

# Universidad Autónoma de Guadalajara

Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México

---

## ESCUELA DE INGENIERIA

18<sup>2</sup>  
Ejemplar



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

“Control Digital de las Funciones  
de un Automóvil”

**TESIS PROFESIONAL**

que para obtener el título de:

**Ingeniero Mecánico Electricista**

presenta:

**Roberto Ovalles Melgem**



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I. TRANSDUCTORES.....	3
INTRODUCCION.....	4
1.1- TRANSDUCTOR DE CARGA.....	6
1.2- TRANSDUCTOR DE NIVEL DE GASOLINA.....	6
1.3- TRANSDUCTOR DE TEMPERATURA.....	8
1.4- TRANSDUCTOR DE PRESION.....	9
1.5- TRANSDUCTOR DE VELOCIDAD.....	10
CAPITULO II. CONVERTIDORES A/D.....	12
INTRODUCCION.....	13
2.1- SELECCION DE A/D.....	13
2.2- DESCRIPCION DEL A/D.....	14
2.3- DISPOSITIVOS DE ACOPLO.....	16

## INDICE

CAPITULO III. CONFIGURACION DE LA MICROCOMPUTADORA.....	18
INTRODUCCION.....	19
3.1- SELECCION DEL MICROPROCESADOR.....	19
3.2- CARACTERISTICAS DEL MICROPROCESADOR.....	22
3.3- COMPONENTES DEL MICROCOMPUTADOR.....	35
CAPITULO IV. EJEMPLO DE CONTROL DE VELOCIDAD.....	51
INTRODUCCION.....	52
4.1- JUEGOS DE INSTRUCCIONES.....	52
4.2- INTRODUCCION AL PROGRAMA.....	55
4.3- DIAGRAMA DE FLUJO.....	57
4.4- PROGRAMA.....	59
CAPITULO V. ANALISIS ECONOMICO.....	66
CAPITULO VI. CONCLUSIONES.....	69
BIBLIOGRAFIA.....	70

## INTRODUCCION

En esta tesis se presenta un estudio completo y actualizado de los principios y técnicas utilizadas en el campo de la medición digital utilizando un microprocesador y sus periféricos, para efectuar un control sobre las variables involucradas.

Las mediciones a estudiar en este proyecto, serán sobre el campo del automóvil, por lo que se estudiarán las diferentes posibilidades para seleccionar la más adecuada en lo que respecta al control.

Otros puntos de estudio serán los transductores, convertidores Análogo / Digital y dispositivos electrónicos necesarios para los acoplamientos de un bloque con otro.

La finalidad de llevar a cabo este proyecto es la de disminuir el índice de accidentes debido a fallas mecánicas ocasionadas por la falta de un mantenimiento preventivo y los producidos por exceso de velocidad; dado que los dispositivos utilizados ayudarán al conductor a conocer el estado de su automóvil en cualquier momento.

Las diferentes alternativas a efectuar el control de las funciones del automóvil se verán a continuación:

a) Utilizando amplificadores operacionales:

Esta opción utiliza a los amplificadores operacionales como comparadores, por lo que el control se hará de manera analógica, por lo que a diferencia de las alternativas siguientes, no se tendría que digitalizar la señal del transductor para efectuar dicho control, debido a que el transductor nos entrega la señal analógica que se requiere para utilizar los amplificadores operacionales.

Las desventajas que presenta son las siguientes:

El diseño se hace para una condición especial y si posteriormente se desea modificar, se tiene que rediseñar el control, lo que implica posiblemente otros elementos y por consecuencia se necesitaría cambiar los impresos, lo que resultaría impráctico.

Se requiere diseñar en forma individual el control de cada una de las variables, por lo que se tendrá tantos diseños como variables involucradas; lo cual se debe a lo expuesto anteriormente, es decir, si se desea modificar una condición, se modifica sólo el diseño de una variable y no el sistema completo.

El diseño puede llegar a ser muy complejo y de gran tamaño, lo que representaría un problema, dado que es aplicado al automóvil.

b) Por medio de circuitos digitales:

Es decir, utilizando compuertas lógicas, flip - flops, contadores, sumadores, decodificadores, etc., para desarrollar las mediciones y efectuar el control sobre determinada función.

Esta alternativa presenta las mismas desventajas que si se utilizaran amplificadores operacionales, debido a que si se desea cambiar o modificar las condiciones de control se tendrá que rediseñar el control. Por esta razón se elaboraría por separado cada función, para no modificar el sistema completamente si sólo se modifica algún parámetro de una sola función, así mismo se tiene la desventaja del tamaño.

Además, esta alternativa requiere de un convertidor Análogo/Digital.

c) Por medio de un microcomputador:

Esta opción tiene la desventaja de necesitar periféricos, es decir, sistemas de memoria, e interfaces para la comunicación del microprocesador con el exterior, requiere de convertidores Análogo/Digital, pero tiene la gran ventaja de utilizar un solo diseño para todas las funciones incluso se podrían expandir a más funciones en caso necesario, sólo modificando el programa del microcomputador.

Basado en lo escrito anteriormente, considero que la alternativa que más se ajusta a lo requerido por el proyecto es la del microcomputador, es decir la alternativa "c", dado por la versatilidad del mismo, para aplicarse a varias funciones casi simultáneamente.

El campo de control sólo se enfocará al estudio de la velocidad, ya que para las otras funciones se aplica un criterio muy similar y con las mismas bases. Y con respecto a la digitalización, se hará de la velocidad, temperatura, presión, nivel de gasolina y carga del alternador.

# CAPITULO I

## TRANSDUCTORES

### INTRODUCCION.

1.1- TRANSDUCTOR DE CARGA.

1.2- TRANSDUCTOR DE NIVEL DE GASOLINA.

1.3- TRANSDUCTOR DE PRESION.

1.4- TRANSDUCTOR DE TEMPERATURA.

1.5- TRANSDUCTOR DE VELOCIDAD.

## INTRODUCCION.

En éste capítulo se estudiarán algunas partes fundamentales del automóvil, para poder seleccionar el transductor que más se adecúe a las necesidades del proyecto.

Se estudiarán los diferentes tipos de transductores para elegir el más conveniente.

Un transductor, es un dispositivo que convierte energía de una forma a otra.

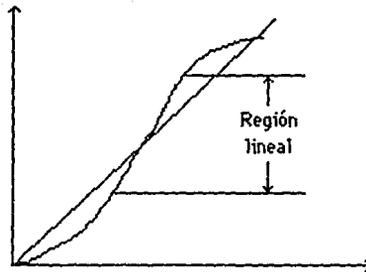
El transductor, es idealmente sensible sólo a efectos de una cantidad física en particular. Así mismo, este convierte la porción de energía de la función que se mide a una forma que pueda ser utilizada por algún procesador de señal.

El transductor, tiene definido un rango de operación en el cual trabaja linealmente, al cual se le denomina: "RANGO DINAMICO"; otro parámetro, es el de la relación de la salida con respecto a la entrada, al cual se llama: "COEFICIENTE DE CALIBRACION DEL TRANSDUCTOR", para un transductor lineal, es la pendiente de la característica de transferencia.

Un transductor ideal, tiene una respuesta a la frecuencia plana (la ganancia, es constante en relación a la frecuencia), es decir, no existe distorsión de amplitud de diferentes componentes de frecuencia de entrada. El ancho de banda del transductor, es el rango de frecuencias en el cual la función de transferencia tiene una característica plana, hasta donde el valor cae ó decrece a  $-3dB$ .

A pesar, de que idealmente, un transductor tiene una característica lineal; muy frecuentemente, ésta en un transductor real es "no lineal", por lo que se requiere linealizar la salida, esto se realiza por medio de algún proceso, dependiendo de la curva de transferencia.

A continuación se muestra una gráfica con la característica de transferencia de un transductor:



Curva característica de un transductor.

Figura # 1.1

En el automóvil existen varios parámetros que se pueden medir y controlar, en el presente estudio se trabaja sobre los siguientes:

- 1.- Carga
- 2.- Gasolina
- 3.- Presión
- 4.- Temperatura
- 5.- Velocidad

Con la gran diversidad de tipos y modelos de automóviles existentes en el mercado la medición de los parámetros puede llegar a ser muy variable. Sin embargo, todos presentan características similares en lo que respecta al funcionamiento, sólo que varían en los rangos de medición, lo cual se captará por medio del transductor que se seleccione para ésta señal.

En este caso en particular, el estudio se realiza sobre un automóvil Ford Mustang modelo 1980, que tiene un motor 302 de ocho cilindros.

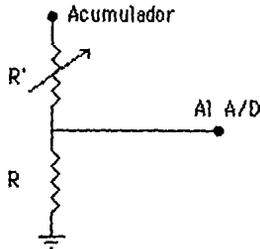
A continuación se describe la ubicación de los transductores con los que cuenta y sobre la respuesta que presenta en los parámetros a estudiar.

El estudio matemático, para determinar los valores de resistencia y los dispositivos a utilizar con los transductores, se hará en la sección 3 del Capítulo III.

### 1.1- TRANSDUCTOR DE CARGA.

Para la medición de carga del automóvil, se utilizará un divisor de voltaje, con la finalidad de adecuar la señal de voltaje al rango de entrada del A/D.

En el divisor de voltaje se utilizan resistencias de valor grande para no consumir mucha potencia, y dado que el A/D no requiere una señal grande de corriente; el divisor se hace con un potenciómetro para ajustar exactamente la señal al A/D. En la siguiente figura se muestra el transductor a emplearse:



Transductor de carga.

Figura # 1.2

El funcionamiento de éste transductor es el siguiente:

Cuando el alternador está operando envía un voltaje al acumulador con un valor mayor al de 12.0 Volts. del acumulador para que este se pueda cargar, debido a esta diferencia de voltaje circula una corriente del alternador al acumulador, y por medio del divisor de voltaje se está sensando éste aumento de voltaje y envía la señal al A/D donde éste la registra.

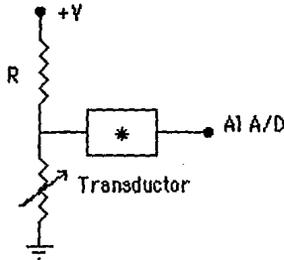
En el caso contrario cuando por alguna razón cualquiera se está descargando el acumulador, el voltaje disminuye por debajo de 12.0 Volts, el divisor de voltaje lo registra y lo envía al A/D.

El alternador del Ford Mustang tiene una generación de 55 Amperes máxima y el acumulador es de 12.0 Volts, con 6 placas por celda.

### 1.2- TRANSDUCTOR DE NIVEL DE GASOLINA.

Para la medición del nivel de gasolina se tiene como transductor una resistencia variable, controlada por medio de un flotador, así que dependiendo del nivel de líquido, (en este caso gasolina) es la resis\_

tencia que presenta a la salida, para poder tomar la señal se hace un divisor de voltaje, donde el transductor al variar su resistencia nos dará por resultado un voltaje que variará en proporción a la misma:



Transductor de nivel de gasolina.

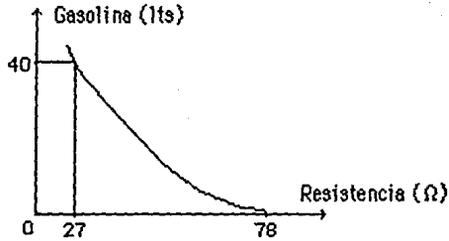
Figura # 1.3

En la figura # 1.3 se muestra la configuración para sensar el nivel de gasolina, y esquematiza por medio de un bloque un circuito necesario para acoplar al A/D, de tal manera de que lo que registre el A/D sea proporcional al nivel de gasolina.

Esto es para tener una referencia común a todas las señales que se van a medir, y como en el caso del transductor de nivel, la relación de nivel en relación a la respuesta en el valor de la resistencia es inversamente proporcional; es decir, al aumentar el nivel disminuye la resistencia y viceversa se hace necesario un arreglo, el cual se mencionó con anterioridad.

Otro problema que se presenta para digitalizar esta señal es que como se trata de un líquido, y este se sensa por medio de un flotador, y al estar en movimiento el vehículo, el nivel del fluido varía, por lo que sería inestable este sistema, ya que por ser un sistema digital, la lectura de los display, estaría variando continuamente, lo que no nos sería de utilidad, debido a que las lecturas no se podrán registrar, para solucionar este problema se utiliza un circuito detector de pico, basado en un amplificador operacional para que de esta manera las variaciones registradas en el A/D sean más lentas, y por lo tanto el sistema sea más estable.

La curva de respuesta de este transductor se muestra a continuación en la siguiente gráfica:



Curva característica del transductor de nivel de gasolina.

Figura # 1.4

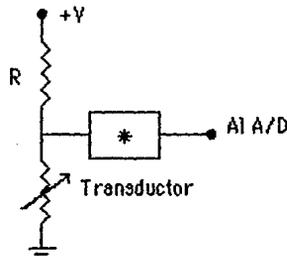
### 1.3- TRANSDUCTOR DE TEMPERATURA.

El transductor se encuentra ubicado en la parte superior al centro del motor en el monoblock.

El transductor es un termistor, el cual debido a sus características es muy aproximado a un lineal en el rango que se utiliza por lo que no requiere linealizar la señal antes de la entrada al A/D.

La característica de salida, o mejor dicho, la curva de transferencia es inversamente proporcional a la temperatura, es decir, al aumentar la temperatura disminuye la resistencia.

A continuación, se muestra la configuración para sensar el nivel de temperatura, así mismo se incluye un bloque para el acoplamiento con el A/D, con la finalidad de hacer que la señal de entrada al A/D sea proporcional a la temperatura que se está midiendo. Es decir, que el voltaje sea directamente proporcional a la temperatura:



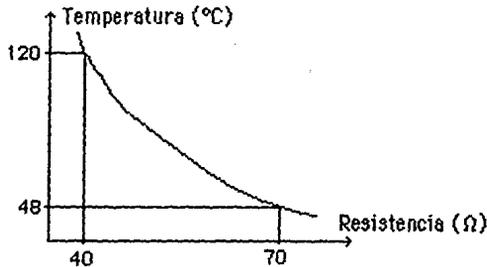
Transductor de temperatura.

Figura # 1.5

Tal proceso, se logra con un arreglo de operacionales, el primer paso, es un inversor de ganancia igual a uno; el segundo consiste, en un

sumador en el cual se suma un voltaje fijo con la salida del inversor, esto es, con la finalidad de que la salida sea la diferencia del voltaje de referencia menos la señal del transductor, de esta manera, al incrementar la temperatura, disminuye el voltaje del transductor y en consecuencia la salida del sumador es mayor. En éste paso, se realizan cálculos para que se afecten adecuadamente, el voltaje de referencia y el de la señal; la tercera y última etapa consiste, en otro inversor con ganancia  $A_v$ , debido a que a la salida del sumador se tiene un voltaje negativo y el A/D, requiere que éste sea positivo.

La gráfica siguiente, es la curva de respuesta de dicho transductor



Curva característica del transductor de temperatura.

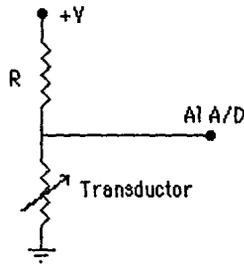
Figura # 1.6

#### 1.4- TRANSDUCTOR DE PRESION.

El transductor de presión, se encuentra ubicado en la parte delantera del motor, en el lado derecho y en la parte inferior del mismo.

Este consiste, de una resistencia variable, el cual, al aumentar la presión interna del aceite, incrementa la resistencia del transductor.

La curva de salida es muy aproximada a una recta, por lo que sólo se requiere un divisor de tensión para adecuar el voltaje al valor deseado para la entrada al A/D:

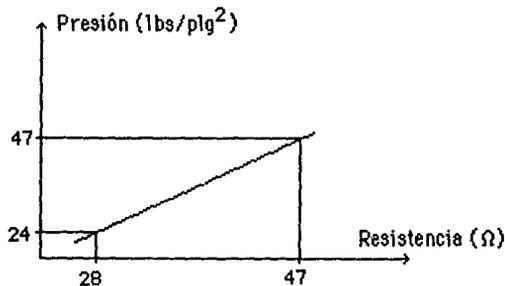


Transductor de presión.

Figura # 1.7

La figura anterior, es una ilustración de la configuración del transductor antes mencionado.

La respuesta de dicho transductor, como ya se mencionó antes, es similar a una recta, y está dada por:



Curva característica del transductor de presión.

Figura # 1.8

### 1.5-- TRANSDUCTOR DE VELOCIDAD.

La señal de velocidad se obtendrá de la salida de la transmisión, utilizando el cable que éste trae, para medir la velocidad análogamente.

Este cable va acoplado físicamente a la salida de la transmisión que pasa la rotación a la flecha, la cual transmite este movimiento al diferencial, el cual a su vez lo transmite a las ruedas traseras, por lo que las revoluciones del cable son proporcionales a la velocidad del automóvil, ya que ésta depende de la velocidad de giro de las ruedas traseras en proporción al radio de las ruedas.

Para poder obtener ésta señal para el microcomputador, se le ac\_

Se hará al cable un disco con unas perforaciones y por medio de un opto\_ acoplador y un contador, se obtendrán las revoluciones del cable multiplicadas por un factor, el cual es el número de ranuras del disco y de esta manera se podrá muestrear la velocidad del automóvil.

El diámetro de las ruedas del automóvil Ford Mustang modelo 80 es de aproximadamente 60 cm., por lo que el perímetro total de la rueda es de 188.5 cm. ( $P = 3.1416 * D$ ).

Por lo consiguiente, para recorrer un kilómetro es necesario que la rueda de un total de 530.5 vueltas. La relación de vueltas del cable acoplado a la salida de la transmisión y la rueda es de aproximadamente 7 a 1, es decir, que cuando la rueda da una vuelta completa el cable da siete revoluciones.

El número de revoluciones por segundo del disco cuando el automóvil viaja a una velocidad de 1 Km/hr. es aproximadamente de 1.032 RPS.

## CAPITULO II

### CONVERTIDORES A/D.

#### INTRODUCCION.

2.1- SELECCION DE A/D.

2.2- DESCRIPCION DEL A/D.

2.3- DISPOSITIVOS DE ACOPLO.

## INTRODUCCION.

El objetivo de este capítulo es el de seleccionar el A/D que mejor se adapte al transductor que se utilizará, y que se pueda adaptar al microprocesador.

También se estudiarán los dispositivos que sean necesarios, para poder realizar el acoplo del A/D al sistema, es decir, ensamblar el A/D al microprocesador y a los transductores.

### 2.1- SELECCION DE A/D.

Los transductores tienen como salida una señal analógica, por este motivo, es necesario convertir la señal analógica a digital, pues, el uso del microprocesador así lo requiere, ya que éste utiliza señales digitales, para el manejo de información.

Para la conversión A/D, se tienen bastantes tipos, dentro de los lineales tenemos:

AD 7520, AD 7521, DAC 0900, DAC 0808, DAC 1020, DAC 1200, DAC 1202, DAC 1220, DAC 1280, DAC 1285, DAC 1287, LM 1508, LM 1408.

Todos estos circuitos, toman una señal analógica y la convierten a un código, debido a esta condición, para digitalizar las cinco señales analógicas, se requieren cinco convertidores, además, se ocuparía un circuito que convirtiera de las salidas de los A/D a ocho salidas para los requisitos que tiene el microcomputador y se requiere aparte, sincronizar que el A/D, mande la señal para el instante que éste lo requiera.

Se tiene dentro de la tecnología, CMOS en convertidores A/D, los siguientes:

ADC 0808 y ADC 0816.

EL ADC 0808.

Tiene ocho entradas analógicas, y es compatible con un microprocesador de ocho bits, por lo que cumple las necesidades del proyecto y no se requiere de circuitería de acoplo ni de sincronización.

EL ADC 0816.

Al igual que el ADC 0808, es compatible con un microprocesador de ocho bits y no requiere de un acoplo, sólo se diferencia en que en lugar de ocho entradas analógicas, éste tiene 16.

De la comparación de los A/D existentes, se observa que el ADC 0808 es el más útil en esta aplicación, pues, con éste se utiliza un sólo circuito para la conversión A/D y no se hacen necesarios elementos

adicionales para adaptar al mismo al microprocesador, así como otros circuitos para la sincronización debido a que éste A/D, tiene integrado un multiplexor, para seleccionar la señal que se desee, por medio de la salida de microprocesador.

El ADC 0816, también puede desempeñar esta función, pero la razón por la que se seleccionó el ADC 0808 fue debido a que éste tiene ocho entradas analógica y el anterior tiene 16, y para esta aplicación solo se requieren cinco.

## 2.2- DESCRIPCIÓN DEL A/D.

El ADC 0808, es un dispositivo CMOS monolítico, con ocho entradas analógicas multiplexadas y la conversión a digital es de ocho bits, lo que es compatible con un microprocesador. Este convertidor A/D de ocho bits, utiliza la aproximación sucesiva como técnica de conversión. Así mismo, éste elemento presenta una alta impedancia para la estabilización del comparador, un divisor de tensión con un interruptor análogo en árbol (ramificado), y un registro de aproximación sucesiva.

La multiplexión, a los ocho canales puede realizarse con acceso directo para cualquiera de las ocho señales analógicas.

Este dispositivo, elimina la necesidad de un ajuste externo a cero y a plena escala. Tiene una fácil interfase para el microprocesador proporcionada por el flip-flop (candado), además presenta un decodificador multiplexor para direccionar las entradas, así como también las salidas de tres estados.

El diseño del ADC 0808, ha sido optimizado por la incorporación, de los aspectos más deseables de varias técnicas de conversión analógica-digital. Este dispositivo, ofrece una alta velocidad, mínima dependencia de la temperatura, un consumo mínimo de potencia y una alta exactitud. Estas características, hacen a éste dispositivo ideal para las aplicaciones de procesos y control de máquinas para aplicaciones automotrices.

Las características de dicho convertidor se dan a continuación:

- 8-bits de resolución.
- Tiempo de conversión: 100 microsegundos.
- Voltaje de alimentación: 5 Volts.
- Voltaje de salida a nivel TTL.
- Voltaje analógico de entrada: de 0 a +5 Volts.
- No pierde códigos.
- Multiplexión de 8 entradas con control lógico.
- Fácil interface con microprocesadores.
- No requiere ajuste a cero o a plena escala.
- Consumo de potencia baja: 15 mW.
- Error máximo: 1/2 a 1 LSB.
- Salidas de tres estados.

A continuación se presenta un diagrama a bloques del convertidor:

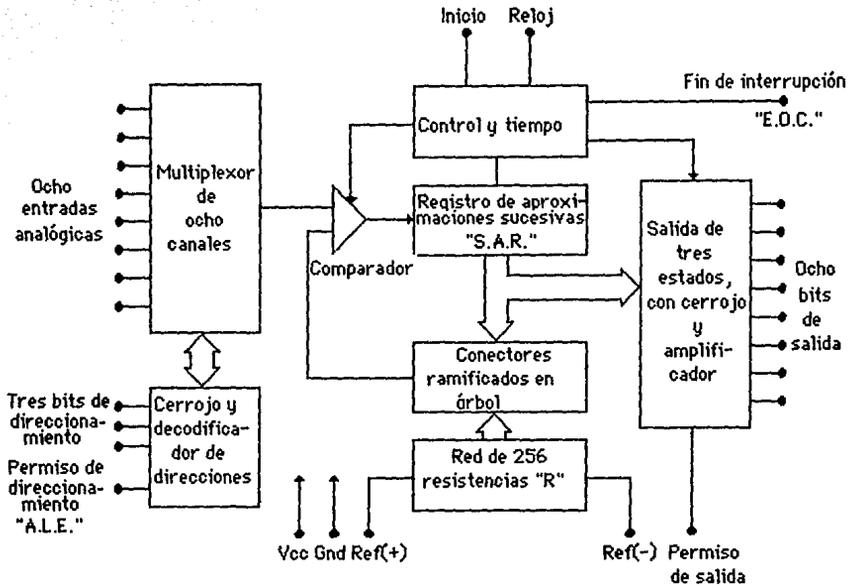


Diagrama a bloques del A/D.

Figura # 2.1

En este diagrama a bloques se puede observar que este convertidor requiere de un pulso de inicio (start) y al terminar la conversión manda otro pulso (E.O.C.), también tiene una señal para inhibir la entrada de direccionamiento (ALE), es decir, cuando esta señal es baja no permite el cambio de direccionamiento y otra señal similar actúa sobre la salida, al momento que se termina la conversión espera un pulso para mandar los datos a la salida de ocho bits.

La relación entre la entrada y salida de éste convertidor esta dada por la siguiente expresión matemática:

$$V_{in} / (V_{fs} - V_z) = D_x / (D_{m\acute{a}x} - D_{m\acute{i}n}) \quad (2.1)$$

Donde:

- $V_{in}$  = Voltaje de entrada al A/D.
- $V_{fs}$  = Voltaje a plena escala.
- $V_z$  = Voltaje de referencia.
- $D_x$  = Dato al punto a medir.
- $D_{m\acute{a}x}$  = Dato límite máximo.
- $D_{m\acute{i}n}$  = Dato límite mínimo.

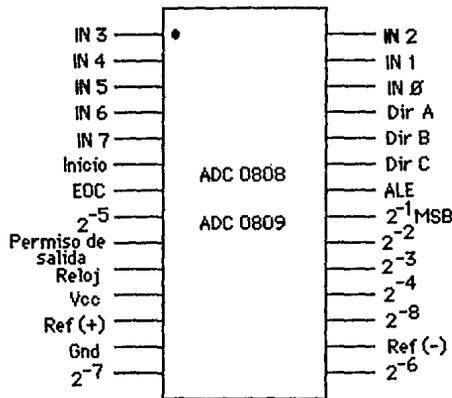
Como se mencionó anteriormente este dispositivo contiene un multiplexor de ocho canales, el cual tiene la siguiente tabla de verdad:

T A B L A No. 2.1

Tabla de multiplexión.

CANAL ANALOGO SELECCIONADO	LINEA DIRECCIONADA		
	C	B	A
IN0	0	0	0
IN1	0	0	1
IN2	0	1	0
IN3	0	1	1
IN4	1	0	0
IN5	1	0	1
IN6	1	1	0
IN7	1	1	1

La distribución de patitas de este dispositivo se muestra a continuación:



Distribución de patitas del A/D.

Figura # 2.2

## 2.3- DISPOSITIVOS DE ACOPLO.

Como se mencionó en la sección "2.1" éste A/D, no requiere de acoplamiento con el microprocesador, ya que tiene ocho bits de salida y los estados lógicos son compatibles con el mismo; ahora estudiando a los transductores con la señal de entrada del convertidor, se observa que se requiere un arreglo de operacionales para poder adecuar la señal del transductor, y como todas las entradas requieren una sola referencia a tierra se hace otro arreglo especial en los transductores de nivel de gasolina y de temperatura, debido que las respuesta de ambos transducto\_

res es una curva inversa, es decir, la resistencia varía inversamente proporcional al aumento de la señal medida, como se puede observar en las secciones correspondientes a estos transductores en el Capítulo I.

## CAPITULO III

### CONFIGURACION DE LA MICROCOMPUTADORA

#### INTRODUCCION.

3.1- SELECCION DEL MICROPROCESADOR.

3.2- CARACTERISTICAS DEL MICROPROCESADOR.

3.3- COMPONENTES DEL MICROCOMPUTADOR.

## INTRODUCCION .

La finalidad de éste capítulo, es la de dar a conocer al lector los elementos que conforman el sistema de la microcomputadora, así como también las características principales de la misma.

Se estudiarán los microprocesadores a utilizar, así como los periféricos y memorias, y se seleccionará el que satisfaga a los requerimientos del sistema.

### 3.1— SELECCION DEL MICROPROCESADOR .

Existe una gran diversidad de tipos de microprocesadores, por lo que se seleccionará el que más se adecúe a los requerimientos del sistema y que implique una menor complejidad.

A continuación se presentan varios tipos de microprocesadores, cada uno con sus respectivas características de funcionamiento:

#### Z80.

- Alimentación única de +5 Volts.
- Una sola fase de reloj a nivel TTL.
- Bus de datos de 8 bits.
- Bus de direcciones de 16 bits.
- Bus de control de 13 bits.

Este microprocesador requiere de un PIA (8212), el cual tiene dos puertos de ocho bits con cuatro modos de funcionamiento, los cuales son:

- Salida de byte.
- Entrada de byte.
- Byte bidireccional (disponible sólo en el puerto A).
- Control de bit.

Además, todas las entradas y salidas son completamente compatibles a nivel TTL.

En adición requiere de un arreglo de memorias (ROM y RAM) para el almacenamiento del programa y los datos a procesar.

Contiene dos pares independientes de acumuladores y registros de índice, dos registros especiales el PC y el SP (contador de programa y puntero de fila respectivamente), un registro de generación de memoria y por último la ALU (unidad aritmética-lógica) de ocho bits en paralelo.

**8080.**

El 8080, presenta a su vez, las siguientes características:

- Bus de datos de 8 bits.
- Bus de direcciones de 16 bits.
- Bus de control de 12 bits.
- La ALU, consta de:
  - La ALU propia de ocho bits en paralelo.
  - Acumulador principal de ocho bits.
  - Acumulador temporal de ocho bits.
  - Registro temporal de ocho bits.
  - Cinco registros de un bit (Registro de estado).
- Registros especiales PC y SP.
- Cuatro registros de 16 bits, divididos en dos porciones de 8 bits cada uno.
- Tres alimentaciones diferentes (12, 5 y -5 Volts.).
- Dos señales de reloj.
- Al igual que el Z80 requiere de un PIA, y de un arreglo de memorias ROM y RAM.

**8085.**

El microprocesador 8085 tiene un sistema completo mínimo a base de sólo tres componentes. sus características principales son:

- Generador de señales de reloj integrado.
- Control del sistema integrado.
- Una sola alimentación de 5 Volts.
- En lo demás, éste es similar al microprocesador 8080, el cual ya se explicó anteriormente.

**8048.**

La familia del microprocesador 8048, denominada MCS-48, ha sido posible gracias a los últimos avances en tecnología NMOS, que ha permitido fabricar en un circuito integrado un auténtico microordenador, que contiene todas las funciones requeridas en un sistema de proceso digital.

Las características principales de éste microordenador de cuarenta patitas, son las siguientes:

- CPU de 8 bits.
- Memoria de programa ROM de 1K x 8 bits.
- Memoria de datos RAM de 64 x 8 bits.
- Capacidad de puertos E/S de 27 líneas.
- Contador/temporizador de 8 bits.
- Dos bancos de registros de trabajo.
- Frecuencia de reloj controlada por cristal, por inductancia o bien generada exteriormente.
- Posibilidad de avance de programa "paso paso".
- Ocho niveles de subrutinas.

Un tiempo de ciclo de 2,5 microsegundos y un repertorio de noventa instrucciones con uno o dos ciclos de tiempo cada una, hace que el 8048,

de pastilla única tenga las mismas características que la mayoría de los microcomputadores con tecnología NMOS de varias pastillas, actualmente, disponibles en el mercado, lo que hace que el 8048 sea un verdadero microordenador de "bajo costo". La necesidad de una única fuente de alimentación de +5 volts para todos los componentes de la familia asegura que el "bajo costo" también sea aplicable a la fuente de alimentación del sistema.

Los integrantes de esta familia de microordenadores, son los siguientes:

- 8048 Microordenador con ROM interna.
- 8748 Microordenador con EPROM interna.
- 8035 Microordenador sin memoria interna.
- 8021 Microordenador de bajo costo.

#### 6800.

Este microprocesador, presenta las siguientes características:

- Bus de datos de 8 bits.
- Bus de direcciones de 16 bits.
- Bus de control de 12 bits.
- Dos señales de reloj.
- Una fuente de alimentación de +5 volts.
- Dos acumuladores.
- Un registro de índice.
- Dos registros especiales (SP y CP).
- Requiere de un arreglo de memoria y PIA para control de entradas y salidas.

#### 6502.

Sus características principales, son:

- Manufacturado con tecnología MOS.
- Bus de direcciones de 16 bits.
- Bus de datos de 8 bits.
- Bus de control de 9 bits.
- Una alimentación de 5 volts.
- Un acumulador.
- Tres registros especiales: SP, CP y P (procesador de estado).
- Dos interruptores (IRQ y NMI).
- Un reset.
- Dos fases de reloj.
- Requiere de un arreglo de memoria y un PIA para comunicación con el exterior.

#### MC6805

Esta es una familia de microcomputadores en la cual sus componentes tienen integrado en una pastilla las memorias y periféricos; esta familia se divide básicamente en dos en relación a la tecnología utilizada en su fabricación, un grupo tiene tecnología HMOS y el otro CMOS.

La familia tiene las siguientes características en común:

- Procesador de ocho bits.
- Control optimizado del MC6800.
- Tres registros especiales y dos generales.
- Diez modos de direccionamiento.

El grupo de tecnología HMOS tiene las siguientes características en común:

- Cincuenta y nueve tipos de instrucciones básicas.
- Un total de 207 instrucciones.
- Un tiempo promedio por instrucción de 4.9 a 5.4 microsegundos (1 MHz.)
- Trece niveles de subrutinas.
- Corrimiento del registro E/S con instrucciones de manipulación de bits.

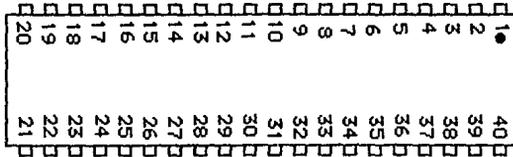
A este subgrupo pertenecen ocho microcomputadores de los cuales cinco tienen memoria ROM, por lo cual no se utilizarán para el diseño, puesto que no se podría programar o borrar el programa como en una EPROM, estos microcomputadores son los siguientes: MC6805P2, MC6805P4, MC6805U2, MC6805R2 y MC6805T2. Los otros tres contienen memoria EPROM y se diferencian casi exclusivamente en la capacidad de memoria y puertos de E/S. Los microcomputadores que tienen estas características son: MC68705P3, MC68705U3 y MC68705R3.

De los microcomputadores que pertenecen a la familia CMOS, ninguno contiene memoria EPROM, por lo que no son elegibles para el diseño.

Para seleccionar el microprocesador o microcomputador que se utilizará nos basamos en las características que exige el diseño, y por consiguiente el que cumple más de las características necesarias es el MC68705U3 el cual se estudia en la siguiente sección.

### 3.2- CARACTERÍSTICAS DEL MICROPROCESADOR.

En resumen, con respecto a la sección anterior, se seleccionó el microprocesador MC68705U3, el cual presenta la siguiente distribución de patitas como se muestra en la figura # 3.1:



Donde:

1 - V <sub>ss</sub>	11 - PC2	21 - PD3	31 - PB6
2 - RESET'	12 - PC3	22 - PD2	32 - PB7
3 - INT'	13 - PC4	23 - PD1	33 - PA0
4 - V <sub>cc</sub>	14 - PC5	24 - PD0	34 - PA1
5 - EXTAL	15 - PC6	25 - PB0	35 - PA2
6 - XTAL	16 - PC7	26 - PB1	36 - PA3
7 - V <sub>pp</sub>	17 - PD7	27 - PB2	37 - PA4
8 - TIMER	18 - PD6	28 - PB3	38 - PA5
9 - PC0	19 - PD5	29 - PB4	39 - PA6
10 - PC1	20 - PD4	30 - PB5	40 - PA7

Distribución de patitas del microcomputador.

Figura # 3.1

En la figura # 3.2 se presenta un diagrama a bloques de la configuración interna del microcomputador seleccionado. Y en la figura # 3.3 se muestra un bloque con la configuración de memorias de este microcomputador:

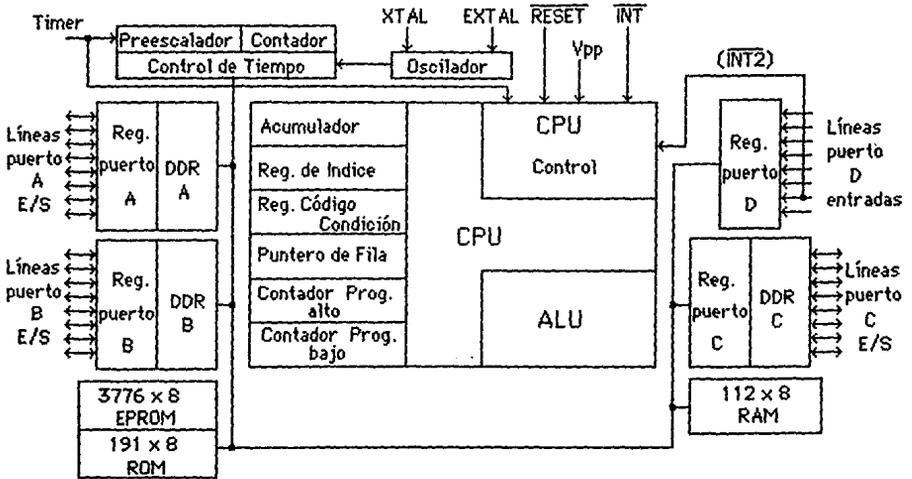


Diagrama a bloques de la configuración interna del microcomputador.

Figura # 3.2

7	0	7	6	5	4	3	2	1	0
000	Puerto E/S, 128 Bytes RAM y Temporizador	\$000	0	Datos puerto A	\$000				
127		\$07F	1	Datos puerto B	\$001				
128	Página cero (128 Bytes) usuario	\$080	2	Datos puerto C	\$002				
255		\$0FF	3	Datos puerto D	\$003				
256	EPROM Principal 3640 Bytes	\$100	4	DDR puerto A	\$004				
			5	DDR puerto B	\$005				
			6	DDR puerto C	\$006				
			7	No utilizado	\$007				
			8	Reg. Datos de Tiempo	\$008				
			9	Reg. Control de Tiempo	\$009				
			10	Reg. de Miscelóneas	\$00A				
			11	Reg. Control Programa	\$00B				
			15	No utilizado	\$00C-00F				
			16	RAM (112 Bytes) Puntero (31 Bytes máx.)	\$010				
3895		\$F37							
3896	Reg. de Opción de Máscara	\$F38							
3897		\$F39							
4087	ROM (191 Bytes)	\$FF7							
4088	EPROM (8 Bytes) Vectores de interrupción	\$FF8							
4095		\$FFF	127		\$07F				

Mapa de memorias del microcomputador.

Figura # 3.3

Las características principales del microcomputador se detallan a continuación:

- 8 bits.
- 24 líneas bidireccionales de E/S compatibles con TTL y CMOS.
- 8 entradas digitales.
- Voltaje de alimentación 5 volts.
- Voltaje programación: mínimo 20, normal 21 y máximo 22 volts.
- Capacidad de memoria:
  - 3776 x 8 EPROM.
  - 191 x 8 bootstrap (ROM).
  - 112 x 8 RAM.
- CPU implementada independientemente del E/S de la configuración de memoria.
- 5 registros:
  - Acumulador "A", 8 bits, utilizado para almacenar datos o resultados.
  - Registro de índice "X", utilizado para el direccionamiento de memoria indexado, puede ser sumado a un valor de una instrucción y obtener direccionamientos efectivos o puede ser utilizado como un área de memoria.
  - Contador de programa "PC", registro de 12 bits, contiene la dirección de la siguiente instrucción a ejecutar.
  - Puntero de fila (Stack pointer) "SP", doce bits, contiene la dirección de la siguiente localización libre en la fila (stack).

Durante una restauración (reset) del MCU o del puntero de fila (stack pointer) "RSP", el puntero de fila (stack pointer) se posiciona en la dirección \$07E.

El puntero de fila (stack pointer) es decrementado a medida que se introduce un dato e incrementado cuando se le extrae un dato, los siete bits más significativos del puntero de fila (stack pointer) están permanentemente en 0000011. Las subrutinas e interrupciones deben estar abajo de la localización \$061 (31 bytes máximos) los cuáles se destinan al uso del programador.

- Registro de Código de Condición "CCR", 5 bits, de los cuáles cuatro son utilizados como indicadores del resultado de la operación ejecutada. Estos pueden ser utilizados individualmente por el programador y se pueden tomar acciones específicas con el estado del resultado.

Medio acarreo "H", cuando el bit "H" es uno, indica que durante ADD y ADC ocurrió un acarreo entre los bits 3 y 4.

Interrupción "I", cuando está en uno el temporizador y el (INT) "interrupción externa" están desactiva\_

dos. Si una interrupción ocurre mientras está en uno, es asegurado y procesado tan pronto como el bit de interrupción sea puesto en cero.

Negativo "N", cuando el bit "N" es uno, indica que el resultado es negativo de la última manipulación aritmética, lógica o de datos (el bit 7 del resultado es un uno lógico).

Cero "Z", cuando el bit cero es uno, indica que el resultado de la última manipulación lógica, aritmética o de datos fue cero.

Acarreo/Préstamo "C", cuando el bit "C" es uno, indica que hubo un acarreo/préstamo fuera de la ALU y ocurrió durante la última operación aritmética. Este bit, es afectado también durante la prueba de bits e instrucciones de branch (bifurcación), más corrimientos y rotaciones.

--- Temporizador, consiste en ocho bits de contador programable, el cual es manejado por siete bits preescalados con tabuladores seleccionables. La selección de tiempos es hecha por medio del Registro de Control de Tiempo "TCR" y/o el Registro de Opción de Máscara "MOR". El TCR, contiene además el control de interrupción de bits.

La circuitería de tiempo de la unidad microcomputadora es mostrada en la figura # 3.4. El contador de ocho bits, puede ser cargado por programa y decrementado a cero por la entrada del contador /fcin (salida de selección opcional de pre-escala). Una vez que el contador es decrementado a cero, se pone en uno la interrupción de tiempo de requerimiento (timer interrupt request) "TIR", el cual es el bit 7 del registro de control de tiempo "TCR". La interrupción de tiempo mascarable (timer interrupt mask) "TIM", el cual es el bit 6 del registro de control de tiempo "TCR", puede ser puesto en uno por programa e inhibir la interrupción de requerimiento (interrupt request), o puesto en cero por programa para pasar la interrupción de requerimiento (interrupt request) al procesador. Cuando el bit uno del Registro de Código de Condición "CCR" es cero, el procesador recibe la interrupción de tiempo (timer interrupt). El CPU responde cargando al estado actual del CPU en la fila (stack), buscando el vector de la interrupción de tiempo (timer interrupt) en las localidades \$FF8 y \$FF9, y ejecutando la rutina de interrupción. El procesador es sensible al nivel de la interrupción de tiempo de requerimiento (timer interrupt request), por lo tanto si la interrupción es enmascarable, el bit de la interrupción de tiempo de requerimiento "TIR" puede ser puesto a cero por programa (Ejem.: BCLR), sin generar una interrupción. El bit del "TIR", debe ser puesto a cero, por la rutina de servicios de interrupción, para borrar el registro de la interrupción de tiempo (timer interrupt).

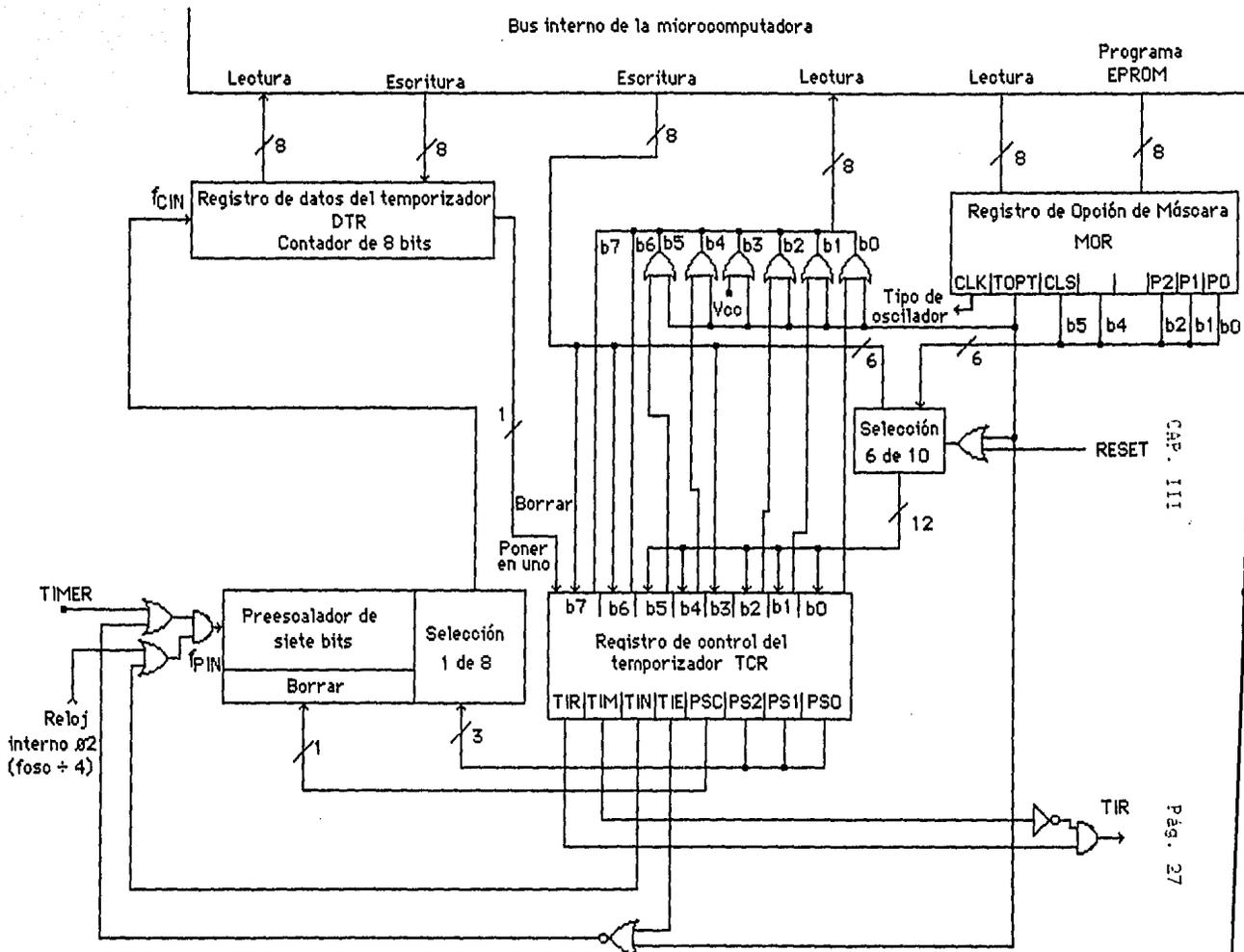


Diagrama a bloques del temporizador.

Figura # 3.4

La interrupción de tiempo y el INT' comparten el mismo vector de interrupción. La rutina de interrupción podrá revisar los 2 bits del requerimiento (request) para en base a ello determinar el origen de la interrupción.

El contador continúa decrementando después de caer de \$ FF a cero. De ésta manera, el contador puede ser leído en cualquier momento por el procesador sin alterar el conteo. Esto permite al programa determinar la cantidad de tiempo desde la interrupción de tiempo "TI" sin alterar el proceso de conteo.

La entrada de reloj al temporizador puede ser una fuente externa (el decremento del contador ocurre en la transición positiva de la fuente) aplicada a la patita de entrada del temporizador, o puede ser la señal interna (fase dos del reloj). Cuando la señal fase dos del reloj sea utilizada como la fuente, puede ser procesada por una compuerta por la señal aplicada a la patita del temporizador, permitiendo utilizar fácilmente las mediciones de ancho de pulso. (Nota: cuando el bit de Opción de Tiempo "TOPT" del Registro de Opción de Máscara "MOR", es uno y el bit de la fuente de reloj/temporizador "CLS" del Registro de Opción de Máscara "MOR" es cero, una entrada no procesada por la compuerta es obtenida por la unión de la patita del temporizador a Vcc). La fuente de entrada del reloj es seleccionada via del Registro de Control de Tiempo "TCR" o del Registro de Opción de Máscara "MOR" como se describe más adelante.

Una alternativa de preescala puede ser aplicada a la entrada del reloj que extiende el intervalo de tiempo a un máximo de 128 conteos antes de decrementar el contador. Esta alternativa de preescalamiento con el Registro de Control de Tiempo "TCR" o el Registro de Opción de Máscara "MOR" selecciona una de 8 opciones sobre el divisor binario de siete bits, la octava opción desvía el preescalamiento. Para evitar errores de truncación, el preescalador es puesto a cero cuando el bit 3 del Registro de Control de Tiempo "TCR" esté escrito con un uno lógico. El bit tres del Registro de Control de Tiempo "TCR", es siempre leído como un cero lógico, para asegurar propiamente la operación con instrucciones de lectura/modificación/escritura (bit en uno o cero por ejemplo).

En una restauración (reset), el preescalador y el contador son inicializados a su primera condición; la Interrupción de Tiempo de Requerimiento "TIR" (bit 7 del "TCR") es puesto a cero y la Máscara de la Interrupción de Tiempo de Requerimiento "TIM" (bit 6 del "TCR") es puesto a uno. Del bit 0 al bit 5 del Registro de Control de Tiempo "TCR" son inicializados por los correspondientes bits del Registro de Opción de Máscara "MOR" en la restauración (reset). Estos son entonces seleccionables por programa después de la restauración (reset).

El diagrama a bloques del temporizador en la figura # 3.4, contiene 2 configuraciones de control del temporizador separadas:

- a) Controlado por programa vía Registro de Control de Tiempo "TCR".
- b) Controlada por el Registro de Opción de Máscara "MOR", simulando o imitando una versión tipo máscara ROM con el "MOR".

En el control por programa todos los bits del Registro de Control de Tiempo "TCR" son de lectura/escritura, excepto el bit 3, el cual es de escritura solamente (siempre es leído con un lógico cero). En el control por el Registro de Opción de Máscara "MOR", los bits 7 y 6 del Registro de Control de Tiempo "TCR" son de lectura/escritura; el bit 3 es solamente de escritura; y los otros cinco no son afectados por lectura/escritura y están con un uno lógico. Las dos configuraciones prevén el uso con la capacidad de seleccionar libremente las opciones del temporizador. Los siguientes párrafos, se refieren a la figura # 3.4 como las secciones del Registro de Control de Tiempo "TCR" y el Registro de Opción de Máscara "MOR".

La Opción de Tiempo "TOPT" (bit 6 en el "MOR"), es programado en la EPROM a un cero lógico, para seleccionar el control por programa, el cual es descrito primero. Los bits del cero al cinco del Registro de Control de Tiempo "TCR", dan al programa un control directo del preescalador y la selección opcional de entradas.

La entrada del preescalador del temporizador ( $f_{pin}$ ), puede ser configurada por tres diferentes modos de operación, mas un modo inhabilitado, dependiendo del valor escrito en el Registro de Control de Tiempo "TCR". los bits de control son el 4 y el 5 "TIE" y "TIN" respectivamente. (Mayor información en la sección correspondiente al Registro de Control de Tiempo).

Cuando el "TIE" y el "TIN" (bits 4 y 5), son programados con cero, la entrada del temporizador es el reloj interno (señal 2) y la patita de entrada del temporizador es inhabilitada. El modo de reloj interno puede ser utilizado para la generación de interrupciones periódicas como una referencia para la frecuencia y medición de eventos.

Cuando el "TIE" (bit 4) es un uno lógico y el "TIN" (bit 5) es un cero lógico, el reloj interno y la entrada del temporizador son procesados por una compuerta "AND" para formar la entrada del temporizador. Este modo puede ser utilizado para medir anchura de pulsos externos. El pulso externo, es simplemente procesado con el reloj interno por la duración del pulso. La exactitud de conteo en éste modo es:  $\pm 1$  conteo.

Cuando el "TIE" (bit 4) es un cero lógico y el "TIN" (bit 5) es un uno lógico, no es aplicada la entrada  $f_{pin}$  al preescalamiento y el temporizador es deshabilitado.

Cuando el "TIE" y el "TIN", son un uno lógico, el temporizador es una fuente externa (reloj). El reloj externo, puede ser usado para contar los eventos externos como proveniente una

frecuencia externa para la generación de interrupciones periódicas.

Los bits 0, 1 y 2 del Registro de Control de Tiempo "TCR" son controlados por programa y seleccionan la apropiada salida del preescalador. El preescalamiento, divide la frecuencia  $f_{pin}$  del contador entre 1, 2, 4, etc. en múltiplos binarios hasta 128, produciendo una frecuencia  $f_{cin}$  en el contador.

El procesador no puede escribir en el preescalador o leer del mismo; sin embargo, el preescalador es puesto completamente a uno por una operación de escritura Registro de Control de Tiempo "TCR" (cuando el bit 3 de los datos de escritura, es igual a un uno lógico) lo cual permite un conteo por truncación libre.

El modo de control Registro de Opción de Máscara "MOR" del temporizador es seleccionado cuando el "TOPT" (opción de tiempo) bit 6, en el Registro de Opción de Máscara "MOR" es programado a un uno lógico. El circuito temporizador es como se describió anteriormente; sin embargo, el Registro de Control de Tiempo "TCR" es configurado diferente, como se verá a continuación.

El nivel lógico para las funciones de los bits 0, 1, 2 y 5 en el Registro de Control de Tiempo "TCR" es determinado al tiempo de programar la EPROM. Ellos son controlados por los correspondientes bits en el Registro de Opción de Máscara "MOR" ("MOR"). El valor programado en los bits 0, 1, 2 y 5 del Registro de Opción de Máscara "MOR" controlan el preescalador y el reloj temporizador. El "TIE" (bit 4), es un uno lógico en el modo de control Registro de Opción de Máscara "MOR" (cuando es leído por programa, estos cinco bits son leídos siempre como un uno lógico). Como en la configuración del programa el "TIM" (bit 6) y el "TIR" (bit 7) del Registro de Control de Tiempo "TCR" son controlados por el contador y el programa. El bit 3 del Registro de Control de Tiempo "TCR", en el control modo Registro de Opción de Máscara "MOR", siempre es leído como un cero lógico y puede ser escrito como un uno lógico para borrar el preescalador.

- Restauración (Reset): El MCU puede ser restaurado (reset) de dos maneras: Al encender el sistema y por la entrada externa RESET'. Después de encender un periodo de tiempo  $t_{RHL}$  es necesario antes de permitir que la entrada RESET' sea alta. Este tiempo permite la estabilización del generador de reloj interno. Conectando un capacitor a la entrada RESET' de un microfaradio se obtiene el tiempo necesario.

El circuito interno conectado a la patita del RESET' consiste en un Schmitt trigger el cual sensa el nivel lógico de la línea del RESET'. El Schmitt trigger provee un voltaje interno de restauración cuando sensa un lógico cero en la patita del RESET'.

- Opciones del Generador de Reloj Interno: El generador de reloj interno está diseñado para requerir un mínimo de componentes externos. Un cristal, una resistencia, un cable ó un sistema de reloj. El registro de opción de máscara "MOR" es programado para seleccionar el modo de operación (con cristal o resistencia). La

frecuencia del oscilador es dividida entre cuatro para producir el sistema interno de reloj.

- Bootstrap ROM, consiste en un programa de fábrica que permite al MCU buscar datos de un dispositivo externo y transferirlos a la EPROM del MC68705U3. El programa de bootstrap provee tiempos de pulsos para programar, tiempos de entrada de  $V_{pp}$  y verificación después de la programación.
- Registro de Opción de Máscara, "MOR": El "MOR" es un registro programable (EPROM) de ocho bits de los cuales 6 son utilizados. Estos bits son usados para seleccionar el tipo de sistema de reloj, la opción del temporizador, la fuente de reloj del temporizador/preescalador y la opción de preescala. Esta sección se explicará en la sección de Opciones de Máscara.
- Interrupciones: El MC68705U3 puede ser interrumpido por cuatro maneras diferentes: A través de la interrupción externa INT', de la interrupción de requerimiento de tiempo TIR, del bit 6 externo del puerto D, INT2', o por la interrupción por programa (SWI). Cuando ocurra cualquier interrupción la instrucción en proceso es terminada, el proceso suspendido, la condición presente del CPU es colocada en la fila, el bit I del Registro de Código de Condición es puesto en un uno lógico, la dirección de la rutina de interrupción es obtenida del vector correspondiente y la rutina de interrupción es ejecutada. La rutina de servicio de interrupción debe ser terminada con una instrucción de retorno de interrupción "RTI" permitiendo al MCU continuar el procesamiento del programa.

En la siguiente tabla se muestran las prioridades de interrupción:

T A B L A No. 3.1

Prioridades de interrupción.

Interrupción	Prioridad	Vector de Direccionamiento
RESET'	1	\$FFE y \$FFD
SWI	2	\$FFC y \$FFB
INT'	3	\$FFA y \$FF9
TIR	4	\$FF8 y \$FF7

Nota: Prioridad 2 es aplicable sólo el cuando bit I del Registro de Código de Condición "CCR" es un uno lógico (al ocurrir la rutina de servicio). Cuando I = 0 y todas las interrupciones han sido aceptadas, SWI tiene una prioridad 4 como cualquier otra instrucción y por consiguiente INT' cambia a prioridad 2 y "TIR" a prioridad 3.

El "TIR" y el INT2' comparten el mismo vector de direccionamiento. La rutina de interrupción debe determinar el origen

examinando los bits de la interrupción de requerimiento ("TCR" b7 y "MR" b7). Ambos pueden ser puestos a cero por programa.

Las interrupciones externas INT' y INT2' están sincronizadas y son aseguradas en el borde de bajada de la señal de entrada. El INT2' tiene un bit de interrupción de requerimiento (b7) y un bit de máscara (b6) localizados en el registro de misceláneas, "MR". El INT2' es inhibido cuando el bit de la máscara es un uno lógico.

Si los bits del INT2' y del "TIR" son un uno lógico, causan que el MCU procese un interrupción cuando el bit del código de condición I es un cero lógico.

- Entradas/Salidas, todas las patitas de los puertos A, B y C son programables como entradas o salidas controlados por el correspondiente Registro de Dirección de Datos, "DDR". La programación del puerto es hecha escribiendo en el bit correspondiente del puerto en el "DDR" como un uno lógico para salida y como un cero lógico para entrada. En una restauración todos los Registros de Dirección de Datos "DDR" son inicializados a un lógico cero. Los registros del puerto de salida no son inicializados en la restauración y deben ser inicializados por programa antes de cambiar los Registros de Dirección de Datos "DDR" de entradas a salidas.

Todas las líneas de E/S son compatibles con TTL en ambas formas, es decir tanto como entradas o como salidas. El puerto A es compatible con CMOS como salidas mientras que los puertos B, C y D son compatibles con CMOS como entradas. Las líneas del puerto D son solamente entradas; por lo tanto, no tiene su correspondiente "DDR". Cuando es programado como salida, el puerto B, es capaz de aceptar 10 mA y entregar 1 mA en cada patita.

Los correspondientes Registros de Dirección de Datos "DDR" para los puertos A, B y C son registros de escritura solamente. Una instrucción de lectura de estos registros esta indefinida. Las instrucciones BSET y BCLR no pueden ser usadas para poner en uno o en cero un bit del "DDR".

- Registro de Control de Tiempo, "TCR": La configuración de éste registro es determinada por el nivel lógico del bit seis en el registro de opción de máscara (opción de tiempo, "TOPT"). Cuando el "TOPT" es un uno lógico el Registro de Control de Tiempo "TCR" imita al MC6805U2 y cuando el "TOPT" es un cero lógico se tiene un control por programa del Registro de Control de Tiempo "TCR". Cuando el "TOPT" es un uno lógico el preescalador de opciones de máscara puede ser programado por medio del Registro de Opción de Máscara "MOR".

Descripción de los bits del Registro de Control de Tiempo "TCR":

- b7, "TIR" (interrupción de tiempo de requerimiento). Es utilizado para inicializar la interrupción de tiempo o señalar un subflujo del Registro de Datos de Tiempo cuando este es un

uno lógico.

1 = Es puesto a uno cuando el registro de datos de tiempo cambia completamente a ceros.

0 = Es puesto a cero por una restauración externa o por programa.

- b6 "TIM" (interrupción mascarable de tiempo). Es usado para inhibir la interrupción de tiempo del procesador cuando este es un uno lógico.

1 = Es puesto a uno por una restauración externa o por control de programa.

0 = Es puesto a cero por control de programa.

- b5, "TIN" (externo o interno). Selecciona la fuente de entrada de reloj, la cual puede ser la patita externa de reloj (TIMER, patilla 8) o la señal interna fase 2 de reloj.

1 = Selecciona la fuente externa.

0 = Selecciona la fuente interna (fosc / 4).

- b4, "TIE" (habilitador externo). Es usado para habilitar la patita externa de reloj (patita 8) o el reloj interno (si "TIN" = 0) sin importar el estado externo de la patita de reloj (deshabilita la compuerta del reloj). Cuando "TOPT" es igual a uno, el "TIE" es siempre un uno lógico.

1 = Habilita la patita externa de reloj.

0 = Deshabilita la patita externa de reloj.

A continuación se muestra una tabla en la cual se observan los modos de operación del "TIE" y "TIN":

T A B L A No. 3.2

Opciones de reloj.

TIN	TIE	RELOJ
0	0	Reloj interno
0	1	Reloj interno y externo procesado por una compuerta AND
1	0	No reloj
1	1	Reloj externo

- b3, "PSC" (puesta a cero del preescalador. Es un bit de escritura y es leído como un cero lógico, las instrucciones

BSET y BCLR funcionan correctamente en el Registro de Control de Tiempo "TCR". Escribiendo un uno en el "PSC" se genera un pulso que pone en cero el preescalador.

- b2, b1 y b0, "PS" (selección del preescalador). Estos tres bits al ser decodificados seleccionan uno de las ocho opciones del preescalador de tiempo. Estas opciones se observan en la siguiente tabla:

T A B L A No. 3.3

Selección de preescalamiento.

PS2	PS1	PS0	División de Preescalamiento
0	0	0	1
0	0	1	2
0	1	0	4
0	1	1	8
1	0	0	16
1	0	1	32
1	1	0	64
1	1	1	128

-- Opciones de Máscara: El registro de opción de máscara esta implementado por una memoria EPR0M y contiene puros ceros antes de ser programado.

Cuando es utilizado para emular el MC6805U2, cinco de los ocho bits son usados en conjunción con el preescalador. De los restantes el bit 7 es usado para seleccionar el tipo de oscilador para el reloj y los bits 3 y 4 no son utilizados. Los bits 2, 1 y 0 determinan la división del preescalador de tiempo. El bit cinco determina la fuente de reloj y el valor del "TOPT" (b6) es para configurar el Registro de Control de Tiempo "TCR". A continuación se describen los bits del Registro de Opción de Máscara "MOR".

- b7, CLK: Tipo de oscilador

1 = Red RC.  
0 = Cristal.

- b6, "TOPT": Opción de tiempo.

1 = Tiempo/Preescalador tipo MC6805U2. Todos los bits excepto 3, 6 y 7 en el Registro de Control de Tiempo "TCR" son invisibles al usuario. Bits 5, 2, 1 y 0 determinan la máscara de opciones equivalente del MC6805U2.

0 = Todos los bits del Registro de Control de Tiempo "TCR" son implementados como reloj programable. El estado de los bits 5, 4, 2, 1 y 0 del Registro de Opción de Máscara "MOR"

tienen el valor inicial de sus respectivos bits del Registro de Control de Tiempo "TCR".

- b5 "CLS": Fuente del Temporizador/Reloj.

1 = Externo (patita 8)

0 = Interno (fase 2)

- b4, No utilizado si "TOPT" = 1; toma el valor inicial del "TIE" si "TOPT"=0

- b3, No utilizado.

- b2, b1 y b0, P: Opción de preescala. Al ser decodificados seleccionan una de las ocho opciones del preescalador de tiempo. (ver tabla 3.2)

- Registro de control de programación, "PCR"; de este registro sólo se utilizan los tres bits menos significativos. Este registro provee los bits necesarios para la programación de la EPROM del MC66705U3. El programa del Bootstrap manipula los bits del "PCR" durante la programación, de tal manera que el usuario no necesita preocuparse por este registro.

### 3.3- COMPONENTES DEL MICROCOMPUTADOR.

El microcomputador MC69705U3 requiere de un mínimo de componentes externos, lo que nos simplifica el diseño del sistema en general. En esta sección se estudiarán los componentes del sistema completo debido a que ya se tienen las características de los componentes principales.

El microcomputador y el convertidor A/D trabajarán a una frecuencia de 1MHz. por lo que se utilizará un cristal de esa frecuencia como fuente de reloj. Las características del microcomputador nos dicen que cuando se utilice un cristal se debe conectar un capacitor en la patita XTAL de 27 pF máximo (a 4MHz.), incluyendo la capacitancia del sistema. La capacitancia interna es aproximadamente de 25 pF en la patita XTAL. Para frecuencias diferentes a 4 MHz., la capacitancia en cada patita debe ser inversamente proporcional a la frecuencia. Por ejemplo para 1 MHz. se requiere de una capacitancia de 100 pF en la patita de XTAL y 50 pF en XTAL.

En la patita de RESET se necesita un capacitor para proveer el tiempo necesario de retraso antes de que la entrada tenga un nivel alto. Esto se trató en la sección anterior en restauración.

El sistema requiere de decodificadores BCD a siete segmentos. Debido a que se utilizan tres displays para poder visualizar las mediciones de velocidad y temperatura se necesitan tres decodificadores uno por cada display.

Entre los decodificadores BCD a siete segmentos tenemos los siguientes:

## 7447 y 7448

Este es decodificador que cumple con una amplia variedad de requerimientos para displays de ánodo común o cátodo común, y sus características se dan a continuación.

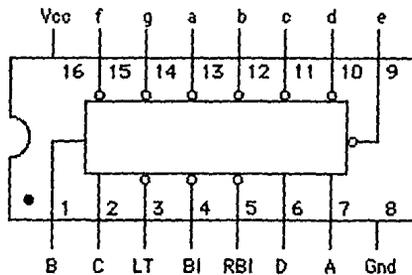
- Entrada de prueba de lámparas.
- Entrada de blanqueo para inhibir la salida.
- Salidas de colector abierto.
- Voltaje de alimentación: 4.75 a 5.25 V.
- disipación de potencia: 320 mW.

El 7448 no requiere de resistencias como el 7447 para el manejo de displays, pero se utiliza más comúnmente para displays de cátodo común.

## MSII-047

Este integrado es compatible al 7447 y tiene las mismas características mencionadas anteriormente.

La distribución de patitas se muestra a continuación:



Distribución de patitas del 7447.

Figura 3.5

La tabla de verdad se muestra a continuación, donde "0" es un nivel lógico bajo, "1" es el nivel lógico alto y "X" es un estado irrelevante.

T A B L A No. 3.4

Tabla de verdad del 7447.

Entradas							Salidas						
LT	RBI	D	C	B	A	BI	a	b	c	d	e	f	g
1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
1	X	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
1	X	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0
1	X	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
1	X	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
1	X	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0
1	X	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
1	X	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
1	X	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1	X	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0
1	X	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0
1	X	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0
1	X	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0
1	X	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0
1	X	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0
1	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
X	X	X	X	X	X	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
0	X	X	X	X	X	1	0	0	0	0	0	0	0

Como son cinco las funciones involucradas en el sistema se requieren cinco juegos de displays, pero no todos constan de tres displays, ya que las funciones de carga, presión y nivel de gasolina sólo requieren dos displays.

Los displays a utilizar serán de ánodo común. Entre estos tenemos:

- 5082-7610 Display rojo, con el punto decimal a la izquierda.
- 5082-7611 Display rojo, con el punto decimal a la derecha.

Estos dos tienen las siguientes características:

- > Disipación de potencia por segmento: 50 W.
- > Rango de temperatura de operación de -20 a 85 grados Centígrados.
- > Corriente de polarización por segmento: 20 mA.
- > Voltaje de polarización 2.5 V.
- > Tiempo de respuesta 90 ns.
- > Dimensiones:
  - Alto: 19.05 mm.
  - Ancho: 10.16 mm.

- 5082-7650 Display rojo, con punto decimal a la izquierda.

- 5082-7651 Display rojo, con punto decimal a la derecha.

Estos tienen las mismas características que los anteriores, sólo difieren en las dimensiones.

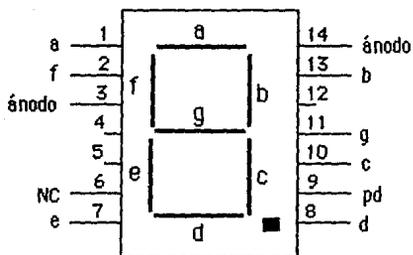
> Dimensiones:

Alto: 19.05 mm.

ancho: 12.70 mm.

Se selecciona el 5082-7651 debido a su tamaño, pues es más fácil su lectura.

A continuación se muestra la distribución de patitas:



Distribución de patitas del 5082-7651

Figura 3.6

Para cada juego de displays se requiere un transistor para seleccionar a cual de ellos se le está enviando la señal, es decir, estos transistores tienen la función de contactos (switches). También se necesitan dos más de estos transistores para las señales de alarma que se utilizan en el programa de control de velocidad, uno para que los displays de la función de velocidad se prenda y apaguen intermitentemente y otro para una bocina de alerta.

Los transistores a utilizar para los displays al igual que para las señales de control serán PNP, debido a que se deben activar a un pulso positivo en su base. De estos transistores que funcionan como contactos (switch) están los siguientes:

- 2N1305: Este es un transistor de germanio, que tiene una disipación de 150 mW y una corriente de colector "Ic" máxima de 300 mA.
- MPS2907: Transistor de silicio, con disipación de 400 mW y una Ic máx. de 600 mA.

Para los transductores se utilizan amplificadores operacionales con la finalidad de tener una sola referencia, estos operacionales se requieren para la medición de las funciones de temperatura y nivel de gasolina. Estos deben tener dos polaridades; es decir, que tengan volta-

jes de alimentación positivo y negativo. Para medir el nivel de gasolina se utilizará un diodo de señal para tener un detector de pico, resultando con este arreglo que las variaciones de nivel no hagan al sistema inestable.

A continuación se seleccionará el tipo de operacional que se utilizará en el diseño. Se estudiarán los siguientes:

#### TLO84CN

Es un operacional con entradas JFET diseñado para ofrecer una mejor operación que cualquier operacional anteriormente desarrollado y tiene las siguientes características:

- Cuatro operacionales.
- Bajo consumo de potencia.
- Protección de corto circuito a la salida.
- Alta impedancia de entrada.
- Compensación interna de frecuencia.
- Slew rate alto (13 V/micro seg).
- Alimentación doble (positiva y negativa).
- Voltaje máximo de polarización +/- 18 V.
- Voltaje de entrada diferencial máximo +/- 30 v.
- Duración máxima de corto circuito a la salida ilimitada.
- Disipación de potencia máxima 680 mW.
- Rango de temperatura de operación de 0 a 70 grados Centígrados.

#### LF353N

Este dispositivo es de bajo costo, alta velocidad y contiene dos operacionales. Requiere de una baja corriente de alimentación aún manteniendo un producto alto de ganancia y ancho de banda. Además su operación es con un nivel de ruido bajo. Sus características se dan a continuación.

- Baja corriente de polarización 50pA.
- Baja entrada de voltaje de ruido 16 nV.
- Baja entrada de corriente de ruido 0.01 pA.
- Ancho de banda de 4 MHz.
- Slew rate alto (13V/micro seg).
- Baja corriente de alimentación 3.6 mA.
- Alta impedancia de entrada 10 E+12 ohms.
- Baja distorsión armónica total menor al 0.02 %.
- Voltaje de alimentación máximo +/- 18 V.
- Disipación de potencia máxima 500 mA.
- Voltaje diferencial de entrada máximo +/- 30 V.
- Rango de voltaje de entrada máximo +/- 15 V.
- Duración máxima de corto a la salida indefinida.
- Rango de temperatura de operación de 0 a 70 grados Centígrados.

#### LM324N

Consiste en cuatro operacionales independientes de alta ganancia y con compensación de frecuencia interna, diseñado para trabajar con sólo una fuente de alimentación sobre un alto rango de voltajes. También se puede operar dividiendo en dos la fuente; es decir, con voltaje positivo

y negativo. Sus características se dan a continuación.

- Compensación de frecuencia interna.
- Alta ganancia de voltaje cd. 100 dB.
- Ancho de banda con ganancia unitaria 1MHz.
- Baja corriente de polarización de entrada 45 nA.
- Voltaje diferencial de entrada equivalente a la fuente de voltaje
- Voltaje de alimentación máximo 32 o +/- 16 V.
- Disipación de potencia máxima 570 mW.
- Capacidad de corto continuo a la salida.
- Rango de temperatura de operación de 0 a 70 grados Centígrados.

### LM3900

Este integrado consiste en cuatro operacionales independientes y compensados internamente, los cuales fueron diseñados para trabajar con una sola alimentación. A continuación se dan algunas de sus características principales:

- Voltaje de alimentación de 4 a 36 V.
- Baja corriente de entrada de polarización 30 nA.
- Alta ganancia de lazo abierto 70 dB.
- Ancho de banda a ganancia unitaria 2.5 MHz.
- Compensador de frecuencia interno.
- Disipación máxima 570 mW.
- Capacidad de corto continuo a la salida.
- Rango de temperatura de operación de 0 a 70 grados Centígrados.

### 741

Este es un operacional para cualquier aplicación. Sus características se dan a continuación.

- Voltaje de alimentación máximo +/- 16 V.
- Disipación de potencia máxima 500 mW.
- Voltaje diferencial de entrada máximo +/- 30 V.
- Duración de corto circuito a la salida indefinida.
- Rango de temperatura de operación de 0 a 70 grados Centígrados.

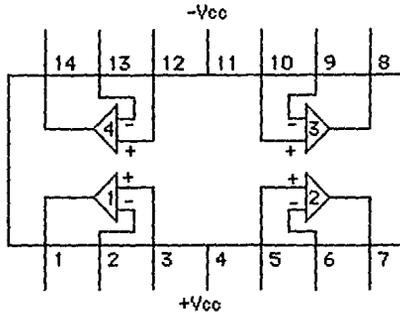
### 1458

Consiste en dos operacionales independientes que al igual que el 741 pueden ser utilizados para cualquier propósito. Sus características son las siguientes:

- No requiere de compensación de frecuencia.
- Voltaje máximo de alimentación +/- 16 V.
- Disipación de potencia máxima 400 mW.
- Voltaje diferencial de entrada máximo +/- 30 V.
- Voltaje de entrada máximo +/- 15 V.
- Duración de corto a la salida indefinida.
- Rango de temperatura de operación.

Haciendo una comparación de estos operacionales el que más se adecúa al diseño es el TL084CN, puesto que se necesitan siete amplificadores operacionales para procesar las señales de los transductores y

como este contiene cuatro eliminamos más circuitos, se seleccionó también debido a que tiene dos alimentaciones y funciona con poco ruido. La distribución de patitas de este integrado se muestra en la siguiente figura:



Distribución de patitas del TL084CN.

Figura # 3.7

Se emplearán a su vez resistencias las cuales en conjunción con los transductores son necesarias para poder muestrear las funciones y también se requieren para los arreglos con los amplificadores operacionales.

Para el transductor de velocidad se requiere un optoacoplador de ranura, para que el disco pueda pasar por la ranura, y de esta forma se pueda hacer un conteo de pulsos dependiendo de las ranuras del disco.

El optoacoplador que cumple este requisito es el MCA2, el cual tiene las siguientes características:

- Alta sensibilidad que permite una interface directa con TTL.
- Alta relación señal a ruido en ambientes luminosos.
- Entrada (fotodiodo):
  - > Voltaje de polarización: 1.25 V.
  - > Voltaje inverso de ruptura: 5.5 V.
- Salida (Darlington):
  - > Voltaje de saturación (colector-emisor): 0.7 V.
  - > Voltaje de ruptura (emisor): 7 V.
  - > Voltaje de ruptura (colector): 55 V.
  - > Tiempo de subida (tr): .36 ms.
  - > Tiempo de bajada (tf): .3 ms.
  - > Tiempo de encendido: .15 ms.
  - > Tiempo de apagado: .2 ms.

En la siguiente figura se muestra un esquema de este optoacoplador.



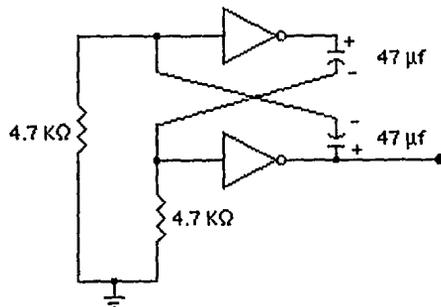
Esquema del optoacoplador.

Figura # 3.8

Para construir el oscilador para que prenda y apague intermitentemente el display de velocidad se emplearán compuertas lógicas, capacitores y resistencias.

Las compuertas lógicas a utilizar serán TTL puesto que trabajan con la alimentación que se utiliza en el diseño.

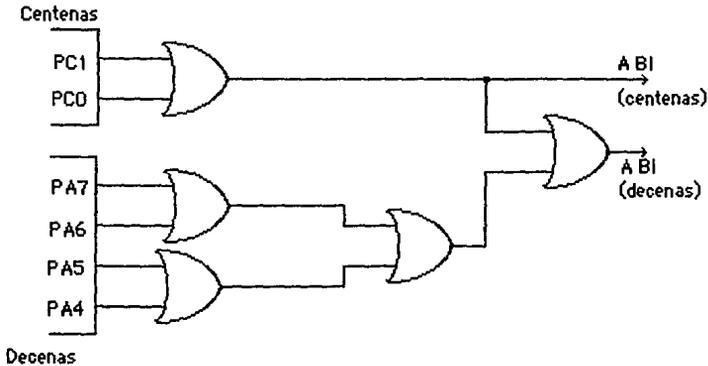
El circuito oscilador trabaja a una frecuencia de 2 Hz. y está tomado de la revista de Radio Shack, Engineer's Notebook II. En la siguiente figura se muestra este circuito con sus valores.



Circuito oscilador.

Figura # 3.9

Otro arreglo de compuertas lógicas se empleará para inhibir los displays en los que aparecería un cero a la izquierda, por ejemplo, en lugar de tener una lectura en los displays de "024", la lectura será solamente "24". Este arreglo se encuentra en las salidas BCD del microcomputador y si alguna de las salidas es un uno, no se inhibirá ese display. Esto se logra con una combinación de compuertas OR como se observa a continuación:



Circuito inhibidor de displays.

Figura # 3.10

Para hacer los cálculos de los valores de resistencias de los transductores y amplificadores operacionales se utilizará la fórmula de conversión que emplea el convertidor analógico/digital, la cual es la siguiente:

$$V_{in} / (V_{fs} - V_z) = D_x / (D_{m\acute{a}x} - D_{m\acute{i}n}) \quad (3.1)$$

Donde:

- $V_{in}$  = Voltaje de entrada al A/D.
- $V_{fs}$  = Voltaje a plena escala.
- $V_z$  = Voltaje de referencia.
- $D_x$  = Dato al punto a medir.
- $D_{m\acute{a}x}$  = Dato límite máximo.
- $D_{m\acute{i}n}$  = Dato límite mínimo.

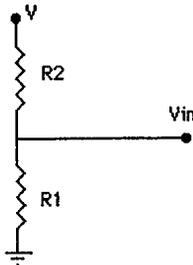
Como el voltaje de referencia positivo del A/D es el voltaje de alimentación del sistema y el negativo es la tierra del mismo, tenemos que  $V_{fs} = 5 \text{ V.}$  y  $V_z = 0 \text{ V.}$  Ahora como el dato límite máximo es cuando todas las salidas del A/D son unos, este dato es 256 (255) y el mínimo es cero.

Reacomodando la ecuación con estos valores tendremos:

$$D_x = 256 \times V_{in}/5 \quad (3.2)$$

A continuación se utilizará esta ecuación para los cálculos de cada una de las funciones involucradas en el sistema.

## CARGA



Tenemos que  $V_{in}$  es igual al voltaje que genera el alternador por el divisor de tensión, como se puede observar en la figura de la izquierda.

Entonces tenemos que:

$$V_{in} = V \times R1 / (R2 + R1) \quad (3.3)$$

Si  $R2 = 10 \text{ K}$ . entonces:

$$V_{in} = V \times R1 / (R1 + 10)$$

Utilizando la fórmula de conversión:

$$Dx = 256 \times V \times R1 / [5 \times (R1 + 10)]$$

Como  $Dx$  es igual a 10V tenemos:

$$10V = 256 \times V \times R1 / [5 \times (R1 + 10)]$$

Eliminando  $V$  nos queda:

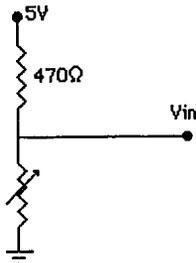
$$10 = 256 \times R1 / [5 \times (R1 + 10)]$$

Despejando  $R1$  obtenemos que:

$$R1 = 500/206$$

$$R1 = 2.427 \text{ K.}$$

## PRESION



La respuesta de este transductor al colocarle una resistencia de 470 ohms en serie y conectado a la fuente de alimentación se obtiene un voltaje de salida aproximadamente igual 0.01 veces la presión sensada, según la revista Popular Electronics de Mayo de 1981.

Como  $V_{in} = 0.01 P$  tenemos:

$$Dx = 256 \times 0.01P \times K/5$$

Donde  $K$  es una constante por la cual se debe multiplicar  $V_{in}$  para obtener que  $Dx = P$  por lo tanto:

$$P = 256 \times 0.01P \times K/5$$

Eliminando  $P$  y despejando  $K$  tenemos:

$$K = 5/2.56$$

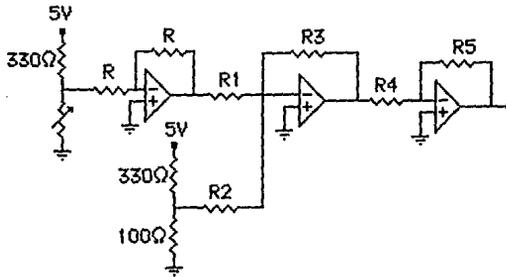
$$K = 1.953$$

Como la multiplicación se hará por programa se multiplicará esta señal por dos.

### TEMPERATURA

Como se explicó en el Capítulo I, se requiere de un arreglo especial para poder tomar esta lectura directamente puesto que esta señal varía en proporción inversa a la temperatura, es decir, a un aumento de temperatura disminuye la resistencia del transductor, por esta razón se utilizarán operacionales con el objeto de que al invertir el voltaje sentido a través de del transductor se le reste este a una señal fija y positiva, para de esta manera al aumentar la temperatura el voltaje negativo es menor y la diferencia mayor, por lo que la señal será proporcional a esta diferencia.

El arreglo es como se muestra en la siguiente figura:



Configuración del transductor de temperatura.

Figura # 3.11

La función del primer operacional es simplemente invertir la señal, para que la lectura sea negativa, el segundo como se puede apreciar trabaja como un sumador teniendo un voltaje fijo positivo y el último, es otro inversor con una ganancia K, para hacerla positiva y adecuar la señal al A/D.

Las ecuaciones que se emplearán en el cálculo con operacionales están tomadas del libro Electronic Circuits: Discrete and Integrated y son las siguientes:

Para el inversor (tomada de la pág. 353):

$$V_o = - V_i \times R_2/R_1 \quad (3.4)$$

Para el sumador (tomada de la pág. 360):

$$V_o = - R_2 \times (V_1/R_{11} + V_2/R_{12} + \dots + V_n/R_{1n}) \quad (3.5)$$

Los cálculos se efectúan de la siguiente manera.

Para comenzar se darán unos valores de resistencia los cuales se obtuvieron con mediciones físicas, tenemos los siguientes:

Resistencia	Temperatura
20	120
32	100
48	74
63	56
70	45

Se seleccionó para el divisor de voltaje del transductor una resistencia de 330 ohms, para que el voltaje muestreado en el transductor no sea muy alto, en el otro divisor de voltaje se tomaron una resistencia de 100 y otra de 330 ohms, para que este sea siempre mayor que el muestreado.

Las resistencias del primer operacional, el cual es un inversor, son del mismo valor (100 KOhms). Con estos valores podremos plantear nuestras ecuaciones pues se busca que el voltaje de salida sea igual a 0.01K veces la temperatura.

El voltaje de salida del sumador será de  $-0.01 T$  y se tienen las siguientes ecuaciones:

$$-0.01T = 5 \times R_3 / [(330 + R_1) \times R_{11}] - 500 \times R_3 / [430 \times R_2]$$

Factorizando y multiplicando por  $-1$  tenemos:

$$0.01 = 5 \times R_3 \times \{ [100 / (430 \times R_2)] - [R_1 / (R_1 \times (330 + R_1))] \}$$

Sustituyendo  $X_2$  por  $R_3/R_2$  y  $X_1$  por  $R_3/R_1$  obtenemos:

$$0.01T = 5 \times \{ [100 \times X_2 / 430] - [R \times X_1 / (330 + R)] \}$$

Sustituyendo el primer y último valor de la tabla tendremos dos ecuaciones:

$$1.2 = 5 \times \{ [100 \times X_2 / 430] - [20 \times X_1 / 350] \}$$

$$0.45 = 5 \times \{ [100 \times X_2 / 430] - [70 \times X_1 / 400] \}$$

Resolviendo por simultáneas tenemos que:

$$X_1 = 1.273$$

$$X_2 = 1.345$$

Si  $R_3 = 47 \text{ KOhms}$ , encontramos que:

$$R_2 = R_3 / X_2 = 36.93 \text{ KOhms.}$$

$$R_1 = R_3 / X_1 = 34.95 \text{ KOhms.}$$

Los valores de las resistencias del último operacional se calculan con la ecuación de conversión del A/D.

$$Dx = 256 \times Vin/5$$

$$Vin = 0.01 T \times K$$

$$Dx = T = 256 \times 0.01 \times T \times K/5$$

Eliminando T y resolviendo para K tenemos que:

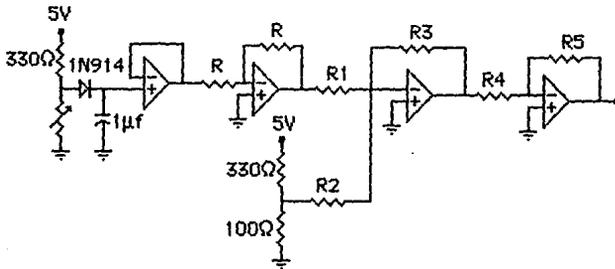
$$K = 5/2.56 = 1.953$$

Entonces si  $R4 = 10 \text{ K}\Omega$ ms,  $R5$  deberá valer  $19.53 \text{ K}\Omega$ ms.

### NIVEL DE GASOLINA

El procedimiento a seguir es igual que para la medición de temperatura, solamente que este incluye otro operacional que tiene la función de un detector de pico, para evitar las variaciones constantes que impedirían hacer la lectura en el display.

En la siguiente figura se muestra el arreglo de operacionales.



Configuración del transductor de nivel de gasolina.

Figura # 3.12

Para el divisor de tensión del transductor se eligió una resistencia de  $330 \Omega$ ms, debido a que se desea muestrear un voltaje pequeño; para determinar el voltaje positivo de referencia se seleccionaron resistencias de  $100 \Omega$ ms y  $330 \Omega$ ms como se observa en la figura # 3.12, cuya finalidad es la de que el voltaje de referencia sea mayor que el muestreado.

Las resistencias del segundo operacional, el cual es un inversor, tienen el mismo valor ( $100 \text{ K}\Omega$ ms). Con los valores dados anteriormente y debido que el voltaje deseado a la salida del cuarto operacional es de

0.01K veces el nivel de gasolina, se plantean las siguientes ecuaciones:

El voltaje de salida del sumador (tercer operacional) será de -0.01 G.

$$-0.01G = 5xR_3R_3 / [(330+R_1)xR_1] - 500xR_3 / [430xR_2]$$

Factorizando y multiplicando por -1 tenemos:

$$0.01G = 5xR_3x\{[100/(430xR_2)] - [R_1/(R_1x(330+R_1))]\}$$

Sustituyendo X2 por R3/R2 y X1 por R3/R1 obtenemos:

$$0.01G = 5 \times \{[100 \times X_2/430] - [R \times X_1/(330+R)]\}$$

Sustituyendo el primer y último valor de la tabla tendremos dos ecuaciones:

$$0 = 5 \times \{[100 \times X_2/430] - [78 \times X_1/408]\}$$

$$0.40 = 5 \times \{[100 \times X_2/430] - [27 \times X_1/357]\}$$

Resolviendo por simultáneas tenemos que:

$$X_1 = 0.692$$

$$X_2 = 0.569$$

Si R3 = 47 KOhms, encontramos que:

$$R_2 = R_3/X_2 = 82.630 \text{ KOhms.}$$

$$R_1 = R_3/X_1 = 67.915 \text{ KOhms.}$$

Los valores de las resistencias del último operacional se calculan con la ecuación de conversión del A/P.

$$D_x = 256 \times V_{in}/5$$

$$V_{in} = 0.01 \text{ G} \times K$$

$$D_x = G = 256 \times 0.01 \times G \times K/5$$

Eliminando G y resolviendo para K tenemos que:

$$K = 5/2.56 = 1.953$$

Entonces si R4 = 10 KOhms, R5 deberá valer 19.53 KOhms.

### VELOCIDAD

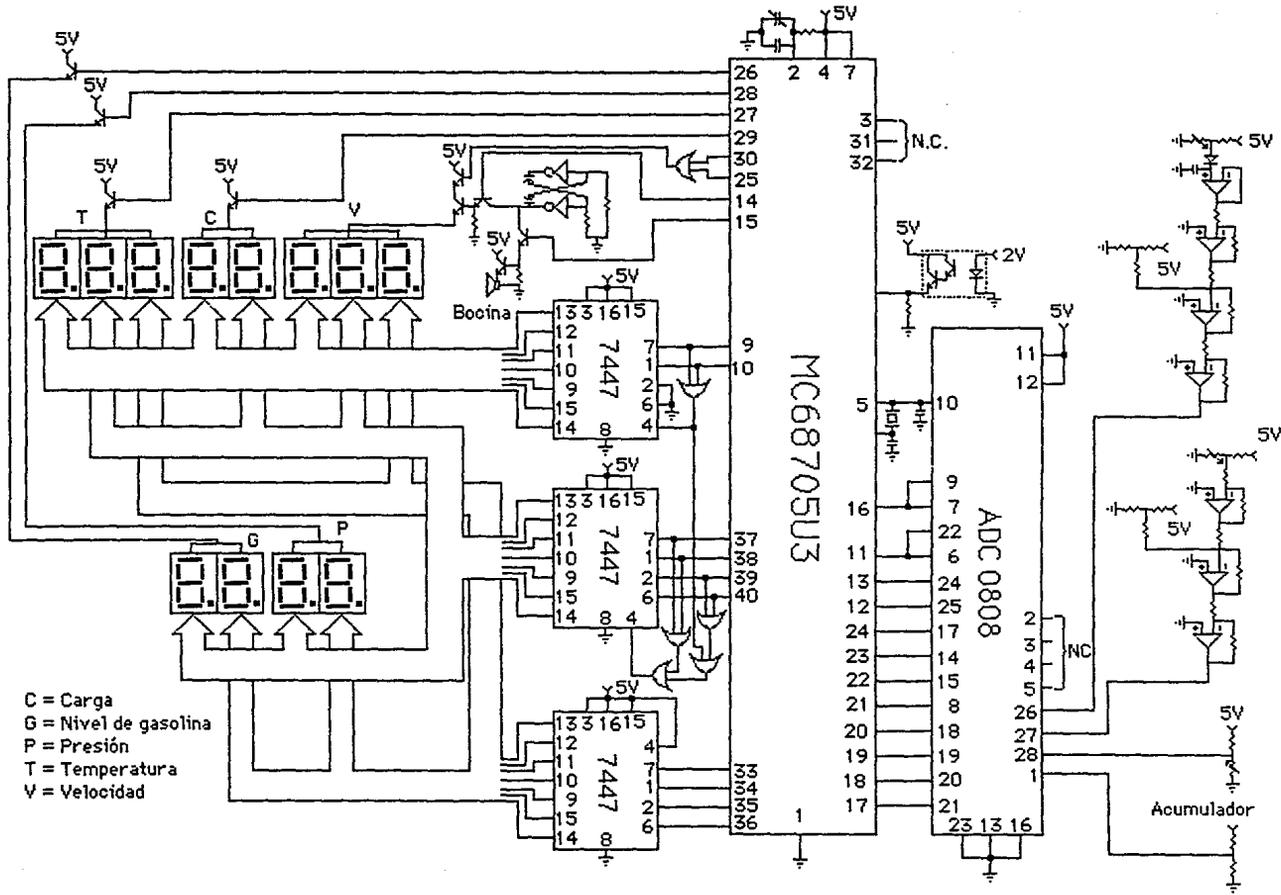
El transductor de velocidad consiste en un disco ranurado y un optoacoplador. Como se estudió en el Capítulo I el disco tiene una velocidad angular de 1.032 RPS cuando la velocidad del automóvil es de 1 Km/hr. Si se desea que cuando el automóvil tenga una velocidad de 1 Km/hr. se registre un pulso en el microprocesador y el conteo en el programa (rutina de tiempo) tiene una duración de 22,024 microsegundos entonces se requiere que el disco tenga determinado número de ranuras, las cuales se calculan de la siguiente manera.

Si  $\omega = 1.032$  RPS y la duración de la rutina es  $t = 22.024$  ms., en ese tiempo el disco da  $\omega \times t$  vueltas, es decir 0.02273 vueltas.

Como  $0.02273 = 1/44$ , se requieren de 44 ranuras en el disco para cumplir el requisito anteriormente mencionado.

El diagrama completo del sistema se muestra en la siguiente página:

Diagrama del sistema.  
Figura # 3.13



## CAPITULO IV

### EJEMPLO DE CONTROL DE VELOCIDAD

INTRODUCCION.

4.1- JUEGOS DE INSTRUCCIONES.

4.2- INTRODUCCION AL PROGRAMA.

4.3- DIAGRAMA DE FLUJO.

4.4- PROGRAMA.

## INTRODUCCION .

En este capítulo se presenta un ejemplo de un programa de control y la explicación del mismo por medio de un diagrama de flujo a bloques y un algoritmo.

## 4.1 — JUEGO DE INSTRUCCIONES .

El juego de instrucciones consiste en tablas agrupadas por los tipos de instrucciones que contienen. A continuación se muestran estas tablas.

## INSTRUCCIONES DE MEMORIA Y REGISTRO

FUNCION	MNEMONICO	NODOS DE DIRECCIONAMIENTO														
		INMEDIATO		DIRECTO		EXTENDIDO		INDEXADO NO OFFSET		INDEXADO 8B OFFSET		INDEXADO 16B OFFSET				
		COD	#B #C	COD	#B #C	COD	#B #C	COD	#B #C	COD	#B #C	COD	#B #C			
Cargar A de Memoria	LDA	A6	2 2	B6	2 4	C6	3 5	F6	1 4	E6	2 5	D6	3 6			
Cargar X de Memoria	LDX	AE	2 2	BE	2 4	CE	3 5	FE	1 4	EE	2 5	DE	3 6			
Almacena A en Memoria	STA	--	--	B7	2 5	C7	3 6	F7	1 5	E7	2 6	D7	3 7			
Almacena X en Memoria	STX	--	--	BF	2 5	CF	3 6	FF	1 5	EF	2 6	DF	3 7			
Sumar Memoria a A	ADD	AB	2 2	BB	2 4	CB	3 5	FB	1 4	EB	2 5	DB	3 6			
Sumar Memoria y Acarreo a A	ADC	A9	2 2	B9	2 4	C9	3 5	F9	1 4	E9	2 5	D9	3 6			
Restar Memoria	SUB	A0	2 2	B0	2 4	C0	3 5	F0	1 4	E0	2 5	D0	3 6			
Restar Memoria de A con Préstamo	SBC	A2	2 2	B2	2 4	C2	3 5	F2	1 4	E2	2 5	D2	3 6			
AND Memoria a A	AND	A4	2 2	B4	2 4	C4	3 5	F4	1 4	E4	2 5	D4	3 6			
OR Memoria con A	ORA	AA	2 2	BA	2 4	CA	3 5	FA	1 4	EA	2 5	DA	3 6			
OR Exclusiva																
Memoria con A	EBR	AB	2 2	BB	2 4	CB	3 5	FB	1 4	EB	2 5	DB	3 6			
Comparación Aritmética Memoria con A	CMP	A1	2 2	B1	2 4	C1	3 5	F1	1 4	E1	2 5	D1	3 6			
Comparación Aritmética Memoria con X	CPX	A3	2 2	B3	2 4	C3	3 5	F3	1 4	E3	2 5	D3	3 6			
Prueba de Bits Memoria con A (Comparación Lógica)	BIT	A5	2 2	B5	2 4	C5	3 5	F5	1 4	E5	2 5	D5	3 6			
Brinco Incondicional	JMP	--	--	BC	2 3	CC	3 4	FC	1 3	EC	2 4	DC	3 5			
Brinco a Subrutina	JSR	--	--	BD	2 7	CD	3 8	FD	1 7	ED	2 8	DD	3 9			

Donde:

#B = Número de bytes.

#C = Número de ciclos.

COD = Código de operación (hexadecimal).

### INSTRUCCIONES DE LECTURA, ESCRITURA Y MODIFICACION

MODO DE DIRECCIONAMIENTO							
FUNCION	MNEMONICO	IMPLICITO	IMPLICITO	DIRECTO	INDEXADO	INDEXADO	
		(A)	(X)		NO OFFSET	8B OFFSET	
		COD #B #C					
Incrementar	INC	4C 1 4	5C 1 4	3C 2 6	7C 1 6	6C 2 7	
Decrementar	DEC	4A 1 4	5A 1 4	3A 2 6	7A 1 6	6A 2 7	
Borrar	CLR	4F 1 4	5F 1 4	3F 2 6	7F 1 6	6F 2 7	
Complementar	COM	43 1 4	53 1 4	33 2 6	73 1 6	63 2 7	
Negar (Complemento a 2)	NEG	40 1 4	50 1 4	30 2 6	70 1 6	60 2 7	
Rotación Izquierda							
al Acarreo	ROL	49 1 4	59 1 4	39 2 6	79 1 6	69 2 7	
Rotación Derecha							
al Acarreo	ROR	46 1 4	56 1 4	36 2 6	76 1 6	66 2 7	
Corrimiento Lógico							
a la Izquierda	LSL	48 1 4	58 1 4	38 2 6	78 1 6	68 2 7	
Corrimiento Lógico							
a la Derecha	LSR	44 1 4	54 1 4	34 2 6	74 1 6	64 2 7	
Corrimiento Aritmético							
a la Derecha	ASR	47 1 4	57 1 4	37 2 6	77 1 6	67 2 7	
Prueba de Negativo							
o Cero	TST	4D 1 4	5D 1 4	3D 2 6	7D 1 6	6D 2 7	

### INSTRUCCIONES DE MANIPULACION DE BITS

MODO DE DIRECCIONAMIENTO								
FUNCION	MNEMONICO	COD	#B	#C	PUESTA DE BITS		PRUEBA DE BITS	
					A CERO/UNO	Y BIFURCACION		
Bifurca si el Bit n es Uno	BRSET n	---	-	-	2 x n	3	10	
Bifurca si el Bit n es Cero	BRCLR n	---	-	-	1+2xn	3	10	
Poner en Uno Bit n	SSET n	10+2xn	2	7	---	-	-	
Poner en Cero Bit n	SCLR n	11+2xn	2	7	---	-	-	

## INSTRUCCIONES DE BIFURCACION

DIRECCIONAMIENTO RELATIVO				
FUNCIÓN	MNEONICO	COD	#BYTES	#CICLOS
Bifurca Siempre	BRA	20	2	4
Bifurca Nunca	BRN	21	2	4
Bifurca si es Mayor	BHI	22	2	4
Bifurca si es Menor o Igual	BLS	23	2	4
Bifurca si el Acarreo es Cero	BCC	24	2	4
(Bifurca si es Mayor o Igual)	(BHS)	24	2	4
Bifurca si el Acarreo es Uno	BCS	25	2	4
(Bifurca si es Menor)	(BLO)	25	2	4
Bifurca si no es Igual	BNE	26	2	4
Bifurca si es Igual	BEO	27	2	4
Bifurca si el Medio Acarreo es Cero	BHCC	28	2	4
Bifurca si el Medio Acarreo es Uno	BHCS	29	2	4
Bifurca si es Positivo	BPL	2A	2	4
Bifurca si es Negativo	BMI	2B	2	4
Bifurca si el Bit de la Máscara de Interrupción es Cero	BMC	2C	2	4
Bifurca si el Bit de la Máscara de Interrupción es Uno	BMS	2D	2	4
Bifurca si la Línea de Interrupción es Baja	BIL	2E	2	4
Bifurca si la Línea de Interrupción es Alta	BIH	2F	2	4
Bifurca a Subrutina	BSR	4D	2	8

## INSTRUCCIONES DE CONTROL

-----				
: IMPLICITO				
-----				
FUNCIÓN	MNEMONICO	COB	#B	#C
-----				
Transferir A a X	TAX	97	1	2
Transferir X a A	TXA	9F	1	2
Poner en Uno Bit Acarreo	SEC	99	1	2
Poner en Cero Bit Acarreo	CLC	98	1	2
Poner en Uno Bit de la Máscara de Interrupción	SEI	9B	1	2
Poner en Cero Bit de la Máscara de Interrupción	CLI	9A	1	2
Interrupción por Programa	SVI	83	1	11
Retorno de Subrutina	RTS	81	1	6
Retorno de Interrupción	RTI	80	1	9
Restauración Puntero de Pila	RSP	9C	1	2
No Operación	NOP	9D	1	2
-----				

## 4.2- INTRODUCCION AL PROGRAMA.

El programa se inicia al determinar cuales puertos son de entrada y cuales de salida. En este caso en particular tenemos cuatro puertos de E/S, de los cuales el puerto D pueda ser utilizado sólo como entradas, de tal manera que se programan los otros de acuerdo a las necesidades del proyecto. El puerto A se programa como salida y este manda señal a los decodificadores BCD-siete segmentos de los dos displays menos significativos, el puerto B se programa también como salida y este manda la señal a cada uno de los juegos de displays, es decir, dependiendo que variable se va a visualizar en el instante que se manda la señal. El puerto C se programa para tener siete salidas y una entrada, por medio de las salidas manda la señal al display mas significativo y a su vez envía las señales de control al convertidor Análogo/Digital, las cuales son el pulso de comenzar y la selección de la entrada al A/D, también manda las señales de control para la velocidad (para la bocina de alarma y para que prendan y apaguen intermitentemente los displays de velocidad), el bit de entrada tiene como función esperar a que el convertidor A/D termine la conversión.

A continuación se inicializa el registro de datos del temporizador "TCR" con \$FF para comenzar a decrementar con los pulsos del optoacoplador que sirve como transductor de velocidad y dependiendo de a que valor se decremento es la velocidad del automóvil. Para poder decrementar se debe cargar el registro de control de tiempo "TCR" con los valores apropiados y también con este se selecciona la fuente del contéo, a su

vez controla la interrupción de tiempo de requerimiento la cual se va inhabilitar por programa, para este propósito se carga el "TCR" con #79.

A continuación se carga el puerto B con #01 para mandar la señal a los displays de velocidad, la cual va ha ser cero, puesto que al encender el automóvil este se encuentra en reposo y esto sólo es la rutina de inicialización. Hecho esto se inicializa el puerto C y se le suma #04 para seleccionar la señal analógica de nivel de gasolina y mandar pulso de inicio de conversión al A/D; posteriormente se manda a la subrutina que se explicará más adelante.

Como siempre que se regresa de la subrutina se tienen sólo utilizados los dos primeros bits (display más significativo) y los bits 5 y 6 que son los de control, se le suma un valor para seleccionar la siguiente opción a ser procesada que sólo afecta a los bits 2, 3 y 4, esto se hace después de cada regreso de subrutina, que va en el siguiente orden (enseguida de cada función se le colocará el número a sumar): Nivel de gasolina #04, temperatura #0C, presión #14 y carga #1C. Para la velocidad no se requiere de esta rutina pues la señal de velocidad no es procesada por el A/D.

Nota: Para la presión se levanta una bandera para antes de procesar esa lectura se multiplique por dos por medio de programa.

Antes de procesar la señal de velocidad se carga el registro de control de tiempo "TCR" con #68 para detener el conteo y poder leer el registro de datos del temporizador "TBR".

Al finalizar de procesar la señal de velocidad se levantarán las banderas de alarma si es necesario, cuando la velocidad es mayor o igual a 140 Km/hr. se manda la señal de prender y apagar el display de velocidad (bit 5, puerto C), cuando la velocidad sea mayor o igual a 160 Km/hr se manda la señal a la bocina de alerta (bit 6, puerto C). Cuando se cumplen se levanta una bandera para cada una de las condiciones. Cuando no se cumplen se baja la bandera y se ponen en cero los bits correspondientes.

Ahora pasaremos a explicar el desarrollo de la subrutina. Esta comienza por poner en cero la bandera de comienzo del A/D (bit 2, puerto C), y esperar el pulso de fin de conversión, al tener este inicializa los registros temporales en los cuales se almacenan las unidades, decenas y centenas en BCD.

Como se inicializa el registro de las centenas y como las centenas comparten el mismo puerto con las señales de alarma de velocidad que se vieron anteriormente se verifican las banderas que se levantaron y si están arriba se pone en uno el bit correspondiente si no se dejan en cero. A continuación se verifica el estado de la bandera que se levanta cuando se va a medir la señal de presión si esta está arriba se multiplica por dos la entrada del A/D, si no se procesa la entrada tal y como se lee del A/D.

Una vez almacenado este dato en un registro temporal se procede a hacer una rotación a la derecha a través de la bandera de acarreo hasta completar el ciclo, es decir, se prueban los ocho bits. en cada rotación se pregunta si la bandera de acarreo es un uno lógico, si es, se le

comienza a sumar a un registro temporal 1, si en la primera rotación estaba arriba la bandera de acarreo, 2 si fue en la segunda rotación, 4 en la tercera, 8 en la cuarta, 16 en la quinta, 32 en la sexta, 64 en la séptima y 28 en la octava. En cada rotación si la bandera de acarreo esta en cero se brinca a la siguiente rotación sin hacer la suma, después de cada suma se hace un ajuste a decimal y cuando al hacer el ajuste se levanta la bandera de acarreo se incrementa en uno el registro de las centenas.

Al hacer las ocho rotaciones se carga de nuevo la lectura inicial y se hace una rotación a la izquierda, si la bandera de acarreo es un uno lógico se le suma uno al registro de las centenas, puesto que en la octava rotación sólo se le sumó 28 y no 128 como debería de haberse hecho.

Al terminar este proceso se rota a la izquierda el puerto B, para seleccionar los displays de la variable que se acaba de procesar y se prosigue a cargar los registros de decenas y unidades en el puerto A y el de centenas en el puerto C. Se baja la bandera de medición de presión y para terminar la subrutina se tiene una rutina de tiempo, con la finalidad de que se pueda hacer la medición de velocidad correctamente; es decir, que cuando el automóvil tenga una velocidad de 1 Km/hr se decremente en uno el registro de datos del temporizador. Finalmente se manda de regreso al programa principal con un retorno de subrutina.

Esto es a grandes rasgos lo que contiene el programa, en la siguiente sección se podrá observar gráficamente para que se pueda comprender mas rápidamente.

#### 4.3- DIAGRAMA DE FLUJO.

Un diagrama de flujo es una manera gráfica de ilustrar la sequencia de un programa, de tal manera que sea sencillo para una persona entender que se esta haciendo y porque se hace en cualesquier parte del programa.

A continuación se muestra el diagrama de flujo correspondiente al programa de control.

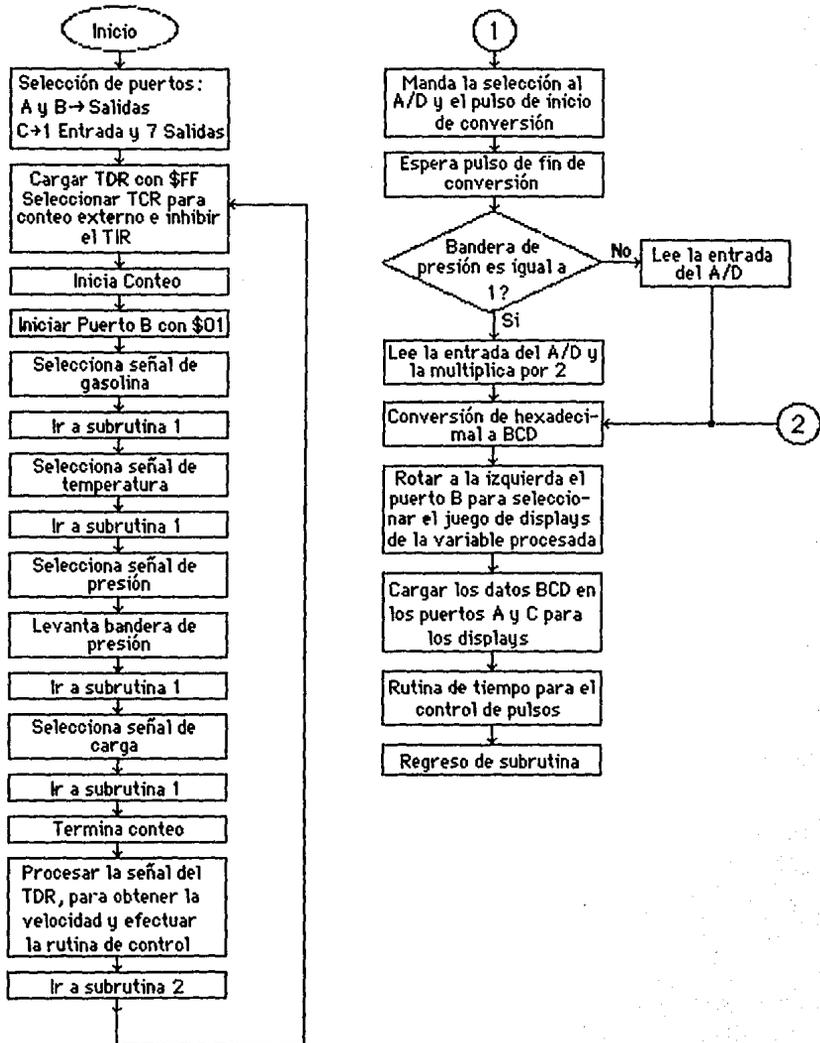


Diagrama de flujo

## 4.4- PROGRAMA.

Este programa consta de dos secciones, la primera que es el programa principal y la segunda que es una subrutina, las cuales se identificarán claramente.

En el programa se indicará la dirección, el código, el mnemónico y un comentario en el que se explica que es lo que se está haciendo en esa línea específicamente.

La primera columna corresponde a la dirección (Dir), la segunda al código de operación (Cód), la tercera al operando (Oper), la cuarta al mnemónico (Mnem) y la última a los comentarios.

## PROGRAMA PRINCIPAL

Dir	Cód	Oper	Mnem	Comentarios
080	01			Memorias para almacenar datos utilizados en la rutina de conversión de hexadecimal a BCD.
081	02			
082	04			
083	08			
084	16			
085	32			
086	64			
087	28			
088	A6	FF	LDA	Cargar el acumulador A con \$FF.
08A	B7	04	STA	DDRA Almacenar A en la localidad \$04, que es el "DDR" del puerto A y lo selecciona como salidas.
08C	B7	05	STA	DDRB Almacenar A en la localidad \$05, que es el "DDR" del puerto B y lo selecciona como salidas.
08E	A6	7F	LDA	Cargar A con \$7F.
090	B7	06	STA	DDRC Almacenar A en la localidad \$06, que es el "DDR" del puerto C y selecciona una entrada y siete salidas.
092	B7	0A	STA	ME Almacenar A en la localidad \$0A, que es el registro de misceláneas, para inhibir el INT2, el cual es un bit del puerto D, (b6).
094	3F	00	CLR	Borrar el contenido de la localidad \$00, que es el puerto A.
096	3F	11	CLR	Borrar el contenido de la localidad \$11, la cual se utiliza para el registro temporal de las centenas.
098	A6	FF	LDA	Cargar A con \$FF.
09A	B7	08	STA	TDR Almacenar A en la localidad \$08, que es el registro de datos del temporizador, que se inicializa para comenzar a decrementarlo.
09C	A6	78	LDA	Cargar A con \$78.
09E	B7	09	STA	TCR Almacenar A en la localidad \$09, que es registro de control de tiempo, en el cual se selecciona el inicio del conteo, inhibe al "TIE" (Interrupción de tiempo) y selecciona la fuente externa de conteo.
100	A6	01	LDA	Cargar A con \$01.

Dir	Cód	Oper	Hnem		Comentarios
102	B7	01	STA		Almacenar A en la localidad #01, que es el puerto B, selecciona display de velocidad.
104	B6	11	LDA		Cargar A con el contenido de la localidad #11.
106	AB	04	ADD		Sumar a A #04, para seleccionar la señal analógica de nivel de gasolina.
108	CB	0200	JSR		Brico a subrutina, localidad #200.
109	AB	0C	ADD		Suma a A #0C para seleccionar la señal analógica de temperatura.
10D	CD	0200	JSR		Brico a subrutina, localidad #200.
110	A6	01	LDA		Cargar A con #01.
112	B7	1B	STA		Almacenar A en la localidad #1B, la cual es una bandera para indicar que se multiplica por dos la lectura del A/D.
114	B6	11	LDA		Cargar A con el contenido de la localidad #11.
116	AB	14	ADD		Sumar a A #14, para seleccionar la señal de presión.
118	CB	0200	JSR		Brico a subrutina, localidad #200.
11B	AB	1C	ADD		Sumar a A #1C, para seleccionar la señal de carga.
11D	CB	0200	JSR		Brico a subrutina, localidad #200.
120	A6	68	LDA		Cargar A con #68.
122	B7	09	STA	TCR	Almacenar A en la localidad #09 "TCR", termina código
124	A6	FF	LDA		Cargar A con FF.
126	B0	09	SUB	TDR	Resta a A el contenido de la localidad #09, que es el registro de datos del temporizador para obtener la velocidad a la que se desplaza el automóvil.
128	B7	13	STA		Almacenar A en la localidad #13, la cual es un registro temporal para almacenar la lectura de velocidad.
12A	A0	8C	SUB		Resta a A #8C para comparar si la velocidad es mayor o igual a 140 Km/hr.
12C	24	06	BHS	ROM	Bifurca a la localidad #134 si es mayor o igual.
12E	3F	20	CLR		Borrar el contenido de la localidad #20, (baja la bandera de velocidad mayor o igual a 140 Km/hr).
130	19	02	BCLR5		Pone en cero el bit cinco de la localidad #02, (puerto C).
132	20	06	BRA	SUS	Bifurca a la localidad #13A siempre.
134	1A	02	ROM	BSET5	Pone en uno el bit cinco de la localidad #02, (puerto C).
136	A6	01	LDA		Cargar A con #01.
138	B7	20	STA		Almacenar A en la localidad #20, (levanta la bandera de velocidad mayor o igual a 140 Km/hr).
13A	B6	13	SUS	LDA	Cargar A con el contenido de la localidad #13, que almacena la lectura de velocidad.
13C	A0	A0	SUB		Resta #A0 a A, para probar si la velocidad es mayor o igual a 160 Km/hr.
13E	24	05	BHS	REL	Bifurca a la localidad #146 si es mayor o igual.
140	3F	21	CLR		Borrar el contenido de la localidad #21, (baja la bandera de velocidad mayor o igual a 160 Km/hr).
142	1D	02	BCLR6		Pone en cero el bit seis de la localidad #02, (puerto C).
144	20	06	BRA	HOL	Bifurca a la localidad #14C siempre.
146	1C	02	REL	BSET6	Pone en uno el bit seis del puerto C (#02).
148	A6	01	LDA		Cargar A con #01.

Dir	Cód	Oper	Mnem	Comentarios
14A	B7	21	STA	Almacenar A en la localidad \$21, (levanta la bandera de velocidad mayor o igual a 160 Km/hr).
14C	B6	13	H6L LDA	Cargar A con el contenido de la localidad \$13, para poder incorporarse a la subrutina.
14E	CD	0248	JSR	Brico a subrutina, localidad \$248.
151	BC	98	JMP INT	Brinco incondicional a la localidad \$98, para iniciar nuevamente el ciclo.

## SUBROUTINA

200	B7	02	STA	Almacenar A en la localidad \$02, que es el puerto C, selecciona la opción de entrada al A/D y manda pulso de inicio al A/D.
202	15	02	BCLR2	Pone en cero el bit dos del puerto C, (borra el pulso de inicio del A/D).
204	0E	0202	TAN BRSET7 GEL	Bifurca a la localidad \$209 si el bit siete del puerto C es uno, para dar comienzo a la rutina de conversión de hexadecimal a BCD.
207	20	FC	BRA TAN	Bifurca a la localidad \$204 siempre.
209	A6	00	GEL LDA	Cargar A con \$00.
20B	B7	10	STA	Almacenar A en la localidad \$10, que es donde se almacenarán los dos dígitos menos significativos.
20D	B7	11	STA	Almacenar A en la localidad \$11, que es donde se almacenarán las centenas.
20F	B6	20	LDA	Cargar A con el contenido de la localidad \$20, que es la bandera que indica cuando la velocidad es mayor o igual a 146 Km/hr.
211	A0	01	SUB	Resta \$01 a A.
213	2A	08	BMI ESE	Bifurca a la localidad \$21E si el resultado es negativo, (la bandera estaba abajo).
215	A6	01	LDA	Cargar A con \$01.
217	B7	20	STA	Almacenar A en la localidad \$20, para dejar arriba de nuevo la bandera.
219	1A	11	ESET5	Poner en uno el bit cinco de la localidad \$11, para al cargar el contenido de este registro en el puerto C, no se ponga en cero este bit de control si anteriormente estaba en uno.
21B	20	04	BRA DIS	Bifurca a la localidad \$221 siempre.
21D	A6	00	ESE LDA	Cargar A con \$00.
21F	B7	20	STA	Almacenar A en la localidad \$20, para ponerla en cero si se encontraba así anteriormente.
221	B6	21	DIS LDA	Almacenar A en la localidad \$21, que es la bandera que indica cuando la velocidad es mayor o igual a 160 km/hr.
223	A0	01	SUB	Restar \$01 a A.
225	2A	08	BMI CUA	Bifurca a la localidad \$22F si es negativo, (la bandera estaba abajo).
227	A6	01	LDA	Cargar A con \$01
229	B7	21	STA	Almacenar A en la localidad \$21, para dejar de nuevo la bandera arriba.

Dir	Cód	Oper	Nmem		Comentarios
22B	1C	11	BSET6		Pone en uno el bit seis de la localidad #11, para mandar la señal a la bocina de alarma.
22D	20	04	BRA	LON	Bifurca a la localidad #233 siempre.
22F	A6	00	LDA	CUA	Cargar A con #00.
231	B7	21	STA		Almacenar A en la localidad #21, para dejar abajo la bandera si se encontraba así anteriormente.
233	AE	80	LON	LON	Carga el registro de índice con #90, que es la primera memoria donde se encuentran los valores necesarios para la conversión.
235	A6	07	LDA		Cargar A con #07.
237	B7	12	STA		Almacenar A en la localidad #12, que es el contador de ciclos para la conversión.
239	98		CLC		Pone en cero la bandera de acarreo.
23A	96	18	LDA		Cargar A con el contenido de la localidad #18, que es la bandera que indica cuando se está midiendo la presión.
23C	A0	01	SUB		Restar #01 a A.
23E	2A	06	BIT	KEY	Bifurca a la localidad #246 si es negativo, (la bandera estaba en cero).
240	B6	03	LDA		Cargar A con el contenido de la localidad #03 (puerto E), que es la señal a procesar.
242	8B	03	ADD		Suma el contenido de la localidad #03 (puerto D) a A.
244	20	02	BRA	BIT	Bifurca a la localidad #248 siempre.
246	B6	03	LDA	KEY	Cargar A con el contenido de la localidad #03 (puerto D), que es el dato a procesar.
248	B7	13	BIT	STA	Almacenar A en la localidad #13, que es el registro temporal de la entrada.
24A	B7	14	STA		Almacenar A en la localidad #14, que es el registro donde se almacena la entrada durante el proceso, para ser utilizada más adelante.
24C	B6	13	PUL	LDA	Cargar A con el contenido de la localidad #13, que es el registro temporal de la entrada.
24E	46		ROR		Rotar A a la derecha a través de la bandera de acarreo.
24F	B7	13	STA		Almacenar A en la localidad #13, para tener el valor de entrada después de la rotación.
251	27	17	BCC	SAP	Bifurca a la localidad #26A si la bandera de acarreo es cero, no se efectúa la suma para la conversión.
253	98		CLC		Pone en cero la bandera de acarreo.
254	B6	10	LDA		Cargar A con el contenido de la localidad #10, que es el registro de las decenas y unidades, para sumarle el valor correspondiente.
256	FE		ADD		Suma indexada, se le suma a A el contenido del registro cuya dirección se encuentra en X.
257	28	02	SHCC	PIF	Bifurca a la localidad #25B si la bandera de medio acarreo es cero.
259	AB	06	ADD		Se le suma #06 a A para el ajuste a decimal, puesto que la bandera de medio acarreo estaba en uno.
25B	AB	66	PIF	ADD	Se le suma #66 a A para verificar si requiere el ajuste decimal.

Dir	Cód	Oper	Mnem		Comentarios	
25D	29	02	BKCS	DEL	Bifurca a la localidad \$261 si la bandera de medio acarreo es uno.	
25E	40	06	SUB		Se le resta \$06 a A, debido a que el nibble menos significativo no requiere el ajuste a decimal.	
261	25	04	DEL	BKS	TIA	Bifurca a la localidad \$267, si la bandera de acarreo es un uno.
262	40	60	SUB		Restar \$60 a A, ya que el nibble más significativo no requiere el ajuste decimal.	
265	20	03	BRA	SAP	Bifurca a la localidad \$26A siempre.	
267	3C	11	TIA	INC	Incrementa el contenido de la localidad \$11, que es el registro de las centenas.	
269	9B		CLC		Pone en cero la bandera de acarreo.	
26A	5C		SAP	INC	incrementa el registro de índice Y.	
26B	87	10	STA		Almacenar A en la localidad \$10, registro de decenas y unidades.	
26D	3A	12	DEC		Decrementa el contenido de la localidad \$12 que es el contador de ciclos para la conversión.	
26F	26	8B	BNE	PUL	Bifurca a la localidad \$24C si no es igual, debido a que aún no termina el ciclo de conversión.	
271	86	14	LDA		Cargar A con el contenido de la localidad \$14, que es el registro donde se almacenó la entrada.	
273	49		ROL		Rota a A a la izquierda a través de la bandera de acarreo, para ver si el bit más significativo de la entrada es uno y entonces incrementar el registro de centenas.	
274	24	02	BCC	HAY	Bifurca a la localidad \$27B si la bandera de acarreo es un uno.	
276	3C	11	INC		Incrementa el contenido de la localidad \$11 (centenas), puesto que el bit más significativo es uno y su valor decimal es 128 y no solo 28 como se suma en el último ciclo.	
278	39	01	HAY	ROL	Rotar a la izquierda el contenido de la localidad \$01 (puerto B), para seleccionar el siguiente juego de displays.	
27A	86	11	LDA		Cargar A con el contenido de la localidad \$11.	
27C	87	02	STA		Almacenar A en la localidad \$02 (puerto C), centenas y bits de control.	
27E	86	10	LDA		Cargar A con el contenido de la localidad \$10.	
280	87	00	STA		Almacenar A en la localidad \$00 (puerto A).	
282	3F	18	CLR		Borrar el contenido de la localidad \$18, para inicializar la bandera de préstamo.	

## RUTINA DE TIEMPO

284	A6	02	LDA		Cargar A con \$02.
286	B7	24	STA		Almacenar A en la localidad \$24.
288	A6	08	WAW	LDA	Cargar A con \$08.
28A	B7	25	STA		Almacenar A en la localidad \$25.
28C	3A	25	MIX	DEC	Decrementar el contenido de la localidad \$25.
28E	26	FC	BNE	MIX	Bifurca a la localidad \$28C si no es igual.

Dir	Cód	Oper	Mnem	Comentarios
250	3A	24	DEC	Decrementa el contenido de la localidad \$24.
292	26	F4	BNE	WAV Bifurca a la localidad \$298 si no es igual.

### FIN RUTINA DE TIEMPO

294	B6	11	LDA	Cargar A con el contenido de la localidad \$11 para poder seleccionar la siguiente opción del A/D a procesar.
296	81		RTS	Retorno de subrutina.

### REGISTROS ESPECIALES

F39	20		NOR	Esta dirección pertenece al registro de opción de máscara "MOR", y se carga con \$20 para seleccionar la opción de reloj por cristal y seleccionar la fuente externa para el temporizador (patita TIMER).
FFE	9C	88	JMP	Branco incondicional a la localidad \$98, que es donde se inicializa el programa. Esta dirección pertenece a la restauración (Reset).

El circuito utilizado para la programación del microcomputador se obtuvo del libro de Motorola Microprocessors, Data Manual, y se muestra a continuación:

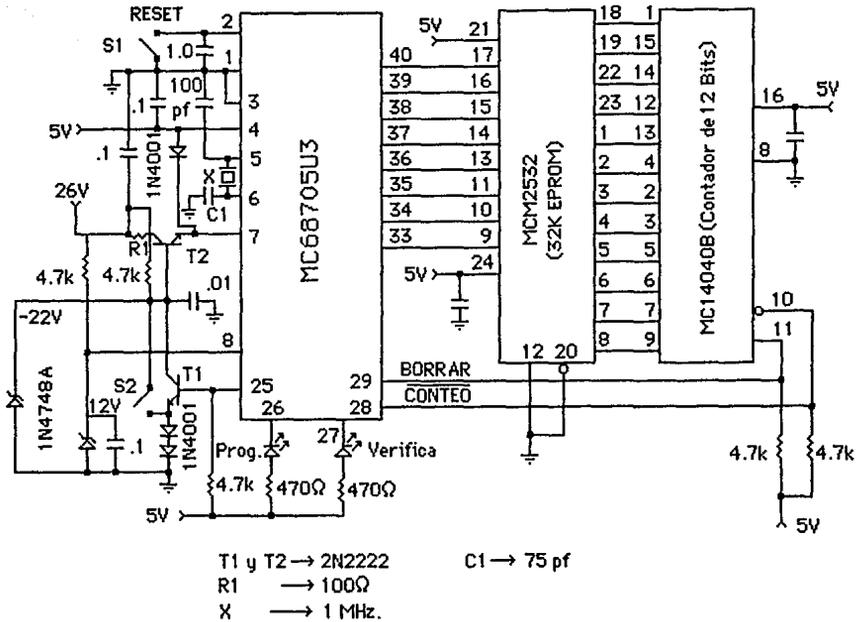


Diagrama esquemático del programador.

Figura # 4.1

Los pasos para la programación son los siguientes:

- Antes de insertar el MC68705U3 o el MCM2532, asegúrese de que S1 y S2 están cerrados y no hay voltajes aplicados.
- Para iniciar la programación asegúrese de que S1 y S2 estén cerrados y los voltajes (+5 y +26 V) estén aplicados. Entonces abra S1 y S2 en ese orden.
- Antes de remover el MC68705U3, cierre S2 y después S1. Desconecte los voltajes y entonces retire el integrado.

## CAPITULO V

### ANALISIS ECONOMICO

En este capítulo se hará un estudio de costos del diseño, tomando en cuenta solamente los valores de los componentes que se pueden observar en la figura # 3.13.

Los precios están basados en un estudio económico realizado el día 30 de Abril de 1986, en la ciudad de Guadalajara.

A continuación se da una lista de los componentes con sus respectivos precios. Todos estos precios tienen el impuesto al Valor Agregado (IVA) incluido.

T A B L A No. S.1

Tabla de costos del diseño.

Cantidad	Dispositivo	Concepto	Valor Unitario	Importe
1	MC68705U3	Microcomputador	\$27,970	\$27,970
1	ADC0808	Convertidor A/D	\$ 6,475	\$ 6,475
3	7447	Decodificador	\$ 1,495	\$ 1,495
12	5082-7651	Displays	\$ 2,498	\$29,976
2	TL084CN	Amp. Operacional	\$ 1,020	\$ 2,040
1	MCAB	Optoacoplador	\$ 1,478	\$ 1,478
2	7432	Cuatro Puertas OR	\$ 539	\$ 1,078
1	7404	Seis Inversores	\$ 539	\$ 539
9	MP52907	Transistores PNP	\$ 138	\$ 1,242
2	47 micro F.	Capacitor	\$ 69	\$ 138
2	1 micro F.	Capacitor	\$ 69	\$ 138
1	50 pF.	Capacitor	\$ 69	\$ 69
1	100 pF.	Capacitor	\$ 69	\$ 69
1	1 MHz.	Cristal	\$ 227	\$ 227
1	1N914	Diodo de señal	\$ 47	\$ 47
7	-----	Potenciómetro	\$ 120	\$ 840
40	-----	Resistencias	\$ 9	\$ 360
TOTAL				\$74,181

En relación con el análisis económico, se tiene que el costo total de los elementos involucrados en el diseño es de \$74,181.00. Haciendo una comparación con los costos de los medidores con los que cuenta el Ford Mustang, 1980 para las funciones muestreadas tenemos:

T A B L A No. 5.2

Tabla de costos de los indicadores  
analógicos:

Medidor	Costo
Presion de Aceite	\$ 9,850
Nivel de Gasolina	\$ 19,500
Temperatura	\$ 32,735
Velocidad	\$107,000
Carga del Acumulador	\$ 26,470

Todos los precios de la tabla 6.1 incluyen el IVA, y están tomados a precios de lista de la agencia Ford Country Motors, S.A. el día 30 de Abril de 1986.

Si efectuamos la suma tenemos que el costo de estos medidores es de \$195,555.00, lo que significa que es 2.64 veces mayor que el costo del diseño, por lo que este proyecto pueda llegar a ser costeable.

Con lo que respecta al mercado del producto, se podría adaptar a diferentes tipos de vehículos, haciendo modificaciones simples al programa y a los circuitos de los transductores.

## CAPITULO VI

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

### CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos fijados al inicio de este diseño, esta tesis cumple parcialmente con ellos, debido a que el control que se realiza en la velocidad, sólo podrá indicarle al conductor que ésta puede ocasionar un accidente, pero no puede tomar decisiones por sí solo sobre el vehículo. En otras palabras el conductor es el que tiene el control del automóvil en todo momento y será él el que tome las decisiones.

También se recomienda a las personas que tengan conocimiento de las consecuencias que puede traer el conducir a velocidades elevadas.

Con respecto a las otras funciones involucradas en el diseño, temperatura, presión, carga y nivel de gasolina, solo se digitalizaron, por lo que el conductor debe de tener conocimiento de los rangos de operación normal de las mismas en el automóvil.

Este proyecto puede ser modificado para el procesamiento de otras señales en el automóvil, así como para otros tipos de controles o alarmas.

Por otra parte como se puede ver en el capítulo anterior el precio de este producto es muy inferior al sistema análogo con el que cuenta el vehículo, por lo que tiene un precio atractivo para el consumidor.

## BIBLIOGRAFIA

- Doehelin, E. O. Diseño y Aplicación de Sistemas de Medición. México: Editorial Diana, 1980.
- Fink. Electronics Engineers Handbook. New York: Editorial McGraw-Hill, 1975.
- Gault, J. W. y Pimmel, R. L. Sistemas Digitales Basados en Microprocesadores. Edo. de México: Editorial McGraw-Hill, 1983.
- Hewlett Packard. Optoelectronics Application Manual. Estados Unidos: Editorial McGraw-Hill Book Company.
- Hewlett Packard. Optoelectronics Designer's Catalog 1977. Estados Unidos: Hewlett Packard Components, 1977.
- Kasper, J. y Feller, S. Digital Integrated Circuits. An Introduction for Students and Hobbyists. New Jersey 07632: Editorial Prentice-Hall, Inc. 1981.
- Maloney, T. J. Electrónica Industrial: Dispositivos y Sistemas. Madrid, España: Editorial Prentice-Hall International, 1983.
- Marcombo B. E. Microprocesadores y Microcomputadores. Barcelona, España: Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A., 1978.
- Mc Ware. Introduction to Electronics and Instrumentation. Massachusetts Institute of Technology: Breton Publishers, 1981.
- Hillman, J. Microelectronics: Digital and Analog Circuits and Systems. Tokyo, Japón: Editorial McGraw-Hill International, 1980.

- Hims, Forrest M. Engineer's Notebook II. A Handbook of Integrated Circuit Applications. Fort Worth, Texas 76102: Radio Shack, 1983.
- Monsanto. GaAsLITE CATALOG. Cupertino, California 95014: Monsanto Commercial Products Co, 1973.
- Motorola. Motorola Microprocessors Data Manual. Estados Unidos: Motorola Inc. 1981.
- Radio Shack. Semiconductor Reference Guide. Fort Worth, Texas 76102: Radio Shack, 1984.
- Ribbens, W. B. y Mansour, N. P. Understanding Automotive Electronics. Ft. Worth, Texas: Radio Shack, 1982.
- Schilling, D. L. y Belove, C. Electronics Circuits: Discrete and Integrated. Tokyo, Japón: Editorial McGraw-Hill International, 1983.
- Taub, H. Circuitos Digitales y Microprocesadores. Edo. de México: Editorial McGraw-Hill, 1982.
- Taub, H. y Schilling, D. L. Digital Integrated Electronics. Tokyo, Japón Editorial McGraw-Hill International, 1983.
- Tocci, R. J. Sistemas Digitales: Principios y Aplicaciones. Madrid 12, España: Editorial Prentice Hall International, 1981.
- Tokheim, R. L. Fundamentos de los Microprocesadores. México D.F: Editorial McGraw-Hill. Serie Schaum, 1984.