  P3.4
LCALL ENABLE

MOV   P1,#KE      ; " E "
SETB  P3.3
SETB  P3.4
LCALL ENABLE

    MOV   P1,#KESP ; " "
SETB  P3.3
SETB  P3.4
LCALL ENABLE

MOV   P1,#KO      ; " O "
SETB  P3.3
SETB  P3.4
LCALL ENABLE

MOV   P1,#KP      ; " P "
```

```
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KE ; " E "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KR ; " R "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

CLR P3.3
MOV P1,#07H ;DESPLAZAMIENTO
SETB P3.4
LCALL ENABLE

CLR P3.3
MOV P1,#18H ;DESPLAZA DATOS
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KA ; " A "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KC ; " C "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KI ; " I "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KO ; " O "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KN ; " N "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KESP ; " "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE
```

```

MOV P1,#KN      ; " N "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KO      ; " O "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KR      ; " R "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KM      ; " M "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KA      ; " A "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KL      ; " L "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```
RET
```

```
***** DISPLAY ERROR *****
```

```
DERROR:
```

```

CLR P3.3
MOV P1,#01H      ; FUNCTION LIMPIAR PANTALLA
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

CLR P3.3
MOV P1,#RTHD     ; RETURN HOME
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KE      ; " E "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KR      ; " R "
SETB P3.3
SETB P3.4

```

```

LCALL ENABLE

MOV P1,#KR          ; " R "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KO          ; " O "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KR          ; " R "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

RET

```

,***** CALIBRACION EN PROCESO ESPERE POR FAVOR *****

DCALIBRA:

```

CLR P3.3
MOV P1,#01H        ; FUNCTION LIMPIAR PANTALLA
SETB P3.4
LCALL ENABLE

CLR P3.3
MOV P1,#RTHD      ; RETURN HOME
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KC        ; " C "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KA        ; " A "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KL        ; " L "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KI        ; " I "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KB        ; " B "

```

```
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KR ; " R "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KA ; " A "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KC ; " C "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KI ; " I "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KO ; " O "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KN ; " N "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KESP ; " "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KE ; " E "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KN ; " N "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

NOP

CLR P3.3
MOV P1,#07H ;DESPLAZAMIENTO
SETB P3.4
```

```
LCALL ENABLE

CLR P3.3
MOV P1,#18H ;DESPLAZA DATOS
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KESP ;" "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KP ;" P "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KR ;" R "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KO ;" O "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KC ;" C "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KE ;" E "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KS ;" S "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KO ;" O "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KESP ;" "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KE ;" E "
SETB P3.3
```

```
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KS ; " S "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KP ; " P "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KE ; " E "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KR ; " R "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KE ; " E "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KESP ; " ESP "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KP ; " P "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KO ; " O "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KR ; " R "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KESP ; " ESP "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KF ; " F "
```

```

SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KA ; " A "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KV ; " V "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KO ; " O "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KR ; " R "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

RET

```

```

;***** CONTROL DE DISPOSITIVOS *****
;

```

```

DCONTROL:

```

```

    CLR P3.3
    MOV P1,#01H ; FUNCTION LIMPIAR PANTALLA
    SETB P3.4
    LCALL ENABLE

    CLR P3.3
    MOV P1,#RTHD ;RETURN HOME
    SETB P3.4
    LCALL ENABLE

    MOV P1,#KC ; " C "
    SETB P3.3
    SETB P3.4
    LCALL ENABLE

    MOV P1,#KO ; " O "
    SETB P3.3
    SETB P3.4
    LCALL ENABLE

    MOV P1,#KN ; " N "
    SETB P3.3
    SETB P3.4

```

```
LCALL ENABLE

MOV P1,#KT      ;" T "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KR      ;" R "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KO      ;" O "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KL      ;" L "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

    MOV P1,#KESP ;" "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KD      ;" D "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KE      ;" E "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KESP    ;" "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

    CLR P3.3
MOV P1,#07H     ;DESPLAZAMIENTO
    SETB P3.4
    LCALL ENABLE

CLR P3.3
MOV P1,#18H     ;DESPLAZA DATOS
    SETB P3.4
    LCALL ENABLE

MOV P1,#KD      ;" D "
SETB P3.3
```

```
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KI      ; " I "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KS      ; " S "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KP      ; " P "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KO      ; " O "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KS      ; " S "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KI      ; " I "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KT      ; " T "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KI      ; " I "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KV      ; " V "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KO      ; " O "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KS      ; " S "
```

```

SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```
RET
```

```
,***** BOMBA ENCENDIDA *****
```

```
DPUMPON:
```

```

CLR P3.3
MOV P1,#01H ; FUNCTION LIMPIAR PANTALLA
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

CLR P3.3
MOV P1,#RTHD ;RETURN HOME
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KB ; " B "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KO ; " O "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KM ; " M "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KB ; " B "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KA ; " A "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KESP ; " ESP "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KE ; " E "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KN ; " N "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KC ; " C "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KE ; " E "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KN ; " N "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KD ; " D "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KI ; " I "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KD ; " D "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

MOV P1,#KA ; " A "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

RET

```

```

,***** BOMBA APAGADA *****

```

```

DPUMPOFF:

```

```

CLR P3.3
MOV P1,#01H ; FUNCTION LIMPIAR PANTALLA
SETB P3.4
LCALL ENABLE

```

```

CLR P3.3
MOV P1,#RTHD ;RETURN HOME

```

```
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KB ; " B "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KO ; " O "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KM ; " M "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KB ; " B "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KA ; " A "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KESP ; " ESP "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KA ; " A "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KP ; " P "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KA ; " A "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KG ; " G "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KA ; " A "
```

```

SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KD ; " D "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

MOV P1,#KA ; " A "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

RET

```

```

,*****
,

```

COMANDOS:

```

MOV A,@R1 ;SACA DATO DE LA LOCALIDAD A DONDE APUNTA R1
MOV P1,A ;" DATO "
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE

CJNE A,#31H,OTRO ;COMPARA SI LA TECLA FUE 1 PARA IR AL ESTATUS
LCALL DESTATUS

RET

```

OTRO:

```

CJNE A,#32H,OTRO2 ;COMPARA SI LA TECLA FUE 2 PARA IR A CALIBRAR
LCALL CALIBRA

RET

```

OTRO2:

```

CJNE A,#33H,OTRO3 ;COMPARA SI LA TECLA FUE 3 PARA IR A BOMBA
ENCENDIDA
LCALL PUMPON

RET

```

OTRO3:

```

CJNE A,#34H,OTRO4 ;COMPARA SI LA TECLA FUE 4 PARA IR A BOMBA
APAGADA
LCALL PUMPOFF

RET

```

OTRO4:

```

    CJNE  A,#35H,RETRO      ;COMPARA SI LA TECLA FUE 5 PARA IR A
DISPOSITIVOS DE CONTROL
    LCALL DEVCON

```

```

    RET

```

RETRO:

```

    LCALL DERROR           ;MANDA MENSAJE DE ERROR SI LA OPCION NO ES
VALIDA

```

```

    RET

```

```

,***** COMPARACION BIT A BIT PARA LOS STAT
,
*****

```

COMPARE:

```

    MOV  R1,#55H
    CJNE @R1,#06H,ERR

```

```

    INC  R1
    CJNE @R1,#01H,ERR

```

```

INC  R1
    CJNE @R1,#10H,ERR

```

```

    MOV  R1,#58H           ;SE LLAMA A LALOCALIDAD 58 DE INICIO

```

```

    MOV  P1,@R1
    JB   P1.7,STANDBY
    JNB  P1.6,NORMAL
    LCALL MODINI
    NOP
    JMP  BIT5

```

```

ERR:  NOP
      LCALL DERROR
      RET

```

STANDBY:

```

    JB   P1.6,SYSFAULT
    LCALL STAMODE
    NOP
    JMP  BIT5
    RET

```

STAMODE:

```

    NOP
    NOP
    NOP

```

```

        JMP  BIT5
        RET

SYSFAULT:
        LCALL DERROR          ;DEBE DESPLEGAR ERROR DE SYSTEM FAULT
        NOP
        JMP  BIT5
        RET

NORMAL:
        LCALL DMOD0          ;DISPLAY MODO NORMAL DE OPERACION
        JMP  BIT5
        RET

BIT5:
        JNB  P1.5,DUNO
        LCALL CALIBRA
        RET

DUNO:   JNB  P1.4,DDOS
        LCALL DCALIBRA
        RET

DDOS:   JNB  P1.1,DTRES
        LCALL PUMPON
        RET

DTRES;  JNB  P1.0,PROPANO1
        LCALL HEXANE
        RET

PROPANO1:
        NOP
        LCALL PROPANO
        RET

,***** STAT2 *****
        MOV  R1,#59H          ;SE LLAMA A LALOCALIDAD 59 DE INICIO PARA STAT2

        MOV  P1,@R1
        JB   P1.7,CO2SPAN
        JB   P1.6,STAT2BIT5
        JMP  STAT2BIT5

CO2SPAN: JB   P1.6,STAT2BIT5
        JMP  STAT2BIT5
        RET

STAT2BIT5:
        JB   P1.5,COSPAN
        JB   P1.4,STAT2BIT3

```

```
JMP  STAT2BIT3
RET

COSPAN:
JB   P1.4,STAT2BIT3
JMP  STAT2BIT3
RET

STAT2BIT3:
JB   P1.3,HCSPAN
JB   P1.2,STAT2BIT1
JMP  STAT2BIT1
RET

HCSPAN:
JB   P1.2,STAT2BIT1
JMP  STAT2BIT1
RET

STAT2BIT1:
JB   P1.1,O2SPAN
JB   P1.0,O2ZEROFAIL
JMP  STAT3
RET

O2SPAN:
JB   P1.0,O2ZEROFAIL
LCALL O2ZEROFAIL
RET

O2ZEROFAIL:
LCALL DERROR
RET

,***** LLAMA AL STAT3
,
*****

STAT3:
MOV  R1,#5AH    ;SE LLAMA A LALOCALIDAD 5A DE INICIO PARA STAT3

MOV  P1,@R1
JB   P1.7,RESERVED
JB   P1.6,NOXZERO
JMP  STAT4
RET

RESERVED:
JB   P1.6,NOXZERO
JMP  STAT4
RET
```

NOXZERO:

```
LCALL ERROR
RET
```

***** STAT4 *****

STAT4:

```
MOV R1,#5BH ;LLAMA A LA LOCALIDAD 5B DE INICIO PARA STAT4
MOV P1,@R1
JB P1.7,STAT4ERROR
JB P1.6,SENSORNOX
JB P1.5,SENSORO2
JB P1.4,SEÑAL
JB P1.3,STAT4ERROR
JB P1.2,TEMPERATURA
JMP CO212
RET
```

STAT4ERROR:

```
LCALL DERROR
LCALL PUMPOFF
LCALL PUMPON
JMP STAT4
RET
```

SENSORNOX:

```
;REEMPLAZAR SENSOR NOX
RET
```

SENSORO2:

```
;REEMPLAZAR SENSOR O2
RET
```

SEÑAL:

```
;SEÑAL PERDIDA
RET
```

TEMPERATURA:

```
;TEMPERATURA ALTA
RET
```

CO212:

```
MOV DPH,#5CH ;LLAMA A LA LOCALIDAD 5C DE INICIO PARA CO2
MOV DPL,#5DH
LCALL CONVERT
LCALL NUMEROS
```

***** CONVERT *****

```
; NOTA -----> ESTA SUBROUTINA ES PARA CONVERTIR NUMEROS HEX A BCD
; LA VARIABLE A CONVERTIR ESTA CONTENIDA EN DPTR
```

CONVERT:

```
; LIMPIA VARIABLE DE BCD
```

```
MOV CONU,#00H
MOV COND,#00H
MOV CONC,#00H
```

```

MOV CONM,#00H
MOV CONMI,#00H

```

OJO:

```

MOV A,DPL
JNZ CONVIERT
MOV A,DPH
JNZ ADELANTE
RET

```

ADELANTE:

```

DEC DPH

```

CONVIERT:

```

DEC DPL

```

```

MOV R1,#CONU
INC @R1
CJNE @R1,#0AH,OJO
MOV @R1,#00H

```

```

MOV R1,#COND
INC @R1
CJNE @R1,#0AH,OJO
MOV @R1,#00H

```

```

MOV R1,#CONC
INC @R1
CJNE @R1,#0AH,OJO
MOV @R1,#00H

```

```

MOV R1,#CONM
INC @R1
CJNE @R1,#0AH,OJO
MOV @R1,#00H

```

```

MOV R1,#CONMI
INC @R1
CJNE @R1,#0AH,OJO
MOV @R1,#00H
LJMP OJO

```

```

RET

```

```

***** DESPLIEGUE DE NÚMEROS
*****

```

NUMEROS:

```

ORL CONMI,#30H
ORL CONM,30H
ORL CONC,#30H
ORL COND,#30H
ORL CONU,#30H

```

```
MOV P1,CONMI ; DECENAS DE MILLAR
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE
```

```
MOV P1,CONM ; UNIDADES DE MILLAR
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE
```

```
MOV P1,CONC ; CENTENAS
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE
```

```
MOV P1,COND ; DECENAS
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE
```

```
MOV P1,CONU ; UNIDADES
SETB P3.3
SETB P3.4
LCALL ENABLE
LCALL DESPACIO
```

```
RET
```

```
,*****
,
```

```
FIN:
```

```
NOP
JMP FIN
END
```

ANEXO 4

MEDICIÓN DE EMISIONES

MEDICIÓN DE LAS EMISIONES PRODUCIDAS POR VEHÍCULOS AUTOMOTORES⁶

Con el fin de evaluar en forma cuantitativa las emisiones producidas por los vehículos automotores, se han desarrollado procedimientos que tratan de reproducir las condiciones reales de operación en el laboratorio.

Las emisiones gaseosas reglamentadas en los automotores son: hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno. La prueba DGN-AA-II-1980 es un procedimiento federal de prueba empleado para certificar los automóviles nuevos a partir de los modelos de 1975. Así, los fabricantes de automóviles deben entregar al Gobierno Federal una prueba certificada de la cantidad de contaminantes que emiten sus autos. Esto no quiere decir que todos los automóviles nuevos pasan la prueba, sino que cada año deben hacerlo sobre todo si se trata de modelos nuevos o modificaciones a los existentes.

La prueba proporciona la caracterización más representativa disponible de emisiones de escape y economía urbana de combustible. Se realiza en una celda de ambiente controlado donde la temperatura y otras condiciones pueden mantenerse dentro de límites específicos.

Durante este proceso el vehículo se conduce en un dinamómetro de chasis con un programa de manejo de paro y marcha a una velocidad de aproximadamente 35 km/h. Mediante el uso de volantes de inercia y un freno de agua, se reproducen las cargas que el vehículo experimentaría en el camino. Los gases de escape del vehículo se recolectan, diluyen y se mezclan completamente con el aire filtrado circundante a un flujo de volumen constante conocido.

⁶ http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/159/htm/sec_7.htm

Las emisiones recolectadas incluyen un arranque en frío del motor y uno en caliente una vez que el auto ha recorrido 12 [km] y descansado 10 minutos. El dinamómetro de chasis reproduce la inercia del vehículo con volantes, y la carga del camino con un freno de agua. Para cada clase de peso de inercia se especifica una carga de camino que toma en consideración la resistencia aerodinámica promedio del vehículo. Un día antes del arranque en frío programado, el vehículo debe permanecer en reposo cuando menos 12 horas a temperatura entre 20 y 30°C.

En el momento de la prueba el auto se empuja sobre el dinamómetro sin arrancar el motor y se conecta el sistema de correlación de emisiones al tubo de escape, un ventilador de enfriamiento funciona de acuerdo con el motor abierto.

El sistema de muestreo de emisiones y el vehículo de prueba arrancan simultáneamente, de modo que las emisiones se recolecten durante el arranque del motor, el conductor sigue un programa de manejo controlado, el Programa Urbano de Manejo en Dinamómetro, creado para representar el manejo urbano en promedio.

El ciclo de manejo dura 1 374 segundos y cubre una distancia de 12 [km]. Las emisiones de escape que se miden cubren tres regímenes de operación del motor.

Las de escape, en los primeros 505 segundos de la prueba, son las emisiones transitorias frías, cuando el vehículo se calienta gradualmente a medida que se maneja en el ciclo.

Las emisiones mostrarán entonces los efectos de operación de arranque en frío y las características del calentamiento del vehículo. Cuando pasan los 869 segundos restantes del ciclo, se considera que ya se ha "calentado" el auto y las emisiones son las llamadas "estabilizadas".

El régimen final de la prueba tras la saturación en caliente es la sección "no transitoria" y muestra los efectos del arranque en caliente. Las emisiones de cada una de las pruebas se recogen en bolsas separadas, para analizar cuantitativamente su composición.

Finalmente se cuenta la masa emitida de cada contaminante en gramos por kilómetro recorrido. La economía del combustible se mide en un dinamómetro de chasis que reproduce las velocidades y cargas típicas del manejo urbano y en carretera. La economía de combustible se calcula a partir de los datos de las emisiones de descarga, en el caso de carretera la velocidad promedio es de 78 km/h.

En la Figura A.1 se muestra un esquema general del equipo de prueba de emisiones en automóviles.

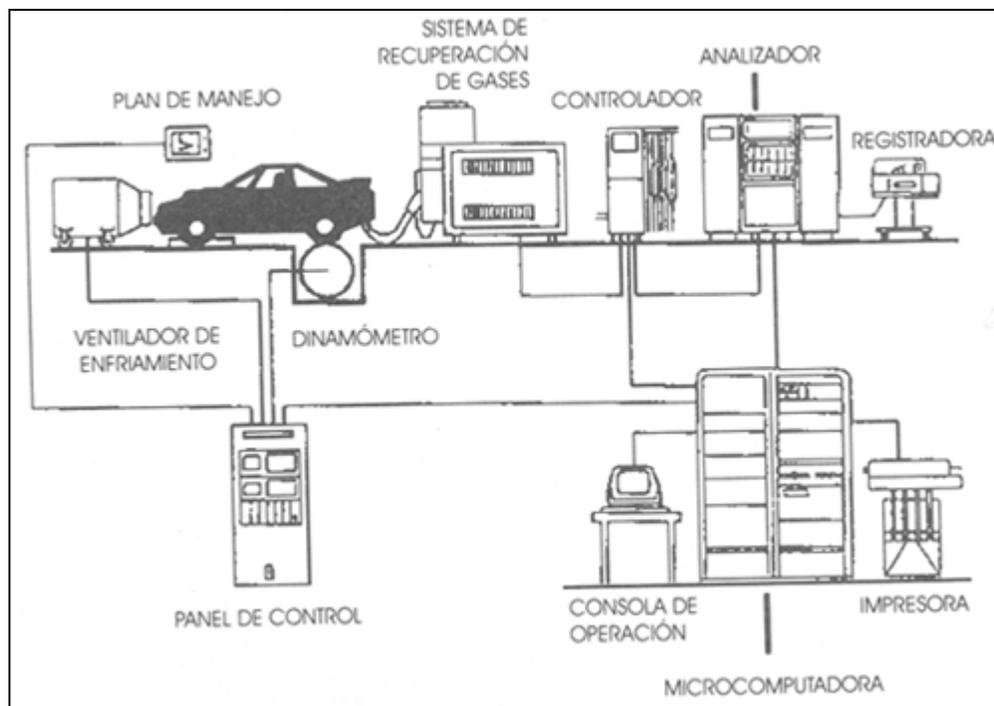


Figura A.1 Esquema de un sistema de evaluación de las emisiones de automóviles.

ANEXO 5

DIAGRAMAS ELÉCTRICOS

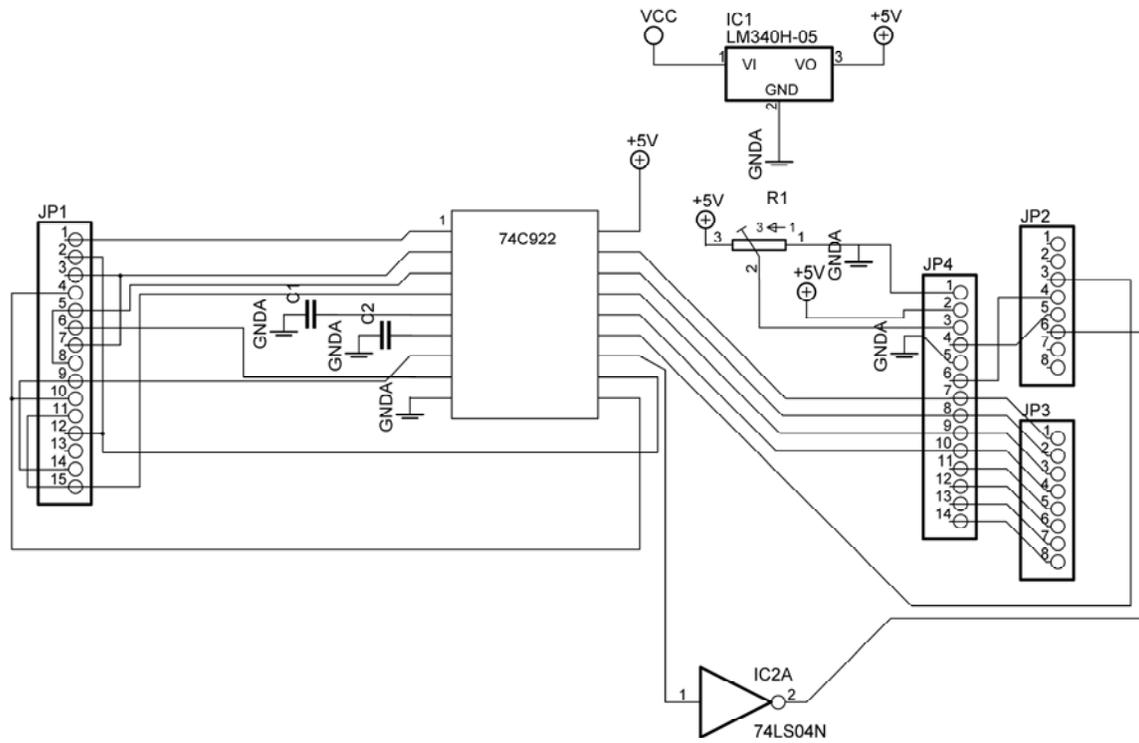


Diagrama eléctrico para la tarjeta de LCD y TECLADO

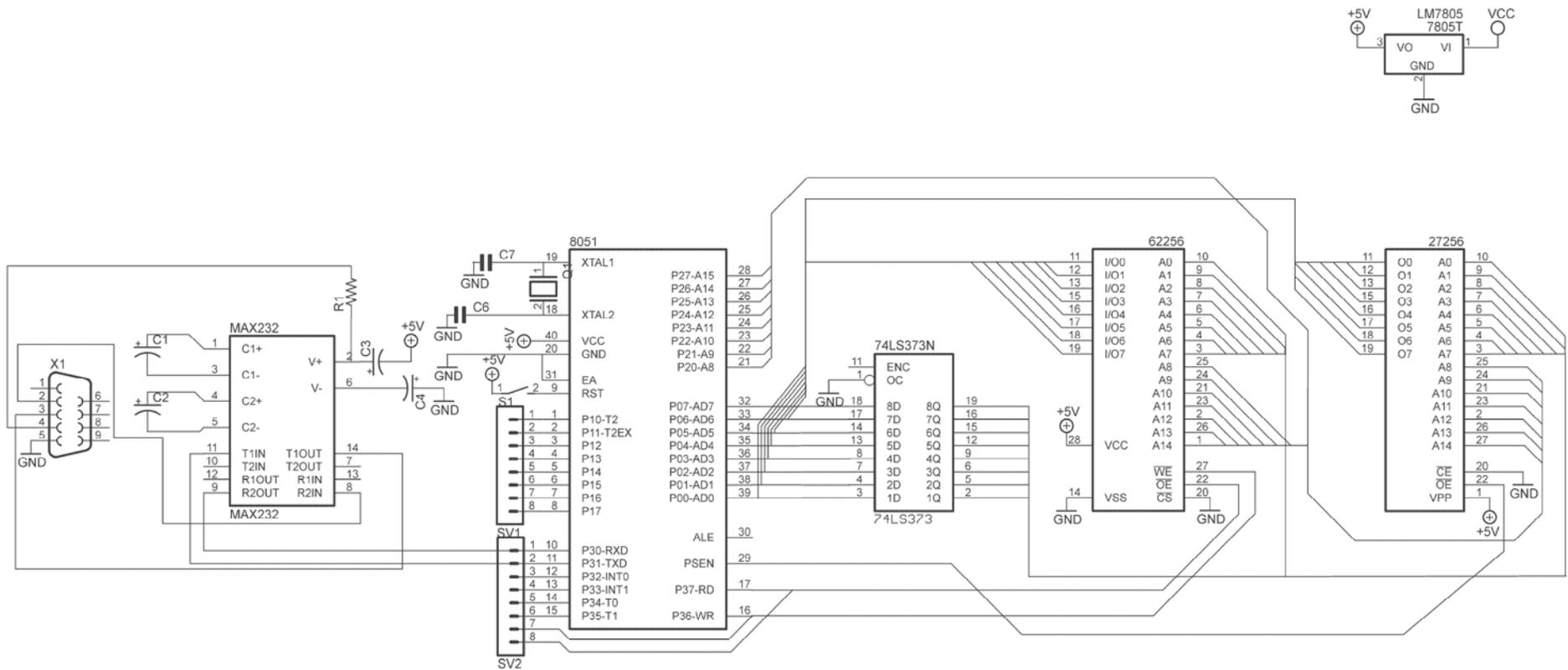


Diagrama eléctrico de la tarjeta de adquisición de datos

GLOSARIO

Analizador de Gases. Es un instrumento que sirve para medir la concentración de algunos gases producidos en una emisión.

Byte. Para este caso, conjunto de 8 bits.

Calibración. Es el procedimiento de comparación entre lo que indica un instrumento y lo que "debiera indicar" de acuerdo a un patrón de referencia con valor conocido.

Comando. Es una instrucción u orden dirigida a la computadora para que realice una acción determinada.

Concentración. Es la magnitud química que expresa la cantidad de un elemento o un compuesto por unidad de volumen.

Contaminante. Toda materia o energía en cualquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural, además de degradar su calidad original a niveles no propios para la salud y el bienestar humano, poniendo en peligro los ecosistemas naturales.

Diagrama de Bloques. Es la ventana en la que se realiza la programación del instrumento virtual.

Dinamómetro. Es un instrumento que se utiliza para medir la fuerza o potencia mecánica de un motor.

Dinamómetro de Chasis. Es un instrumento que se utilizan para medir la potencia del motor instalado en un vehículo.

Dióxido de Carbono. Con símbolo CO_2 , es un gas incoloro, inodoro e incombustible que se encuentra en baja concentración en el aire que respiramos (en torno a un 0.03% en volumen). El dióxido de carbono se genera cuando se quema cualquier sustancia que contiene carbono. También es un producto de la respiración y de la fermentación. Las plantas absorben dióxido de carbono durante la fotosíntesis.

Emisión. Es una descarga proveniente de una fuente fija natural o artificial de contaminación del aire.

Gas. Estado de agregación de la materia que no tiene forma ni volumen propio. Su principal composición son moléculas no unidas, expandidas y con poca fuerza de atracción, provocando que este se expanda para ocupar todo el volumen del recipiente que la contiene.

Hexano. Con símbolo C_6H_{14} , es un hidrocarburo alifático (compuestos orgánicos constituidos por Carbono e Hidrógeno) alcano (que tienen sólo átomos de carbono e hidrógeno) con seis átomos de carbono; se trata de un líquido incoloro, fácilmente inflamable y con un olor característico a disolvente.

Hidrocarburos. Con símbolo HC, son compuestos orgánicos formados únicamente por carbono e hidrógeno.

Infrarrojo No Dispersivo. También conocido como NDIR, es una técnica que se usa para medir las concentraciones de los gases.

Instrumento Virtual. También conocido como VI, es un módulo programado que simula el panel frontal de un instrumento real.

Interfaz. Es un elemento de transición o conexión que facilita el intercambio de datos entre una aplicación computacional y el usuario.

Longitud de una cadena. Número de elementos que contiene una cadena.

Monóxido de Carbono. Con símbolo CO, es un gas inodoro, incoloro, inflamable y altamente tóxico. Es una sustancia tóxica por su capacidad para unirse a la hemoglobina, el pigmento respiratorio de la sangre, impidiendo que capte y transporte el oxígeno.

Óxidos de Nitrógeno. Con símbolo NO_x, en donde x representa cualquier proporción de oxígeno o nitrógeno, son gases contaminantes a base de nitrógeno y oxígeno que se forman en las combustiones con exceso de oxígeno y altas temperaturas.

Oxígeno. Con símbolo O₂, es un gas sin color, olor ni sabor que constituye el 21% del aire que respiramos de la atmósfera.

Partes por Millón. Abreviado como ppm, es la unidad empleada usualmente para valorar la presencia de elementos en pequeñas cantidades. Generalmente suele referirse a porcentajes en peso en el caso de sólidos y en volumen en el caso de gases. También se puede definir como «la cantidad de materia contenida en una parte sobre un total de un millón de partes». Técnicamente, 1 ppm corresponde a 1 µg/g, 1 mg/kg ó (para el agua) 1 mg/L.

Propano. Con símbolo C₃H₈, es un hidrocarburo gaseoso incoloro e inodoro procedente del petróleo que se emplea como combustible.

Puerto Serial Asíncrono. Es un adaptador asíncrono (que no tiene un intervalo de tiempo constante entre cada evento) utilizado para poder intercomunicar varios ordenadores entre sí. Un puerto serie recibe y envía información fuera del ordenador mediante un determinado software de comunicación o un driver del puerto serie. El software envía la información al puerto carácter a carácter, convirtiéndolo en una señal que puede ser enviada por un cable serie o un módem. Cuando se ha recibido un carácter, el puerto serie envía una señal por medio de una interrupción indicando que el carácter está listo. Cuando el ordenador ve la señal, los servicios del puerto serie leen el carácter.

Solicitud. Cadena enviada a la banca analizadora correspondiente a cada comando para la obtención de datos.

Sonda. Es un objeto cuya misión es llegar a un objetivo prefijado y realizar algún tipo de acción o mandar información.

Trampa de Agua. Es un dispositivo encargado de separar todas aquellas moléculas de agua que se encuentran suspendidas dentro de la muestra de gas.

Transductor. Es un dispositivo capaz de transformar o convertir un determinado tipo de energía de entrada, en otra diferente de salida.

Trifilter. Es un filtro que se encarga de eliminar todos aquellos residuos sólidos que lleva la muestra de gases.

Válvula chec. Se utiliza para transportar el flujo de las muestras de gases en una sola dirección.

Válvula Solenoide. Es un dispositivo de aplicaciones neumáticas, que se encarga de seleccionar el origen de la muestra de gases que será analizado.

BIBLIOGRAFÍA

- 80C51 Family, Philips Semiconductors
- MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS. Manual Texas Instrument
- MC1488 Quadruple Line Driver. Manual Texas Instruments
- MC78XX/LM78XX. Fairchild Semiconductor International
- J.G. Proakis, D. G. Manolakis. Tratamiento Digital de señales. Prentice Hall, 1997
- Alan V. Oppenheim, Alan S. Willsky, S. Hamid Nawab ; tr. Gloria Mata Hernández. Señales y sistemas. México :Prentice Hall Hispanoamérica, c1998
- TOKHEIM: Principios Digitales. 3ª ed. McGraw-Hill. Serie Schaum. Madrid, 1995
- Perry, Robert H. Chemical Engineers' Handbook ,5ª ed. McGraw-Hill
- Betz Laboratories (Firma comercial). Betz handbook of industrial water conditioning. Trevese, pa. : Betz, 1976
- Purdy Electronics Corporation. AND491GST Intelligent Alphanumeric Application Notes
- Angulo Usategui, José María. Microprocesadores: fundamentos, diseño y aplicaciones en la industria y en los microcomputadores. Madrid. Paraninfo, 1985
- Juan D. Aguilar Peña, Antonio Domenech Martínez, Javier Garrido Sánchez. Simulación electrónica con PSPICE. México. Alfa omega: 1998.
- Deppert, Werner. Dispositivos neumáticos: Introducción y fundamentos. Barcelona Marcombo, 1974.
- 6600 Product Manual. ANDROS INCORPORATED
- Manual del Microcontrolador 8051. Dr. Alejandro Vega
- http://digital.ni.com/worldwide/latam.nsf/web/all/B84C36E635AA2D2386256C36007B2386?OpenDocument&node=165520_esa