

7

Zejem



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

*FACULTAD DE INGENIERIA*

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE  
UN TABLERO DIGITAL PARA  
UN VEHICULO ELECTRICO**

**FALLA DE ORIGEN**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
*INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA*  
**P R E S E N T A N :**  
**JOSE LUIS AGUIRRE LOPEZ**  
**OMAR GARCES ALVAREZ**  
**TOKUNAGA CASTAÑEDA OSCAR**

*DIRECTOR DE TESIS :*  
**M. I. LAURO SANTIAGO CRUZ**



Mexico, D. F.

1995



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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.

---

## **AGRADECIMIENTOS**

---

- **Al M.I. Lauro Santiago Cruz, por su dedicado apoyo, paciencia y amistad.**
- **Al Ing. Rubén Romero Martínez, por los muchos consejos que influyeron de manera decisiva en este trabajo de tesis.**
- **A la Sección de Instrumentación, en especial al Ing. Rodolfo Peters Lammel, Ing. Enrique Gómez Rosas y al Ing. Valente Vázquez Tamayo.**
- **Al M.I. Pablo Lara, por la paciencia y buena disposición para resolver nuestras dudas y problemas.**
- **Al Instituto de Ingeniería por todas las facilidades otorgadas.**
- **A la UNAM, por su carácter formativo.**
- **A los muchos amigos que fuimos conociendo durante el transcurso de nuestros estudios y realización de este trabajo de tesis.**

- **A Paula mi madre y Luis mi padre por ser su inigualable amor, comprensión y apoyo durante toda mi vida. De ellos existo y de ellos soy.**
- **A Susana, Mirna y Perla, por que siempre he tenido todo su cariño el cual se otorga sin ninguna consideración.**
- **A Naomi, la mujer que deseo tener en los ojos hasta los últimos momentos de mi existencia.**
- **A todos los amigos que comparten conmigo experiencias y pensamiento.**

**José Luis Aguirre López**

**México D.F. junio del 95**

Dedico esta tesis a mis padres ZEFERINO TOKUNAGA MEDINA, GLORIA CASTAÑEDA JIMENEZ, que con su cariño y ejemplo me apoyan en todo lo que emprendo.

A mis hermanos SERGIO y GLORIA, de quienes he recibido su cariño y amistad.

OSCAR TOKUNAGA CASTAÑEDA

**A mis padres**

**este trabajo**

**es suyo**

**OMAR GARCES ALVAREZ**

---

## INDICE

<b>INTRODUCCION</b>	1
<b>I. GENERALIDADES</b>	
I.1 Automóviles eléctricos	4
I.2 Tableros de automóviles	8
<b>II. CONCEPTOS BASICOS</b>	
II.1 Microcontroladores	15
II.2 Memorias	20
II.3 Convertidores A/D	23
II.4 Transductores y variables	25
II.5 Visualizadores	33
II.6 Protección para las condiciones de operación del sistema	36
II.7 Convertidores de CC/CC	44
<b>III. DISEÑO DEL SISTEMA</b>	
III.1 Especificaciones de diseño	46
III.2 Parte física	47
III.3 Circuito de visualización	66
III.4 Acondicionadores de señales	69
III.5 Programación del sistema	76

---

---

III.6 Circuito impreso	81
------------------------	----

**IV. DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA**

IV.1 Conexiones del sistema	83
IV.2 Distribución de puertos	85
IV.3 Sistema de alimentación	86
IV.4 Interacción con el inversor	88
IV.5 Pruebas de integración del sistema a nivel laboratorio	91

**V. RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

V.1 Resultados	95
V.3 Conclusiones	99

**BIBLIOGRAFIA.**

**APENDICE A.** Memoria de cálculos

**APENDICE B.** Diagramas

**APENDICE C.** Programa del sistema

**APENDICE D.** Hojas de especificaciones

---

## INTRODUCCIÓN

El diseño de un minibus eléctrico, por parte del Instituto de Ingeniería, surge como una respuesta a los grandes problemas de contaminación existentes en las grandes ciudades del país, principalmente en el AMCM (Área Metropolitana de la Ciudad de México). El Instituto de Ingeniería, buscando una opción más para la relativa solución de este problema, proyecta la construcción de un vehículo eléctrico de transporte público con una capacidad para 30 personas, el cual eventualmente sustituirá parcialmente a los minibuses del transporte público, pertenecientes a la iniciativa privada. El primer prototipo deberá ser probado en el circuito del campus de la Ciudad Universitaria. Las pruebas del prototipo se realizarán en un circuito de 5 km.

El minibus tendrá una capacidad nominal de transportar 30 personas (incluyendo al conductor), de las cuales 13 estarán sentadas y 17 de pie. En cuanto a sus dimensiones físicas, éstas serán similares a las que presentan los minibuses de servicio público.

Las características de este desarrollo se incluyen en la siguiente tabla:

Rango de distancia entre recargas a vel. cte. de 40 km/h	88.4 km
Distancia entre paradas	200-300 m
Pendiente máxima de avance	10 %
Velocidad crucero	40 km/h
Velocidad máxima	60 km/h
Aceleración inicial	1.6 m/s <sup>2</sup>
Tiempo de 0-40 km/h	10.5 s

Los parámetros estimados para el diseño son:

Peso total (incluyendo pasajeros, baterías y dispositivos)	6000 kg
Peso de las baterías	1200 kg
Coefficiente de fricción de rodamiento	0.014
Coefficiente de arrastre aerodinámico	0.6

El vehículo a desarrollar está conformado de diferentes módulos, entre los que destacan: sistema de tracción (motor eléctrico y módulo hidroneumático), sistema mecánico (suspensión, carrocería, estructura de soporte de la unidad de tracción) y por último el sistema de control de variables. De este último forma parte el diseñar un tablero electrónico, con el cual se pueda controlar y verificar el estado del vehículo, así como la interacción con los módulos que así lo requieran.

Es por esto que surge el presente trabajo de tesis que tiene como objetivos el diseño, armado, construcción, pruebas y la presentación comercial de un tablero digital, para el minibus del Instituto de Ingeniería de la UNAM, que cumpla con las normas de seguridad y necesidades para el vehículo anteriormente mencionado.

El tablero a desarrollar deberá cumplir con las normas de calidad vigentes en los autos de combustión interna y deberá reducir al mínimo el consumo de energía que requerirá para el eficaz funcionamiento del sistema.

Para poder explicar el desarrollo de este proyecto, el presente trabajo se divide en 5 capítulos y 4 apéndices.

En el capítulo I se da una reseña del desarrollo de los vehículos eléctricos desde sus inicios, así como de algunos vehículos existentes en este momento en el mercado, posteriormente se da una visión general sobre los tableros de automóviles y algunas normas de diseño que se deberán respetar.

En el capítulo II se presenta un resumen de la información recabada de diferentes microcontroladores, transductores y visualizadores, a partir de la cual se eligieron los elementos para diseñar el tablero digital. Además en la parte final de este capítulo se da una breve explicación de las diferentes consideraciones a tomar para la eliminación del ruido eléctrico.

En el tercer capítulo se presentan los desarrollos correspondientes al *hardware* y *software* del sistema a partir de los elementos principales de cada módulo. En la parte correspondiente al *hardware* se presentan los diseños de cada uno de los módulos, al finalizar el capítulo se da la explicación de las diferentes rutinas empleadas en el *software* desarrollado para el tablero digital.

En el capítulo IV se describen de manera detallada los requerimientos del tablero hacia el minibus, la forma en que interactúa el tablero digital con el vehículo, la ubicación del tablero digital y todos los elementos externos, además de la presentación final del tablero.

En el capítulo V se presentan los resultados obtenidos en las diferentes pruebas realizadas, así como una breve cronología del desarrollo y construcción del tablero digital. Además al final de este capítulo se dan las conclusiones del presente trabajo.

---

Posteriormente se presenta la bibliografía empleada y apéndices, donde se dan las especificaciones del diseño del tablero así como las hojas de especificaciones de los principales dispositivos empleados.

---

Posteriormente se presenta la bibliografía empleada y apéndices, donde se dan las especificaciones del diseño del tablero así como las hojas de especificaciones de los principales dispositivos empleados.

---

## CAPITULO I GENERALIDADES

### I.1. Automóviles Eléctricos

Los primeros intentos por sustituir al caballo, como medio de transporte, surgieron en el siglo XVII, como dato curioso cabe señalar que en 1644 el rey Luis XIV de Francia autorizó a su escudero Jean Thenson para que utilizase libremente una carroza sin caballos, propulsada por dos hombres que, sentados al pescante, accionaban las ruedas mediante un mecanismo de pedales y correas.

Desde principios de siglo, donde los constantes inventos fueron desarrollando la más eficiente tecnología para impulsar los automóviles, tres tecnologías fueron apoyadas: vapor, electricidad y mecanismo de combustión interna.

En el área de competencia, el vehículo eléctrico (VE) apareció teniendo anticipadas ventajas, ya que los motores de combustión interna no habían alcanzado un nivel aceptable de rendimiento (eran voluminosos, pesados, ruidosos y no del todo seguros). La tecnología de baterías motivo un proceso constante de desarrollo y además la calidad de viaje fue superior a las otras tecnologías. Como lo reporta la *Scientific American* en Agosto de 1899 "Al parecer de una impresión general, del transporte de pasajeros dentro de las ciudades y sus alrededores, el automóvil eléctrico es el mejor. Este tiene la gran ventaja de ser una máquina silenciosa, exento de emisión de gases, simple en construcción y herramientas, fácil control, y tiene un rango considerable de velocidad".

Para impulsar el desarrollo de vehículos, se tuvo la idea de organizar carreras, fue en 1894, cuando el periódico parisiense *Le Petit Journal*, organizó la primera carrera de constructores de automóviles. Para darle mayor interés dotó la prueba con un premio de 30,000 pesetas. Para 1899 el récord de velocidad fue impuesto por un carro eléctrico, "*La Jamais Contente*" (Fig. I.1.), que viajó a un promedio de 40 millas por hora.

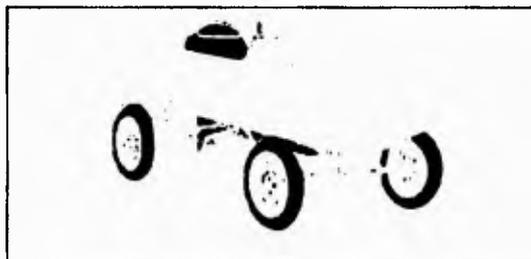


Fig. I.1. *La Jamais*

En la primera carrera patrocinada por la Asociación Americana de Automóviles realizada en 1901, fue ganada por A. L. Riker en el "*Riker Electric Car*", con un promedio de 24 millas por hora en un trayecto de 50 millas.

Como consecuencia de las experiencias mencionadas anteriormente, se llegó a la conclusión que para mejorar el comportamiento de los vehículos eléctricos, era importante el mejoramiento del sistema de alimentación de energía, basado en las baterías. Tomas Alva Edison fue un pionero en el estudio de baterías para vehículos eléctricos y gran promotor del uso de ellas; irónicamente un empleado suyo, Henry Ford, fue quien perfeccionó la tecnología de combustión interna con gasolina, lo cual resultó ser la caída anticipada del vehículo eléctrico.

Los principales obstáculos que presentaba el VE fue la tecnología de carga de baterías y el corto rango de distancia que proporcionaba. Un enfoque fue hecho a tiempo en dirección de la tecnología de baterías. Como hizo notar *Harper's Weekly*, en Marzo 16 de 1907: "El campo del vehículo eléctrico ha sido creciente en los recientes años por el continuo mejoramiento en baterías, el desarrollo de garajes públicos, y por el provechoso incremento de plantas privadas de cargado de baterías". Tal fue la inquietud que se creó una Asociación de Vehículos Eléctricos en E.U. para crear ayuda al soporte de la infraestructura de los vehículos. *Motor Age* celebra en 1912 los esfuerzos de este grupo, notando que: "Hoy día la Asociación de Vehículos Eléctricos de América está trabajando con doble esfuerzo y haciendo tiempo extra de servicio. Además se interesa que la gente de la estación central consiga reducir sus tarifas, esto lo han aprovechado las compañías de seguros y han conseguido reducir las tarifas para que ahora los costos de los vehículos eléctricos sean la mitad de los vehículos de combustión. Esto ha llevado a la estandarización de las partes eléctricas para las estaciones de recarga de baterías y para los establecimientos de talleres de vehículos eléctricos, y ahora se está haciendo parte del gran trabajo para la introducción a velocidad de más vehículos eléctricos para pasajeros y comerciales"<sup>1</sup>.

Sin embargo, para 1920, la tecnología dominante en esa época era de máquina de combustión interna. Los vehículos eléctricos, ya en decadencia, debido a sus cortos rangos de trayecto y la inconveniencia de una infraestructura, impidió continuar con el impulso a los VE y competir con los vehículos de combustión interna; sin embargo, la manufactura de automóviles eléctricos continuó persiguiendo la esperanza de que la brecha podría reducirse. Serios esfuerzos para crear nuevos vehículos eléctricos ocurrieron en los 60's, 70's y 80's. Sin embargo, la tecnología y el costo nunca permitió el desarrollo del vehículo eléctrico para alcanzar niveles competitivos.

Mientras tanto, el número masivo de carros de combustión interna, los cuales llenaron al mundo, estuvieron produciendo algunos impactos que causan problemas. Uno de los más serios impactos ha sido en la calidad del aire, ya que las emisiones de las máquinas han venido a aumentar el escrutinio y regulación de los motores de combustión interna.

---

1 Citado en *The literary Digest*, Febrero 8, 1913

---

Otro gran impacto ha sido la desconfianza mundial sobre el petróleo, como la fuente interminable de combustible para la red de transportación. Además la política internacional y el aumento de precios han forzado a la reconsideración de la dependencia del petróleo del mundo.

En México, el desarrollo de vehículos eléctricos se encuentra ligado con la evolución de los medios de transporte, de que se ha valido el habitante de la Ciudad de México para trasladarse de un lugar a otro. La movilización del capitalino arranca del procedimiento de conducción a hombros del Tameme, de la época precolonial, y desemboca hoy en día en el sofisticado Sistema de Transporte Colectivo METRO. México ve nacer, utiliza y contempla la sucesiva desaparición de la litera, la trajinera, la canoa y chalupa, el lando, la carroza, la "calandria", al ferrocarril de vapor, sustituido después, por el "tranvía de multitas", en 1910; vino después el tranvía del progreso, impulsado por energía eléctrica. Paso posterior es la aparición del trolebús, al cual se recurre como una mejor opción de transportación, junto con la red de tranvías eléctricos, lo que ocasionó la aparición retardada de los primeros vehículos de gasolina. El tranvía eléctrico y trolebús fue una buena opción hasta la década de los 60's, posteriormente se inicio con la construcción del METRO, y en los 70's había ya empresas (Viniestra, una de ellas) que construían vehículos eléctricos en el país, aunque su uso sólo se limitaba a vehículos pequeños para transporte dentro de aeropuertos, empresas, centros de esparcimiento y juguetes. Actualmente, por los problemas antes mencionados se hace necesario el desarrollo y construcción de vehículos eléctricos en México.

#### **Automóviles eléctricos actuales y características**

Las continuas investigaciones en tecnología de vehículos eléctricos han acumulado resultados en un sustancial mejoramiento en las características de rendimiento, que era su mayor obstáculo. Cabe recordar que los primeros motores usados eran de DC, ya que no existía la posibilidad de poder manejar motores de AC. Los de DC son eventualmente más pesados, menos eficientes, y son más propensos a requerir mantenimiento cuando estos poseen escobillas, en contraparte los de AC son más eficientes, menos pesados, no tienen casi necesidad de mantenimiento debido a que no tienen interacción mecánica. La desventaja de los motores de AC con respecto a los motores de DC es que estos son más fáciles de manejar. Sin embargo, el progreso se debe al desarrollo de la microelectrónica, ya que permite el uso de motores de corriente alterna (AC), situación que presentaba diversos problemas ya superados en cuanto a tecnología y costo.

Otro de los principales desarrollos ha sido el sustancial mejoramiento de las baterías, ya que hoy en día pueden almacenar una gran cantidad de energía, y actualmente numerosos tipos de baterías están bajo estudio o están siendo preparadas para producción.

Muchos de los programas actuales de desarrollo de vehículos eléctricos son las llamadas "conversiones". Las conversiones usan el cascarón de un vehículo existente y se le adaptan las baterías y los sistemas de potencia (motor, control, etc.). Las conversiones actuales sirven a un pequeño grupo

---

de empresas y personas, estos son usados como vehículos de uso personal, se ocupan para formar flotillas, demostraciones y experimentos.

A continuación se presentan algunos de los últimos desarrollos en vehículos eléctricos, con una breve descripción de sus características más importantes

a) G-Van (EPRI, *Conceptor Industries*). Este es uno de los primeros programas importantes que alcanzaran una producción comercial. La G-Van es una camioneta del tipo Van de GM, de 5 pasajeros, que tiene baterías de plomo ácido. Tiene un rango aproximadamente de 50 millas en condiciones urbanas, con una velocidad máxima de 52 millas por hora. Aproximadamente 100 de estos vehículos ya son usados en flotas comerciales. Fig. 1.2.



Fig. 1.2. G-VAN

b) GM *Impact* (*General Motors y Hughes*). Este vehículo diseñado por los grupos mencionados, es un desarrollo totalmente nuevo en todos sus componentes y su forma de la carrocería optimiza el rendimiento del vehículo. Es un automóvil para 2 personas con una velocidad máxima de 75 millas por hora, usa baterías de plomo ácido con una autonomía de 120 millas a un promedio de velocidad 55 millas por hora y tiene las características similares de aceleración de un carro de gasolina. Fig. 1.3.

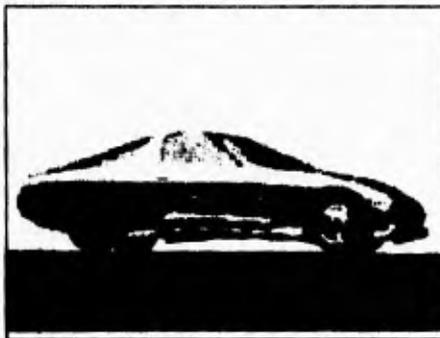


Fig. 1.3 GM Impact

c) TE-Van (*Chrysler Co. y Eagle-Picher Industries*). Este es un desarrollo de demostración que usa una carrocería de mini-van con un sistema de propulsión de baterías de níquel-hierro. La TE-Van tiene un rango de 100 millas entre recarga de baterías y un límite máximo de 65 millas por hora Fig. I.4.



Fig. I.4. TE VAN

Un vasto rango de programas de competencias son ahora abonados y soportados por compañías. Entre las compañías con programas identificados, tenemos: *BMW, Fiat, Honda, Mercedes-Benz, Nissan, Renault, Toyota, y Volkswagen.*

## I.2. Tableros de automóviles

La instrumentación automotriz incluye equipos y dispositivos que miden variables de interés para el usuario y los cuales despliegan cuantitativa y cualitativamente el estado del vehículo al conductor. Eventualmente dicha instrumentación tiene la capacidad de ejercer alguna acción de control.

La instrumentación automotriz desde 1920 hasta la década de los 50's incluía básicamente el velocímetro, medidor de presión en el aceite del motor, medidor de temperatura del motor y medidor de la carga de la batería. Estrictamente hablando solo los dos últimos eran instrumentos eléctricos (todas eran galgas). Sin embargo, a partir de la década de los cincuenta, las galgas empezaron a ser sustituidas por luces de aviso, que indicaban de manera cualitativa la excedencia de los límites establecidos.

La instrumentación no empezó a ser electrónica sino a partir de la década de los setenta, y ésta ha tenido variación en cuanto a su contenido, partiendo de los diferentes modelos en donde un tablero no es estrictamente electrónico ya que también contiene indicadores no electrónicos. La situación anterior depende básicamente de los costos de fabricación, por ejemplo, se tienen modelos 1994 con desplegados de velocidad y de kilometraje completamente analógicos (de índole básicamente mecánica, una galga para el velocímetro y un contador mecánico acoplados a una rueda o al diferencial).

---

Hasta aquí haremos una diferencia entre un tablero digital y un tablero analógico, ya que desde nuestra perspectiva, un tablero analógico bien puede tener un sinnúmero de elementos electrónicos, de tal forma que la información que se proporciona al usuario, no es convertida por un sistema a un valor digital a fin de ser analizado y posteriormente ser desplegado, como ocurre con un tablero digital. Cuando un tablero analógico efectúa alguna acción de control, ésta será lo más parecido a un control del tipo proporcional. Entonces, ¿cómo será un tablero digital?, bien pues un tablero digital tendrá que convertir a un valor digital la información requerida, a fin de que se realice un análisis global de ésta, y posteriormente hará un despliegue de la misma, no importando la manera de hacerlo. Este análisis global permite eventualmente ejercer una acción de control, éste será generalmente del tipo apagado-encendido.

### Tableros analógicos

Hablar de un tablero analógico de manera estricta es muy difícil dado que en la actualidad casi todos los tableros poseen algunos instrumentos digitales, pero en el supuesto que no tuviesen estos instrumentos, un tablero analógico puede tener diversas formas de llevar el despliegue al usuario de manera mecánica o eléctrica y eventualmente efectuar algún control de manera analógica. La forma en que es llevada la información de cualquier variable al usuario, se hace sin analizar ésta, simplemente es trasladada de manera proporcional por un elemento acondicionador mecánico o eléctrico que representa de manera cuantitativa y/o cualitativa a dicha variable. Esto significa que las variables a ser presentadas en el tablero al usuario se despliegan de manera aislada; es decir, las variables no se analizan en su conjunto y la información que presentan corresponde única y exclusivamente a la variable que se despliega. En la fig. 1.5. se presenta un diagrama de bloques que representa un tablero analógico, el cual se diferenciará de manera notable con un tablero digital.

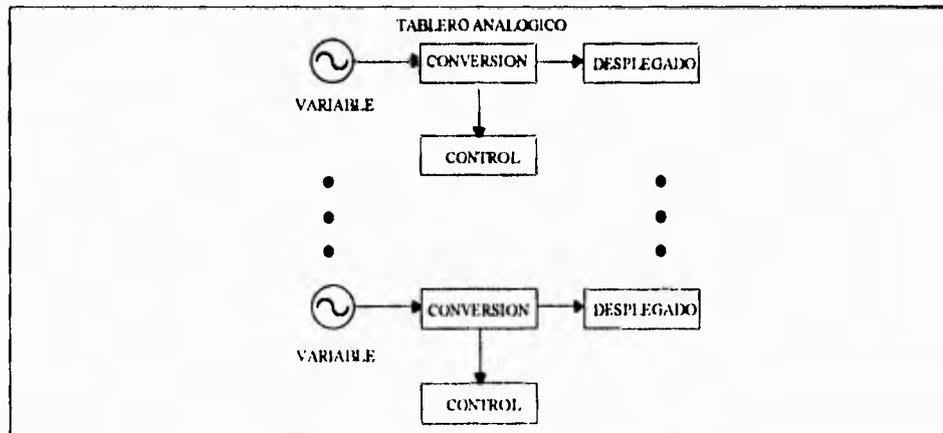


Fig. 1.5. Diagrama a bloques de un tablero analógico

Por lo tanto es difícil suponer que este tipo de tablero a pesar de sus ventajas (bajo costo, fácil instalación) tiene algunas importantes desventajas en cuanto a su imposibilidad de tener en cuenta a las demás variables para efectuar (de manera eventual) alguna acción. Como se observa en el esquema de la fig. 1.5., ya que todo el sistema adquiere sus datos de manera independiente y los controla (cuando esto existe) de la misma manera.

### Tableros digitales

Un tablero digital ejerce fundamentalmente las mismas acciones que un tablero analógico, sin embargo, para el análisis de las variables es necesario que éstas sean proporcionadas a un sistema que posee cierta capacidad de discernimiento. Los dispositivos usados generalmente son: Un microprocesador, una memoria, un sistema de actuadores, sensores y las interfases respectivas. La ventaja que ofrece un tablero digital es que éste analiza todas las variables y por lo tanto tiene un campo de trabajo más completo, para poder efectuar alguna acción de control y de despliegado. Las desventajas son su costo relativamente alto y la necesidad de una cuidadosa instalación.

A continuación se ofrece en la fig. 1.6. un esquema que representa a un tablero digital.

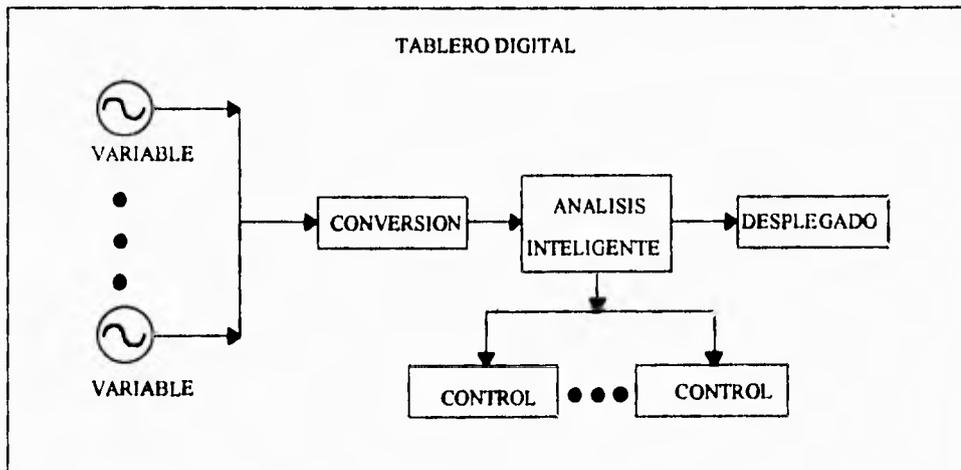


Fig. 1.6. Diagrama a bloques de un tablero digital

### Características del tablero a diseñar

En el diseño del tablero digital, se buscará compatibilizar las características del tablero con las normas de SAE y diferentes diseños automotrices, tratando de lograr una conjunción con cierta

armonía, de tal forma que se seleccionen parámetros, tanto de desplegado (información) como de control, para que sean incluidos en el tablero.

Además, en el diseño del tablero digital es importante determinar cuales serán las variables a desplegar, y como se va a efectuar esto, ya que el tablero digital deberá ser lo más simple y sencillo de comprender para el operador. Desplegando variables en forma indicativa que se presentará por medio de una indicación luminosa si existe una condición de alarma, también existe el desplegado en forma cuantitativa, el cual mostrará con más detalle el estado o la condición de las variables correspondientes.

Las variables que desplegará el tablero digital serán las siguientes:

- Velocímetro
- Odómetro
- Temperatura alta en el motor
- Indicadores de carga en las baterías (combustible)
- Aceite bajo en el sistema hidroneumático
- Temperatura alta en las baterías
- Freno de mano aplicado
- Luces (faros) encendidas
- Luces altas
- Direccionales (Intermitentes)

#### **Normas de diseño**

En cualquier diseño es importante definir las principales características funcionales que debe de poseer y que darán la pauta para el diseño final del mismo.

En el caso del tablero digital éstas deben estar enfocadas a obtener un buen funcionamiento, en cualquier circunstancia normal del minibús eléctrico, para esto se debe tomar en cuenta los factores del medio ambiente en el cual se ubicará, así como las condiciones eléctricas a las que se va a exponer.

#### **Condiciones ambientales**

La zona de instalación del tablero digital está expuesta a condiciones climatológicas variadas. El rango de temperatura para su operación, va desde  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+110^{\circ}\text{C}$ , según la recomendación de SAE J1211, por lo cual todos los elementos a elegir deberán de cumplir con estas condiciones.

---

### Condiciones eléctricas

Las características eléctricas que podrían afectar directamente al buen funcionamiento del tablero digital son principalmente variaciones en el voltaje de alimentación, éstas se deben a las diferentes condiciones de carga a las que se someterá al minibús eléctrico, idealmente se tendrá un voltaje de alimentación de 12 Volts; sin embargo, se presentarán situaciones extraordinarias de funcionamiento, como son las descargas que se presentarán en un arranque del minibús eléctrico, inversiones de polaridad, transitorios eléctricos que se presenten por efectos electromagnéticos y que puedan ocasionar daños permanentes al equipo electrónico que se instale.

### Condiciones de visibilidad

Ya que la luminosidad dentro de un vehículo cualquiera es muy variable durante el transcurso del día, el tablero digital deberá presentar una intensidad luminosa uniforme bajo cualquier circunstancia, sin parpadeos que demeriten su visualización, además el tablero deberá tener cierto ángulo de visibilidad dentro del cual se podrá ver claramente, que permita al operador la posibilidad de mantener la atención visual de la conducción. Para lograr esto se tomarán en cuenta las diferentes referencias fisiológicas del cuerpo humano, como son los movimientos de la cabeza y los ojos, así como, las capacidades perceptivas del sistema visual humano recomendadas por SAE (Society of Automotive Engineering) para factores de visualización.

El campo de vista de cada ojo del conductor se extiende de los  $90^\circ$  del meridiano horizontal a los  $60^\circ$  hacia dentro de la línea delantera de vista. (se asume que la línea de vista es perpendicular con los ejes longitudinales del vehículo y la autopista), esto se aprecia mejor en la fig. 1.7.

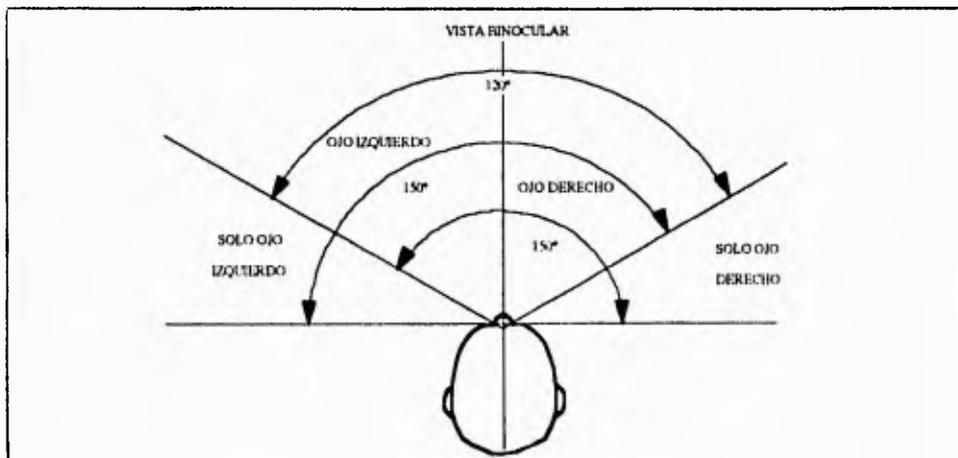


Fig. 1.7. Campo de vista

En la conducción de un vehículo es ideal el nulo movimiento de la cabeza, sin embargo, para efecto de posibilitar una mejor y más rápida percepción de la información en el tablero digital, se considera un movimiento de cabeza coordinado con el de los ojos que el conductor puede ejercer con facilidad, y que se muestra en la fig. 1.8. Se puede observar que el movimiento de la cabeza no va más allá de los  $30^{\circ}$  hacia arriba o hacia abajo y se le considera un movimiento sencillo al mismo tiempo la rotación de los ojos se proponen en un rango de movimiento de  $15^{\circ}$  hacia arriba y hacia abajo; en la misma figura se pueden observar los desplazamientos máximos hacia arriba o hacia abajo tanto de los ojos como de la cabeza.

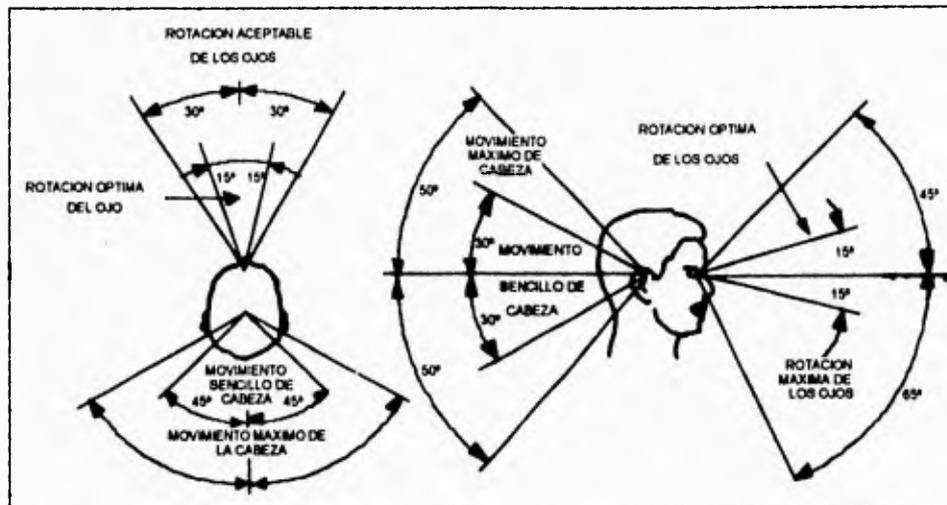


Fig. 1.8. Esquema del movimiento coordinado cabeza-ojos

La habilidad del ojo para percibir detalle, forma, color y movimiento, es mayor en el área central de visión, es decir, en la parte circundante de la línea primaria de vista. La percepción de las características mencionadas es reducida fuera de esta área central.

La percepción de eventos de tráfico y manejo, así como la necesidad de observar las diferentes variables que se ofrecen en el tablero digital, están fuera de la línea de vista central; de tal forma que es imprescindible la necesidad de obtener un diseño eficiente para poder visualizar estos elementos tan importantes para el conductor. Además, el tablero digital se deberá construir considerando las recomendaciones que proporciona SAE, para símbolos indicadores de vehículos de combustión, que serán adaptados para ser empleados en este vehículo eléctrico.

El porcentaje de error que deberán entregar las lecturas obtenidas en el tablero digital cumplirán con las recomendaciones que SAE proporciona para velocímetros y odómetros electromecánicos, ya que para instrumentación digital no existe. Las recomendaciones de SAE son:

- Odómetro:  $\pm 3.75\%$
- Velocímetro:  $\pm 4 \text{ km/hr}$

Para los demás desplegados que presentará el tablero no importa el tener un porcentaje de error establecido, ya que serán desplegados indicativos.

---

## CAPITULO II CONCEPTOS BASICOS

### II.1. Microcontroladores

Definir exactamente lo que es un microcontrolador es muy difícil, ya que en los últimos años el desarrollo de la electrónica ha dado como resultado un gran número de microcontroladores avanzados y versátiles, para definir un microcontrolador se tiene que partir de la definición de un microprocesador, el cual es un pequeño circuito integrado (CI) de gran escala de integración (LSI) extremadamente complejo, que tiene la capacidad de ser programable. Un microprocesador es básicamente, un componente que a su vez se forma de tres grandes bloques: Unidad Aritmética Lógica, Registros, Temporización y Control. Bajo la interacción de estos bloques, además de la existencia de un programa, el microprocesador es capaz de realizar operaciones lógicas, aritméticas, controles de memoria, así como el control de dispositivos periféricos de salida y entrada. Para realizar esta interacción el microprocesador necesita un bloque de instrucciones, el cual toma la función del programa.

Un microcontrolador es un dispositivo creado específicamente para controlar máquinas. Su parte principal es un microprocesador, al cual se le agregan dispositivos, tales como, contadores programables, puertos seriales de comunicación (UART's), puertos paralelos de entrada/salida (I/O), convertidor analógico/digital (A/D), etc.

De los microcontroladores que se encuentran en el mercado, existen varias familias que manejan palabras de ocho bits, como son las de Motorola, Hitachi, Zilog, National, Intel, etc.

A continuación tendremos una descripción de las familias más importantes del mercado que cumplen con la características mencionadas anteriormente.

#### Familia MC68HC11 de MOTOROLA

Esta familia está formada por un grupo sofisticado de microcontroladores de 8 bits, construidos con tecnología HCMOS. Cuentan con una velocidad de bus nominal de 2 MHz, cada elemento de la familia cuenta con las siguientes características.

- a) Un sistema de memoria de 8 kbytes de memoria ROM, 512 bytes de memoria EEPROM y 256 bytes de memoria RAM.
  - b) Un puerto de 8 líneas multiplexadas a un convertidor Analógico/Digital con una resolución de 8 bits.
-

- c) Una interfaz para comunicación serial asincrónica SCI y una interfaz para periféricos seriales sincrónicos SPI.
- d) El sistema principal de reloj tiene tres líneas de captura de entrada, 5 líneas de salida de comparación y una función real para interrupción.
- f) Subsistema acumulador de pulsos de 8 bits, capaz de contar y/o convertir eventos externos con ó sin periodicidad, entre otras aplicaciones
- g) Sistema de monitoreo tipo *watchdog* de la circuitería interna del circuito integrado, para prevenir fallas.

Además, a través de 2 modos de software, *WAIT* y *STOP*, es posible controlar la potencia requerida por el CI, logrando como consecuencia conservar energía adicional. Estos dos modos hacen que la familia MC68HC11 sea especialmente atractiva para aplicaciones automotrices ó bien, en donde se requiere un buen aprovechamiento de una batería.

Es muy importante aclarar que el conjunto de instrucciones es completamente compatible con toda la familia. Así mismo algunas instrucciones son tan versátiles que permiten que varias operaciones sean ejecutadas por una sola instrucción.

A continuación se muestra en la tabla II.1. las características de los principales miembros de la familia de microcontroladores de MOTOROLA 68HC11.

	68HC11A8	68HC11E9	68HC11E2	68HC11F1	68HC11A8	68HC11D3	68HC11D3	68HC11E9
ROM	8 k	12 k	0	0	16k(EEPROM)	16k(EEPROM)	4 k	12k(EEPROM)
RAM	256	512	256	1 k	256	192	192	512
EEPROM	512	512	2 k	512	512	0	0	512
Reloj	16 BIT	16 BIT	16 BIT	16 BIT	16 BIT	16 BIT	16 BIT	16 BIT
SPI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
SCI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
CNV. A/D	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI
INT. T. REAL	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
WATCH DOG	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
ENCAPSULADO	PLCC 51 DIP 48	PLCC 52	PLCC 52	PLCC 68	PLCC 52	PLCC 44 DIP 40	PLCC 44 DIP 40	PLCC 52
IO	38	38	38	30	38	32	32	38
VEL. DEL. BUS MH	0-2.1	0-2.1	0-2.1	0-4.2	0-2.1	0-2.1	0-2.1	0-2.1

Tabla II.1. Características de la familia MC68HC11

**Familia COP de NATIONAL.**

Esta familia está construida con tecnología microCMOS, tiene como ventajas principales bajo costo en los dispositivos, lógica de interrupción muy versátil, sistema completo de sincronización, memoria ROM, memoria RAM y puertos de entrada-salida.

Algunos de los miembros de esta familia son los siguientes COP620C, COP640C, COP820C, COP888CL/CP.

Las características de esta familia incluyen arquitectura de 8 bits en el bus de datos y direcciones, interfases seriales de entrada-salida, contador reloj de 16 bits con registros de salida y niveles de interrupción, *set* de instrucciones versátil y compatible con cada elemento de la familia, cada puerto de entrada-salida tiene un *software* con opciones que permite la adecuación del MCU a una aplicación específica, además esta familia opera con un rango de voltajes de 2.6 a 6 V.

Algunas otras características que ofrece esta familia son:

- a) Bajo costo en casi todos estos microcontroladores de 8 bits.
  - b) Frecuencia de operación de 20 MHz (tiempo de ejecución por instrucción de 1 microsegundo).
  - c) 1 kbytes de memoria ROM y 64 bytes de memoria RAM en los MCU's COP820C; 2 kbytes de memoria ROM y 128 bytes de memoria RAM en los MCU's COP840C.
  - d) Reloj de 16 bits de lectura-escritura que opera en tres modos: reloj con registro de 16 bits de autocarga, contador de 16 bits de eventos externos, reloj con registro de captura de 16 bits.
  - e) Fuente de interrupción cuyos modos son: Interrupción activada por un *reset* de limpieza, modo externo de interrupción con flanco de interrupción seleccionable, reloj de interrupciones o captura de interrupciones y modo de interrupción por *software*.
  - f) Registro *stack-pointer* de 8 bits.
  - g) *Set* de instrucciones para aritmética BCD.
  - h) Interfases seriales de entrada-salida.
  - i) Opciones de uso del *software* para los modos de entrada-salida (tres estados, *Push-Pull*, etc.).
  - j) Entradas para un *Schmitt-Trigger* en el puerto G
-

k) La memoria puede ser expandida externamente hasta 32 kbytes.

l) Rangos de temperatura de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+85^{\circ}\text{C}$  y  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $+125^{\circ}\text{C}$ .

### Familia 80C51

La familia SIGNETICS de PHILLIPS tiene una amplia variedad de microcontroladores para diversas aplicaciones en tiempo real, tales como instrumentación médica, control industrial y aplicaciones de control automotriz, a diferencia de la familia Intel que tiene menos alternativas de selección.

La familia 8051 está basada en microcontroladores de alto desempeño en la industria dentro del estándar de 8 bits.

Los elementos de esta familia están disponibles en versiones que cuentan internamente con ROM, EPROM, o solamente el CPU. Además pueden direccionar externamente una memoria de 64 Kbytes para datos y 6 kbytes de memoria de programa.

El 8051 es el miembro que da origen a ésta familia, algunas de sus características son las siguientes:

- a) CPU de 8 bits optimizado para aplicaciones de control.
  - b) Capacidad de procesamiento Booleano para lógica de un solo bit.
  - c) 32 líneas de direcciones bidireccionales I/O y direccionables individualmente.
  - d) RAM interna de 128 bytes para datos.
  - e) 2 relojes/contadores de 16 bits.
  - f) UART (Transmisor Receptor Universal Asíncrono) *full duplex*.
  - g) Estructura de interrupción de 5 fuentes con dos niveles de prioridad.
  - h) Circuitería interna en el CI de reloj oscilador.
  - i) Memoria interna de programa de 4 kbytes.
  - j) Direccionamiento de hasta 64 kbytes para memoria de programa.
-

k) Direccionamiento de hasta 64 kbytes de memoria de datos.

l) Su presentación es en encapsulado DIP 40 y PLCC de 44 terminales.

En la tabla II.2. se enumeran algunos miembros de la familia 80C51 con algunas de sus características.

NOMBRE	VERSION SIN ROM	VERSION EEPROM	A/D	PUERTOS	PWM	Reloj	MUERTO SERIAL	ROM bytes	RAM bytes	TIPO DE CIRCUITO
80C51	80C31	87C51	-	4	-	2 M	UART	4k	128	HMOS
80C51	-	-	-	4	-	2 M	UART	4k	128	CMOS
80C51	80C32	87C52	-	4	-	2 M	UART	8k	256	CMOS
80C53	-	87C54	-	3 1/2	9	2 M	-	8k	192	CMOS
83C410	80C410	-	-	4	-	2 M	PC	4k	128	CMOS
80C451	80C451	87C451	-	7	-	2 M	UART	4k	128	CMOS
83C528	80C528	87C528	-	4	-	2 Reloj; 2 M	UART PC	32k	512	CMOS
83C550	80C550	87C550	8a/8b	4	-	2 M WATCHDOG	UART	4k	128	CMOS
83C552	80C552	87C552	8a/10a	6	2	2 M; 2 Reloj WATCHDOG	UART PC	8k	256	CMOS
83C562	80C562	-	8a/8b	6	2	2 M; 2 Reloj WATCHDOG	UART	8k	256	CMOS
83C575	80C575	87C575	4 CO MP	4	3	2 M; 2 Reloj WATCHDOG PCA	UART	8k	256	CMOS
87C592	-	87C592	8a/10a	6	2	2 M; 2 Reloj WATCHDOG	UART CAN	16k	512	CMOS
83C652	80C652	87C652	-	4	-	2 M	UART PC	8k	256	CMOS
83C654	-	87C654	-	4	-	2 M	UART PC	16k	256	CMOS
83C751	-	87C751	-	2 5/8	-	1 M	PC	2k	64	CMOS
83C752	-	87C752	8a/8b	2 5/8	-	1 M	PC	2k	64	CMOS
83C851	80C851	-	-	4	-	2 M	UART	4k	128	CMOS
83C852	-	-	-	4	-	2 M	-	8k	256	CMOS

Tabla II.2. Características de la familia 80C51

### Microcontrolador 80C552

El 80C552 es un microcontrolador que tiene un buen desempeño en aplicaciones en tiempo real, como por ejemplo la instrumentación, el control automatizado. Este dispositivo está provisto de funciones extras a las propias del 80C51.

El CI del microcontrolador está construido con un proceso CMOS avanzado y como ya se mencionó anteriormente es un derivado de la familia de microcontroladores 80C51. Cuenta con un *SET* de instrucciones más poderoso que el del 80C51. Adicionalmente cuenta con un registro de funciones especiales para controlar los dispositivos periféricos que se encuentran dentro del CI, además cuenta con las siguientes características:

- a) Memoria RAM de 256 bytes para datos.
- b) Ocho líneas multiplexadas hacia un convertidor analógico/digital de 10 bits de resolución.
- c) Arreglo de relojes/contadores con alta velocidad para las salidas y captura de entradas.
- d) Dos relojes/contadores de 16 bits, un reloj/contador de 16 bits acoplado para la captura y comparación con latches además de un *WATCHDOG*.
- e) 15 fuentes de interrupción con una estructura de jerarquía y dos niveles de prioridad.
- f) Dos salidas moduladas por ancho de pulso PWM.
- g) UART *full duplex* igual al del 8051.
- h) Cinco puertos bidireccionales de entrada/salida y uno de salida con 8 bits cada uno.
- i) Puerto serial del tipo I<sup>2</sup>C.
- j) Cuenta con dos modos para reducir el consumo de energía seleccionable por *software*, el modo de baja potencia y el modo ocioso.
- k) Presentación en un empaque PLCC de 68 terminales.

Además el *SET* de instrucciones es completamente compatible al de la familia 80C51.

## II.2. Memorias

Las memorias son dispositivos o sistemas que almacenan información digital en grandes cantidades, dentro de los microcontroladores se pueden considerar como subsistemas destinados a almacenar los programas y datos para suministrarlos a otros subsistemas (CPU) bajo su demanda.

---

Una memoria se caracteriza fundamentalmente por un conjunto de celdas capaces de almacenar en cada una de ellas un bit de información que se organizan en conjuntos o palabras normalmente de 1,4,8,16 celdas.

Según su acceso, las memorias se clasifican como:

**a) De acceso directo o aleatorio**

En estas memorias se asocia una dirección a cada palabra, y al suministrar a la memoria una dirección, determina que se suministre o modifique la información de la palabra asociada a dicha dirección en un tiempo que no depende del valor de la dirección.

**b) De acceso secuencial**

En estas memorias el tiempo de acceso a una palabra determinada depende de su posición con respecto a una posición de referencia. El dato es accedido mediante una secuencia temporal.

**c) Asociativas**

En estas memorias el acceso a una palabra determinada se consigna mediante la información contenida en una parte de la propia palabra.

Una memoria es volátil si necesita suministro de energía permanente para mantener la información, en caso contrario se llama no volátil.

Memorias dinámicas son aquellas en que la información almacenada se degenera en el tiempo, aunque estén alimentadas y es preciso un proceso de reafirmación (refresco), para que no se pierda la información, en caso contrario se llaman memorias estáticas.

### **Memorias ROM**

Las memorias de sólo lectura, memorias ROM, almacenan información de acuerdo con la presencia o ausencia de diodos o transistores que unen filas o columnas. Su característica principal es que mantienen los datos almacenados aún cuando no se tenga presente la tensión de alimentación a las mismas, es por ello que éstas memorias se les conoce como no volátiles, las velocidades de lectura son comparables a las de las memorias RAM, este tipo de memorias se pueden clasificar en: PROM EPROM y EEPROM. Las ROM más sencillas son escritas en el mismo proceso de fabricación mediante la configuración física del circuito integrado (CI). Los cambios en los datos almacenados son imposibles. A este tipo de memorias se les denomina programables por máscara o más sencillamente ROM de máscara. Las memorias programables de sólo lectura (PROM) tienen una conexión o camino entre cada fila y cada columna una vez fabricadas, correspondiendo a un "1" en cada posición de dato. Las celdas de almacenamiento pueden ser selectivamente cambiadas al estado lógico "0" (ROM PROGRAMABLE) después de su fabricación aplicando pulsos eléctricos apropiados para abrir de

---

forma selectiva los caminos entre filas y columnas. Una vez programada los ceros no pueden volver a cambiarse a "1".

Las memorias de sólo lectura programables y borrables (*Erasable Programmable Read Only Memories* EPROM) presentan inicialmente todos los bits en el estado lógico "1". Se programan eléctricamente con pulsos de voltaje considerablemente más grandes que el voltaje de polarización de la memoria. Estos pulsos mueven una compuerta flotante que pone en estado de saturación al transistor que contiene la información lógica (estado lógico "0"), esta compuerta permanece en ese lugar hasta que exista un flujo de electrones, para que esta regrese a su posición original y esto se logra exponiendo el CI a la luz ultravioleta, ocasionando que las memorias puedan ser borradas.

Los encapsulados para estos componentes tienen ventanas transparentes para permitir la irradiación ultravioleta. Por último las memorias de sólo lectura programables y borrables por medios eléctricos son (EEPROM) estas últimas son las más avanzadas y costosas de las memorias PROM.

Al contrario que las EPROM, que deben ser totalmente borrables y reescritas aunque sólo se desee cambiar un solo bit, las EEPROM pueden borrarse selectivamente. Las operaciones de escritura y borrado para las PROM, requieren unos tiempos que oscilan entre 10 microsegundos y algunos milisegundos.

Una de las características importantes en las memorias ROM es el tiempo de acceso de lectura. Este se define como el retraso que existe desde la aparición de la dirección hasta que el dato almacenado en dicha dirección está disponible en la salida. El máximo tiempo de acceso de la lectura es un parámetro importante de la memoria. El tiempo de ciclo es el inverso de la frecuencia en la cual puede cambiarse la información de la dirección mientras se lee o se escribe en posiciones aleatorias. Normalmente dentro de las características de una memoria se especifica el mínimo valor del tiempo del ciclo, por debajo del cual pueden producirse errores. Los tiempos mínimos del ciclo para lectura y escritura no son necesariamente iguales, pero por simplicidad algunos diseñadores lo utilizan así tanto para lectura como para escritura, el tiempo de acceso oscila entre el 50 y 90 % del ciclo de lectura.

Las memorias de sólo lectura se utilizan para el almacenamiento constante de información de control e instrucciones que son básicamente el programa para los sistemas digitales. Pueden ser consideradas como componentes que proporcionan una salida binaria fija para cada dirección binaria dada.

### **Memorias RAM**

Esta organización es conocida con el nombre de memoria de acceso aleatorio (*Random Access Memory*). Este nombre proviene del hecho de que las posiciones de memoria (direcciones) pueden accederse en una forma aleatoria, a una cadencia fija independiente de su posición física, tanto para la lectura como para la escritura. La matriz de almacenamiento de una RAM se constituye mediante un agrupamiento de celdas, de manera que puedan compartir direcciones en filas horizontales y columnas

---

verticales. Las líneas horizontales, que son gobernadas sólo desde afuera de la matriz de celdas, a menudo son llamadas líneas de palabra (*WORD LINES*), mientras que las líneas verticales a lo largo de las celdas por las cuales los datos entran y salen son llamadas líneas de bit. Una celda puede disponerse para su lectura o escritura seleccionando una fila y una columna. La fila y la columna a seleccionar quedan determinadas decodificando la información codificada en binario de la dirección. El decodificador necesario ha de tener  $2^n$  líneas de salida, de las cuales una diferente es seleccionada para un código diferente en  $n$  bits de entrada.

Los circuitos de lectura-escritura (R/W) determinan cuando el dato debe ser recuperado o almacenado, realizan las aplicaciones necesarias y adaptan los niveles de tensión. Las memorias de acceso aleatorio de lectura-escritura pueden almacenar información en flip-flops o simplemente como cargas en condensadores. Los tiempos necesarios para lectura y escritura son aproximadamente iguales oscilando en el rango de 10 a 500 ns. Puesto que las memorias de lectura-escritura almacenan los datos en circuitos activos son volátiles, es decir, la información almacenada se pierde si la alimentación se interrumpe. La abreviatura natural para las memorias de lectura-escritura es RWM. Sin embargo, como la pronunciación es difícil, el término RAM se utiliza normalmente para referirse a ellas. Para ser precisos, ambas, lectura-escritura y solo lectura, deberían ser llamadas RAM.

### II.3. Convertidores A/D

Un sistema de medición se integra principalmente por los siguientes elementos: la variable a medir, un transductor, un sistema de adquisición o registro de datos y un actuador. En algunos de estos sistemas se requiere de algún tipo de realimentación.

Una gran cantidad de transductores generan señales de salida continua o analógicas. En la mayoría de los sistemas de medición se integran alrededor de sistemas digitales, es por ello que se han ideado diferentes tipos de convertidores que sirvan de interfase entre dispositivos analógicos y dispositivos digitales los cuales se conocen como convertidores analógicos/digitales, a continuación se tendrá una descripción general de los diferentes tipos de convertidores, modo de funcionamiento y características principales.

Un convertidor analógico/digital (A/D) toma la entrada analógica y después de un cierto tiempo (dependiendo del tipo de técnica de conversión) produce un código binario que representa la entrada analógica.

Los diferentes tipos de convertidores A/D deben sus nombres al tipo de técnica empleada para la conversión y se pueden clasificar como sigue:

- I. Convertidores por comparación de voltaje. En este grupo están incluidos los de balance continuo, aproximaciones sucesivas, y el de tipo rampa discreta. Estos métodos utilizan un convertidor digital-analógico para proporcionar un voltaje de referencia variable que se compare con la entrada.
-

2. Convertidores que usan técnicas de carga y/o descarga de un capacitor. En este grupo está el convertidor de voltaje a frecuencia, convertidor de ancho de pulso y el convertidor de doble integración.

De los tipos de convertidores anteriormente mencionados los más utilizados para interactuar con un microcontrolador son del primer grupo, debido a la capacidad de integración física, facilidad de manejo digital y mayor control en el tiempo de conversión.

#### Consideraciones para elegir un convertidor A/D

Los parámetros que permiten la elección de un convertidor A/D dependerán de la aplicación a la que se designe. A continuación se presentan algunos de los parámetros más importantes a considerar en la elección de un convertidor A/D.

**Rango de voltaje.** Es el rango del voltaje de entrada que el convertidor puede convertir.

**Resolución.** Se refiere al valor mínimo del voltaje que se puede convertir y se define como:

$$Q = \text{Rango de escala completa} / 2^n \quad \text{donde: } n \text{ es el número de bits.}$$

**Exactitud.** Es la medida del error esperado en la representación de un voltaje analógico en uno digital.

**Tiempo máximo de conversión.** Es el tiempo que tarda un convertidor en realizar una conversión completa, desde el instante que en se aplica una señal de entrada hasta que aparece en la salida.

**Potencia de consumo.** Es la cantidad de energía que requiere el convertidor para realizar una conversión.

**Monotonidad.** Un convertidor A/D o D/A es monótonico si su salida se incrementa o permanece constante cuando la entrada se incrementa para todo rango de escala.

**No Linealidad Diferencial** Es la medición del peor caso de desviación del valor real en el último bit (BMS bit menos significativo). Los valores que puede tomar se expresan en fracciones de bit ó en porcentajes de la escala total. Generalmente el valor de la no linealidad diferencial oscila en el 1/2 de bit y deberá ser siempre menor a "1".

**Error de linealidad.** Es el peor caso de desviación en la línea que va desde el cero hasta la escala total. Puede ser expresada en fracciones o en porcentaje de la escala total.

---

**Error de cero.** Es la diferencia entre la entrada ideal de voltaje (1/2 bit) y el voltaje necesitado para tener una transición de cero a uno en el bit menos significativo (BMS). Este error es usualmente expresado en fracciones de bit.

**Error de cantidad.** También llamado error de resolución ó precisión de conversión, y es función del número de bits en la palabra convertida; éste tiene un máximo de  $\pm 0.5$  del valor del dígito menos significativo.

**Error por equipo.** Este tipo de error se presenta en todo equipo electrónico y se debe principalmente a las variaciones en los componentes empleados (tolerancias), y a los cambios que presentan los componentes con la temperatura, la humedad, el tiempo, etc.

#### II.4. Transductores y variables

Un transductor es un elemento que convierte una variable física como temperatura, humedad, velocidad, etc. a una variable generalmente eléctrica, como corriente y/o voltaje, esto se debe a que el transductor cambia sus características eléctricas (resistencia, capacitancia, inductancia, etc). Como se ha mencionado anteriormente, los transductores forman parte vital en un sistema de medición ó control. Dependiendo de la variable a medir se aplica el transductor adecuado, sin embargo generalmente se pueden aplicar diferentes tipos de transductores para una misma variable, así el transductor es seleccionado para la aplicación específica. Esta selección depende de todas las circunstancias; sean físicas, ambientales, económicas o de cualquier otra índole. El proyecto de tesis requiere de medir dos variables diferentes: velocidad y temperatura, de tal manera que a continuación se describirá brevemente a los diferentes tipos transductores de las variables mencionadas.

##### Velocidad

Para hacer la medición de la velocidad se utilizan principalmente transductores inductivos y fotoeléctricos.

##### Transductores inductivos

Los transductores inductivos son aquellos que utilizan un campo magnético (estacionario o variable) para reaccionar en presencia de un objeto a detectar (excitador), básicamente existen de dos tipos:

- \* Pasivos, son aquellos que emplean un imán como fuente de campo magnético para inducir una señal en una bobina.
-

\* Activos, son los que emplean la bobina misma como fuente de excitación del campo magnético.

### El efecto Hall

Edwin Hall fue el primero en investigar el efecto que sostiene un campo magnético cuando circula una corriente en una lámina delgada de oro. Observó un pequeño voltaje en las orillas de una laminilla de oro que lleva una corriente cuando un campo magnético es aplicado perpendicularmente a la laminilla.

En la figura II.1. se indica el principio del efecto Hall. En una placa semiconductor de espesor  $t$  que se conecta, de modo que circule una corriente externa  $I$  a través del material, al aplicar un campo magnético  $B$  perpendicular a la superficie de la placa se genera un potencial  $E_H$ , a este potencial se conoce con voltaje Hall y lo da la ecuación II.1.

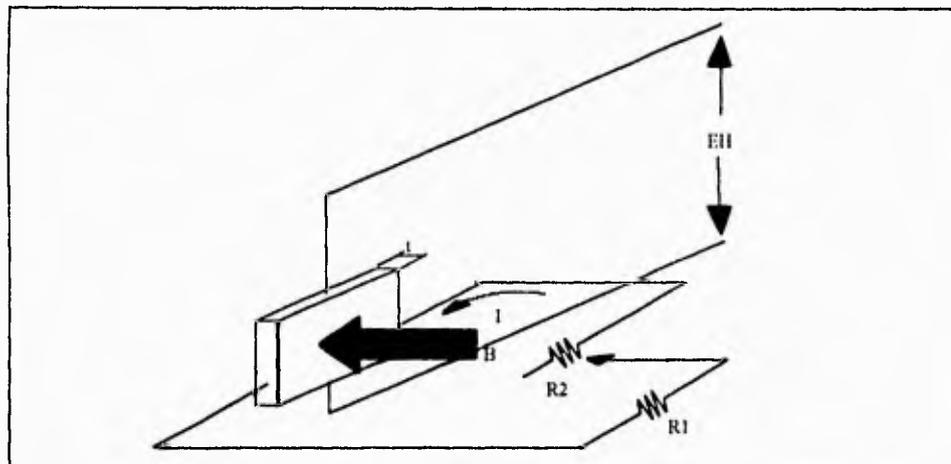


Fig. II.1. El efecto Hall en el silicón

$$E_H = K_H \frac{IB}{t} \quad (II.1)$$

donde:  $K_H$  es la constante de proporcionalidad y se conoce como coeficiente de Hall.

Para las mediciones angulares o lineales puede utilizarse un transductor de efecto Hall, Para lo cual puede complementarse con un dispositivo giratorio que esté vestido con elementos magnéticos, como se muestra en la figura II.2. Al desplazarse este dispositivo el transductor de efecto Hall envía

una señal que es amplificada y enviada a un contador. El número de conteos es proporcional al desplazamiento angular, la frecuencia de la señal es proporcional a la velocidad angular.

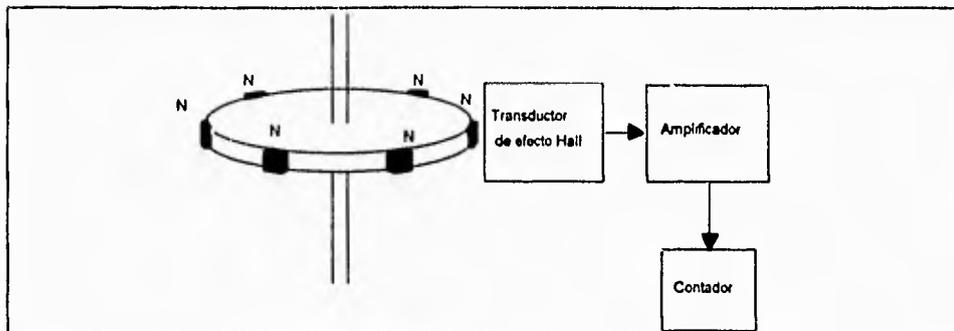


Fig. 11.2. Diagrama del transductor de efecto Hall

### Dispositivos fotoeléctricos

Los transductores fotoeléctricos cuentan con una fuente emisora de un tipo de luz y un elemento fotodetector de dicho tipo de luz, entregando en su salida señales de tipo digital. Estos transductores pueden usarse para mediciones angulares y lineales.

En la figura 11.3. se muestra un transductor que opera bajo el principio de reflexión óptica. En un dispositivo móvil se instalan pequeñas cintas reflectoras, con lo cual la luz de la fuente se refleja de manera alternativa con el movimiento angular del dispositivo, presentando por lo tanto una señal al receptor (fotodetector). En el receptor la señal es amplificada, acondicionada y posteriormente enviada a un contador. El número de conteos es proporcional al desplazamiento angular y la frecuencia de la señal es proporcional a la velocidad angular.

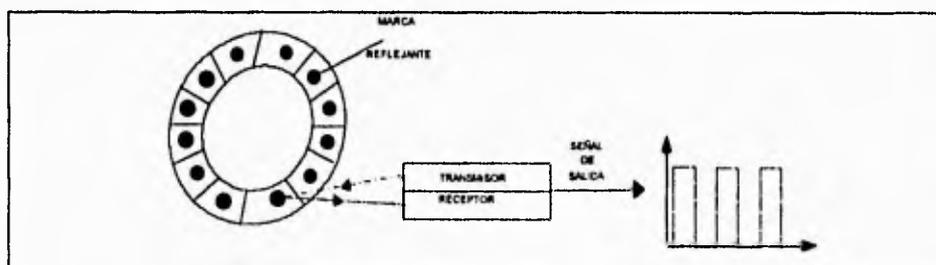


Fig. 11.3. Diagrama funcional de un transductor óptico

### Transductores de temperatura

La energía calorífica y la temperatura son dos variables presentes en casi todos los sistemas. El calor se transfiere de un lugar a otro debido a la existencia de una diferencia de temperaturas en dichos lugares.

La transferencia de calor puede ocurrir :

- Por conducción (difusión a través de un sólido o un fluido estancado).
- Por convección (movimiento de un fluido entre los dos lugares).
- Por radiación (por ondas electromagnéticas).

Las mediciones de temperatura pueden ser con o sin contacto.

En el primer caso, el elemento detector se encuentra a la misma temperatura que el material por medir, es decir ambos están en contacto, y la transferencia de calor entre ellos ocurre por conducción y convección. Los transductores de contacto se elaboran de dos formas: superficiales, que se fijan a la área del material cuya temperatura será medida; y sondas de inmersión, que se insertan en los fluidos de los cuales se desea su temperatura.

En la medición sin contacto la transferencia de calor es por radiación.

Algunas veces es necesario proteger al transductor del contacto directo con material corrosivo, ya sea protegiéndolo en un forro ó coraza, o bien instalándolo en una cámara sellada a presión. Esto introduce una capacidad y resistencia térmica extra que afectan la exactitud de respuesta del transductor.

Los transductores para la medición son de cuatro tipos básicamente:

1<sup>er</sup>. TIPO. Los basados en la dilatación térmica de líquidos, sólidos y gases, mejor conocidos como termómetros. Un ejemplo de estos se muestran en la figura 11.4.

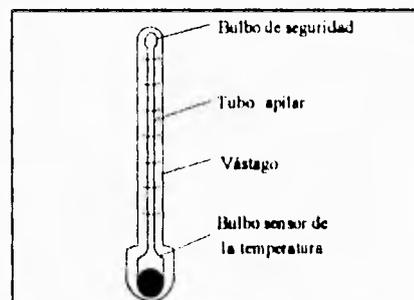


Fig. 11.4. Transductor de temperatura

Las categorías más importantes son:

- Termómetros de líquidos en vidrio y líquidos en metal.
- Termómetros bimetalicos.

2<sup>do</sup>. TIPO. El transductor termoelectrico, o termopar. El principio de operacion del termopar se basa en el efecto Seebeck, el cual ocurre cuando, se produce una fuerza electromotriz debida a la temperatura entre la union de dos metales distintos o aleaciones diferentes que forman la union.

Un termopar comun consta de dos alambres de aleaciones especiales unidos en un extremo, que es la union de deteccion. En el otro extremo del circuito de aleacion, donde se termina, se conecta a cables de cobre, conformando con ello la union de referencia. Suponiendo que el cableado de aleacion es homogéneo, el voltaje entregado se relaciona con la diferencia de temperaturas en las dos uniones. Esta relacion es aproximadamente lineal en un gran intervalo de temperaturas. En la figura II.5. se muestra el diagrama esquemático de como se conecta un termopar.

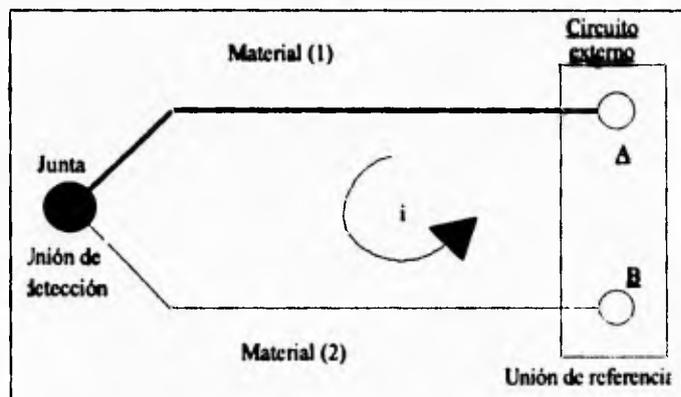


Fig. II.5. Diagrama de conexión de un termopar

3<sup>er</sup>. TIPO. Estos son los transductores termoresistivos; que basan su comportamiento en la dependencia con respecto a la temperatura de la relación volt-ampere de los materiales conductores y semiconductores. Estos son transductores pasivos que requieren una fuente externa de energía eléctrica y es necesario minimizar el calentamiento causado por la corriente que circula a través de este transductor, ya que puede alterar el valor de la medición de la temperatura.

Existen tres clases de dispositivos termoresistivos: los detectores resistivos de temperatura (RTD), los termistores y los detectores basados en semiconductores monolíticos.

Los RTD se elaboran con material conductor metálico (platino, níquel y aleaciones de níquel). Las sondas de RTD presentan la forma de bobinas de alambre o películas metálicas. Estos metales presentan una característica positiva de la resistencia en función de la temperatura.

Los termistores se elaboran con materiales semiconductores amorfos, por lo general mezclas de varios óxidos, con forma de hojuelas, cuentas, discos, barras, etc. La mayor parte de estos materiales presentan una disminución de la resistencia con el incremento de temperatura, esta dependencia es no lineal pero su elevada sensibilidad constituye su principal atractivo. La conversión de la variación de la resistencia a temperatura se hace mediante circuitería electrónica o *software*. Los esquemas basados en circuitos electrónicos utilizan redes con un termistor y resistencias de compensación que linealizan las características.

Los detectores semiconductores monolíticos se basan en la dependencia con respecto a la temperatura de la relación volt-ampere de una unión pn polarizada directamente. Las ecuaciones II.2 y II.3 muestran como se relaciona esta dependencia.

$$i = I_s \exp\left(\frac{qV}{kT}\right) \quad (II.2)$$

suponiendo  $i/I_s \gg 1$

$$V = \frac{kT}{q} \ln \left[ \frac{i}{I_s} \right] \quad (II.3)$$

donde:  $i$  = corriente a través de la unión.  
 $V$  = voltaje a través de la unión.  
 $T$  = temperatura en [°K].  
 $I_s$  = corriente de saturación.  
 $k$  = constante de Boltzmann (1.38E-23 J/K).  
 $q$  = carga del electrón (1.6E-19 C).

Cuando la corriente  $i$  se mantiene constante con el empleo de una fuente de corriente y el valor  $I_s$  se controla mediante una configuración geométrica apropiada del semiconductor, el voltaje es inherentemente proporcional a la temperatura absoluta. En la práctica se obtiene una exactitud de  $\pm 0.5^\circ\text{C}$  en un intervalo de  $100^\circ\text{C}$ . El detector semiconductor se utiliza cuando se desea que haya una linealidad en un pequeño intervalo de temperatura, por ejemplo, en el compensador de referencia para termopares en el circuito electrónico.

4<sup>to</sup>. TIPO. Son los termómetros de radiación, llamados pirómetros, estos son transductores sin contacto que responden a la transferencia radiactiva de calor. En la medición subyacen dos principios

---

básicos, la ley de Stefan-Boltzmann, que relaciona la emisión total de energía con la temperatura, y la ecuación de Planck, que relaciona la distribución espectral de la energía irradiada con la temperatura.

La radiación emitida por el objeto cuya temperatura será medida se enfoca por medio de lentes, espejos o fibras ópticas. Los detectores de radiación son o bien dispositivos térmicos o fotónicos.

Algunos transductores debido a sus características proporcionan señales de salida que varían dentro de niveles de voltajes, de tal forma que es necesario llevar a cabo un acondicionamiento de estas señales por medio de circuitos comparadores.

### Comparadores

Un comparador en general equipara dos o más señales. En muchas aplicaciones la comparación se lleva a cabo entre dos señales.

Las configuraciones de comparadores más usadas son:

-Comparador en malla abierta. Este comparador tiene la desventaja de que si hay ruido en sus entradas puede tener cambios falsos en su salida debido al ruido.

-Comparador con realimentación positiva. Al aplicar realimentación positiva, la cual se lleva a cabo tomando una fracción del voltaje de salida del amplificador operacional (AO) y aplicándolo a la entrada (+) del amplificador operacional, se eliminan los problemas de ruido.

-Comparador de ventana. Este comparador permite monitorear un voltaje e indicar si el voltaje ascendió o descendió de dos límites preestablecidos, los cuales pueden fijarse en forma independiente. Para realizar este comparador es necesario emplear dos AO.

En la figura II.6. se muestran dos ejemplos de circuitos comparadores, uno con malla abierta (a) y otro con realimentación positiva (b), para el cual se explica su funcionamiento, ya que es el más común.

---

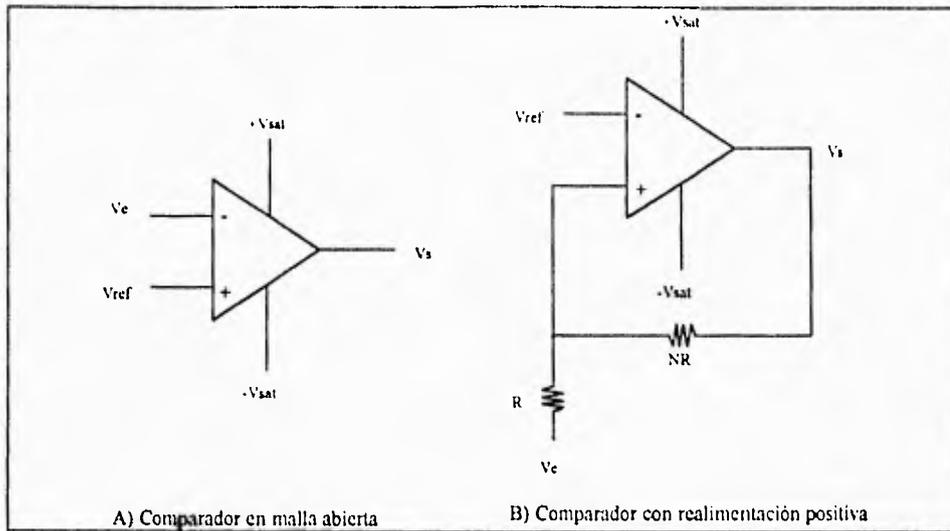


Fig. II.6. Comparadores

Para mostrar el comportamiento del comparador, se gráfica su función de transferencia con el voltaje de entrada ( $V_e$ ) en el eje horizontal y el voltaje de salida ( $V_s$ ) en el eje vertical, como se muestra en la figura II.7. En esta figura se muestran varios términos, los cuales son:  $+V_{sat}$  (voltaje de saturación positivo),  $-V_{sat}$  (voltaje de saturación negativo); el voltaje realimentado se denomina voltaje de umbral superior ( $V_{us}$ ) cuando el  $V_e = +V_{sat}$ , de manera contraria cuando  $V_e = -V_{sat}$  el voltaje realimentado se denomina voltaje de umbral bajo ( $V_{ub}$ ).

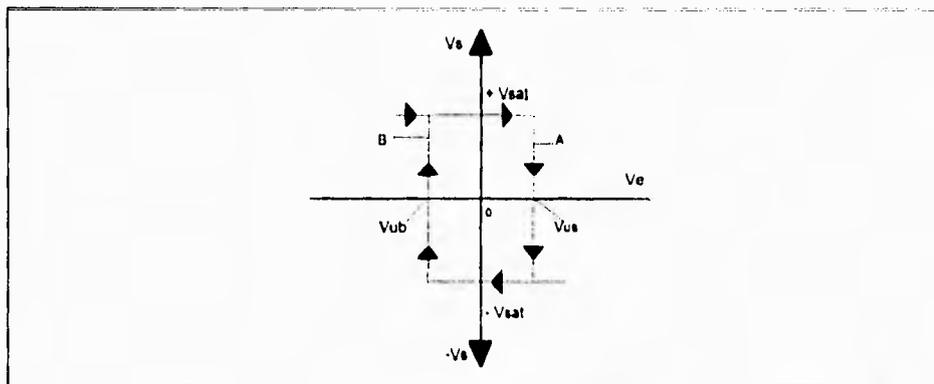


Fig. II.7. Comportamiento del comparador

En la línea A se muestra el voltaje  $V_e$  cambiando desde  $+V_{sat}$  hasta  $-V_{sat}$  cuando  $V_e$  se vuelve mayor que  $V_{th}$ . En la línea B se muestra el voltaje  $V_s$  cambiando desde  $-V_{sat}$  hasta  $+V_{sat}$  cuando  $V_e$  se vuelve menor que  $V_{th}$ . La diferencia de  $V_{th}$  y  $V_{tr}$  se llama voltaje de histéresis ( $V_H$ ).

Si el voltaje de histéresis está diseñado para ser mayor que el voltaje mayor de ruido de pico a pico no habrá cruces falsos de salida. Por lo tanto el  $V_H$  indica que tanto ruido de pico a pico puede soportar el circuito.

## II.5. Visualizadores

Uno de los elementos importantes en el tablero digital es el correspondiente a los visualizadores. Para seleccionar cual de ellos era el más adecuado se realizó un análisis de los diferentes tipos de visualizadores más comunes que se podían utilizar. A continuación se presenta una descripción general de algunos de los visualizadores analizados.

### *Vacuum Fluorescent Displays (VFD's)*

Es un tipo de *display* que fue desarrollado en Japón y sólo es producido en este país (1990). Sus posibilidades de aplicación han aumentado en gran escala a partir de su aparición en el año de 1967. Primero fue utilizado en las diferentes calculadoras de escritorio y apareció como un tubo de un solo dígito envuelto en un bulbo. En 1972 un bulbo con multidígitos fue desarrollado con la capacidad de desarrollar de seis a treinta dígitos usando recipientes al vacío. Gracias a este dispositivo fue permisible el *boom* de las calculadoras de escritorio; sin embargo, en la fabricación de este tipo de *display* se utilizaba cerámica con plata, lo que implicó que el costo se convirtiera en un problema de producción. En respuesta a esto, en 1974 se desarrolla un tipo de *display* plano que tenía insertos los electrodos principales, los cuales habían sido manufacturados en una impresión en medio de una cubierta de vidrio. Este dispositivo tiene un grado de libertad en cuanto al diseño de su contorno, lo que hizo posible un gran número de patrones de colocación en circuitos impresos.

Un VFD es un *display* emisor de luz que incluye una rejilla, a la cual se aplica un voltaje, y un ánodo, en el cual es aplicado fósforo. Este fósforo es excitado por termoelectrones emitidos desde el cátodo. Cuando los voltajes descritos son aplicados a cada electrodo, el cátodo es calentado a cerca de 650 grados centígrados, causando que los termoelectrones sean emitidos dependiendo de un circuito manejador hacia una rejilla de descarga o hacia el ánodo y es entonces cuando el electrodo emite una gran cantidad de luz. Los voltajes que necesita un VFD para excitarse son del orden de 12V hasta 40V aunque el consumo de corriente es del orden de la decena de miliamperes por centímetro cuadrado de rejilla luminosa.

---

**Light-Emitting Diode Displays (LED's)**

Es un dispositivo de estado sólido que convierte la electricidad en luz. Se trata de elementos semiconductores que utilizan el fenómeno de recombinación radiactiva, también conocido como fenómeno de inyección electroluminiscente, el cual ocurre cuando cargas minoritarias son inyectadas dentro de una juntura P. Dependiendo del material semiconductor usado, la frecuencia de onda de la luz emitida puede ser alterada. De tal forma que existen LED's que efectúan emisión de luz visible y LED's con emisión de infrarrojos, los primeros se definen cuando su frecuencia de onda se encuentra en la región visible y son usados en la elaboración de indicadores y *displays*. Los LED's de la región infrarroja son usados para comunicación óptica y otras formas de información, transmisión o proceso de señales. Las ventajas que poseen este tipo de dispositivos son básicamente tres:

- a) Los LED's pueden proporcionar pequeñas fuentes de luz de alta capacidad luminosa.
- b) Los LED's requieren un bajo voltaje de manejo (desde 2V) lo que le permite una perfecta integración con una buena parte de los semiconductores de manejo.
- c) Son capaces de responder a transiciones de alta velocidad.

El fenómeno de luminiscencia es producido por la recombinación radioactiva entre dos niveles referidos a los estados de energía de los electrones. El rango de la recombinación está determinado por el producto de la densidad de electrones en el nivel alto de energía. La densidad de los estados vacíos en el nivel bajo de energía y la probabilidad de transición entre estos dos niveles, desde un punto de vista de equilibrio térmico es expresado por la distribución de Boltzmann, la relación entre las densidades de electrones. Dicha densidad de electrones se puede observar de manera representativa en la figura II.8. donde se tienen los niveles de energía  $E_1$  y  $E_2$  así como la densidad de electrones  $n_1$  y  $n_2$ . A continuación se tiene la explicación matemática en la ecuación II.4.

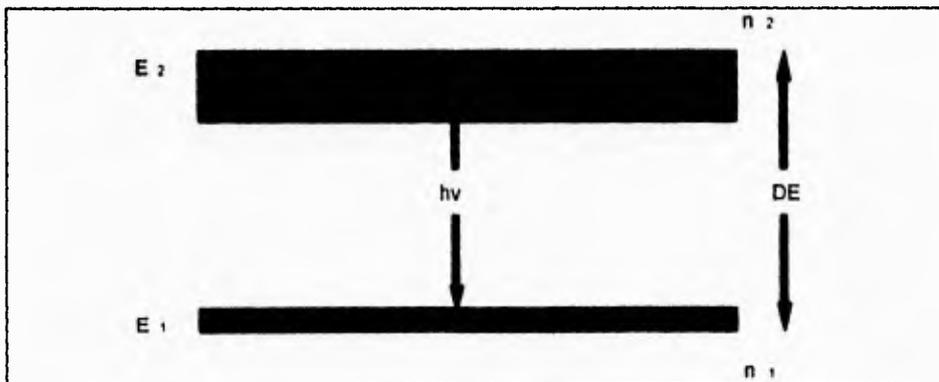


Fig. II.8. Funcionamiento del LED

$$\frac{n_2}{n_1} = e^{\frac{-DE}{kT}} \quad (11.4.)$$

Donde  $k$  es la constante de Boltzmann,  $k=1.38 \times 10^{-23}$  J/K,  $T$  es la temperatura absoluta, y  $DE$  es la diferencia de energía. Si la densidad de electrones en el nivel  $E_2$  aumenta por alguna razón (con respecto al nivel  $E_1$ ), visto desde el punto de vista de equilibrio térmico, el sistema tratará de emitir luz y de esta forma liberar energía y regresar el equilibrio térmico. Esto se conoce como la recombinación radioactiva.

### Liquid Cristal Displays (LCD's)

El cristal líquido es un material por lo general orgánico, que fluirá como un líquido pero cuya estructura molecular tiene algunas propiedades que se asocian normalmente con los sólidos. En la fig. 11.9. se tiene de manera representativa el funcionamiento del cristal líquido, en ella se muestran las regiones clara y opaca. En las unidades de dispersión luminosa, el mayor interés se encuentra en el cristal líquido nemático, sus moléculas tienen una apariencia alargada. En los extremos del LCD se tendrá una capa conductora de óxido de indio, la cual es transparente y en condiciones normales la luz atravesará sin problema esta capa. Así la estructura del líquido aparecerá clara. Si se aplica un voltaje (entre 6-20V) a través de las superficies conductoras de óxido de indio, el arreglo molecular se distorsionará, del tal forma que se crearán regiones con mayores índices de refracción, lo cual genera un fenómeno llamado dispersión dinámica, en donde se tiene como resultado que la luz dispersada tiene la apariencia de un vidrio opaco. Por lo tanto de esto se tiene que el LCD no genera su propia luz sino depende de una fuente externa o interna.

Cuando el LCD va a ser colocado en un sitio donde la fuente luz externa no es suficiente para ver su despliegue, existe una posibilidad de iluminación llamada *back-light*, ésta consiste en un pequeño foco que ilumina el cristal líquido que en ese momento dispersa luz auxiliado por una fibra óptica.

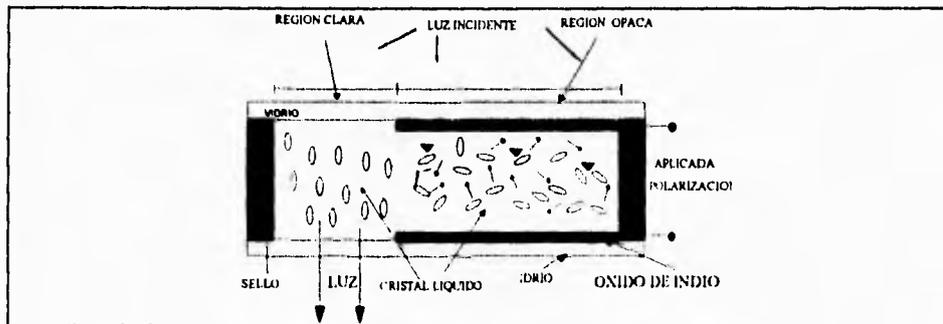


Fig. 11.9. Funcionamiento del cristal líquido

A continuación se tiene la tabla II.3. donde se pondrán las principales características de los *display's* anteriormente descritos.

Propiedades	LCD	VFD	LED
Voltaje de operación	2-5 [V]	12-40 [V]	2-5 [V]
Consumo de corriente	1-10mA/cm <sup>2</sup>	2-4 mA/cm <sup>2</sup>	10 mA/cm <sup>2</sup>
Contraste	10-20	120	50
Tiempo de Respuesta	30-150 ms	aprox 10 ms	40 ms
Luminancia [fL.]	Mala	120	50
Eficiencia Luminosa	X	10 lm/W	1-1.5 lm/W
Función con memoria	Alguna	No	No
Capacidad de color	Buena	Mediana	Mala
Temp de operación	-25 a 95°C	-40 a 80 °C	-40 a 80 °C
Horas de vida útil	50,000	20,000	100,000
Tecn. manejadora	CMOS	Bipolar	Bipolar
Cap. de multiplexar	Nula	Si	Si

Tabla II.3.

### II.6. Protección para las condiciones de operación del sistema

Las condiciones reales de funcionamiento de cualquier sistema de instrumentación y/o control son siempre condiciones que ponen en riesgo el correcto funcionamiento de dichos sistemas. Las condiciones reales siempre se verán referidas a causas ambientales como ruido, temperatura y vibraciones.

Para la aplicación del tablero digital, el principal generador de ruido y de vibraciones es el motor. El ruido que se genera contiene componentes de alta y baja frecuencia. Además el motor y el banco de baterías así como el medio ambiente generan un aumento de la temperatura que seguramente incidirá en el correcto funcionamiento de la misma circuitería del sistema.

### Interferencias Electromagnéticas

Las interferencias electromagnéticas se pueden definir como señales de tipo electromagnético que perturban no intencionalmente el correcto funcionamiento de un sistema eléctrico o electrónico, se definen como EMI (*ElectroMagnetic Interferences*), como contraparte a este tipo de señales surge el concepto de compatibilidad electromagnética EMC (*ElectroMagnetic Compatibility*) y se define como la aptitud de un equipo para funcionar satisfactoriamente en su ambiente electromagnético, sin introducir perturbaciones intolerables en ese ambiente.

Por último existe el término de susceptibilidad electromagnética EMS (*ElectroMagnetic Susceptibility*), el cual se emplea para indicar la propensión de un dispositivo a ser afectado por interferencias. Sin embargo, debido al comportamiento de los diferentes generadores de EMI resulta muy difícil generalizar susceptibilidad, compatibilidad o medidas de protección a dispositivos en concreto, sin embargo, podemos referirnos de manera global en tres bloques fundamentales que integran la susceptibilidad de los equipos:

- Componentes y dispositivos electrónicos.
- Placas de su circuito impreso, cableado y alimentación.
- Medios mecánicos de soporte: *racks*, chasis o armarios.

### Condiciones de operación del sistema

En la figura II.10. se aprecian de manera esquemática los posibles problemas que se presentarían en la operación del sistema, éstos básicamente son: interferencias electromagnéticas EMI's debidas al motor, al control de potencia y a la exposición del sistema a constantes vibraciones así como el aumento de temperatura. Para evitar en lo posible dichos problemas presentaremos en este apartado las maneras más comunes de protección.

En primer lugar tenemos que la alimentación de energía del sistema se efectuará a partir de un banco de baterías ( $300\text{ V} \pm 15\%$ ), que alimentará al motor, al sistema de potencia, así como al sistema digital de instrumentación.

---

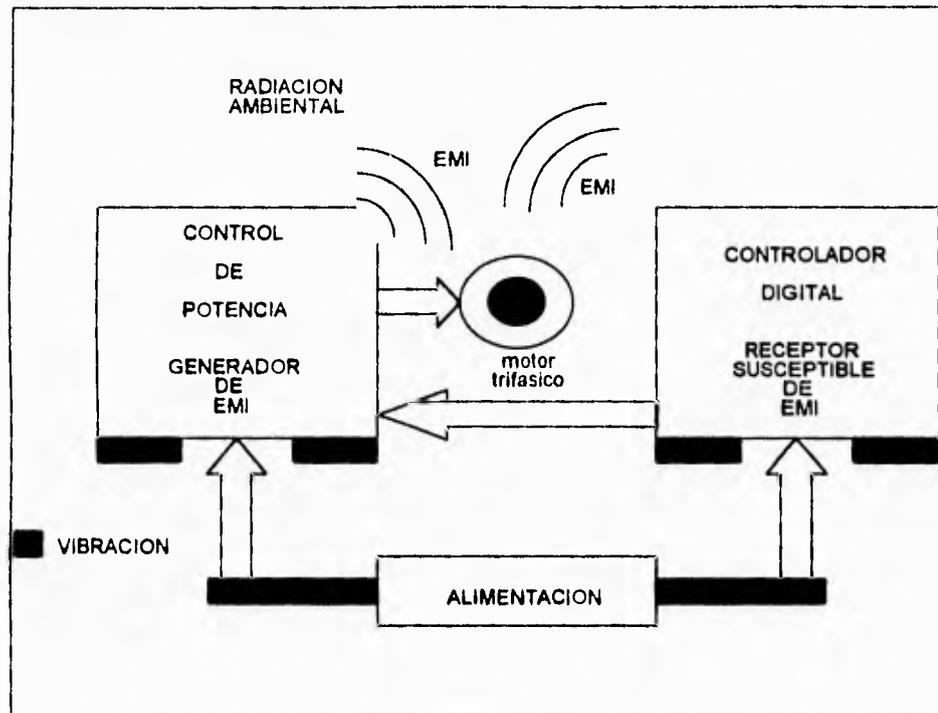


Fig. II.10. Interferencias

### Transitorios en la puesta de operación

El primer problema que se presenta son los transitorios que se tienen en la apertura y cierre de interruptores para la alimentación de energía a los subsistemas.

Algunos sistemas de potencia en condiciones normales de funcionamiento, en los cierres y aperturas de su propia alimentación, provocan cambios bruscos de voltaje y de corriente con  $dv/dt$  de varios centenares de volts por nanosegundos y  $di/dt$  de algún centenar de amperes por microsegundo, estos se presentan de manera aleatoria. Para solucionar este tipo de problema<sup>1</sup>, dependiendo de la carga a la que se cierra o abre un interruptor y del valor de la inductancia de la carga, se tiene que acoplar mediante el modelo básico, mostrado en la fig. II.11. a fin de evitar daños al sistema por los valores de voltaje y corriente mencionados.

<sup>1</sup> Balcells y Daura, *Interferencias Electromagnéticas en sistemas electrónicos*, 1992, España.

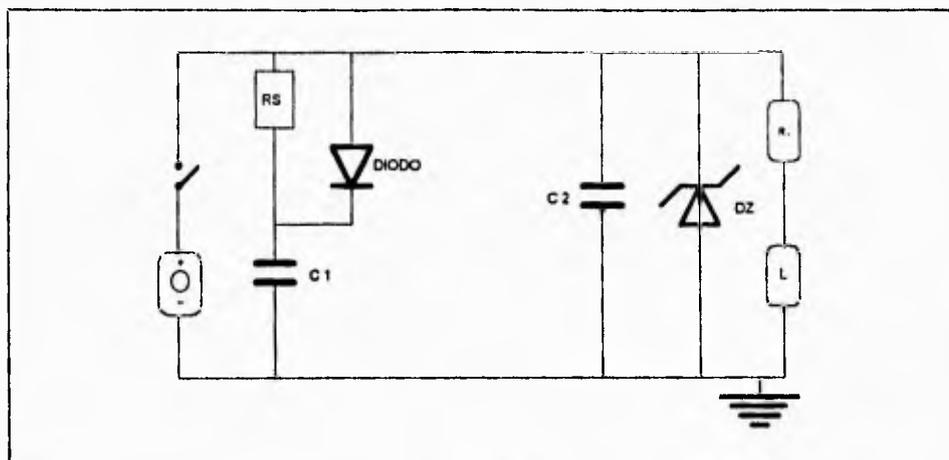


Fig. II.11. Circuito básico

En este circuito cuando exista apertura o cierre del interruptor se producirá una corriente y voltaje de grandes proporciones, en un lapso de tiempo muy corto se producirá entonces en el circuito una onda de intensidad amortiguada exponencialmente de valor inicial:

$$\frac{V_0}{R_L} \quad (II.5.)$$

donde  $V_0$  es el voltaje de alimentación y  $R_L$  es la carga resistiva del sistema a alimentar, de tal forma se tiene que el coeficiente de amortiguamiento es:

$$\frac{R_L + R}{2L} \quad (II.6.)$$

donde  $L$  es la carga Inductiva del sistema a alimentar, y se tendrá una pulsación:

$$\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{(R_L + R)^2}{4L^2}} \quad (II.7.)$$

Evidentemente, eligiendo adecuadamente  $R_S$  y  $C_1$  se puede controlar tanto el  $di/dt$  así como el valor máximo de sobrevoltaje que es capaz de soportar el contacto físico, minimizando la aparición del arco eléctrico, el cual daña el interruptor. Cabe señalar que el diodo sólo sirve para

conexiones en DC y sirve para drenar corriente más rápidamente hacia el capacitor. el cálculo de este tipo de circuito debe ser realizado midiendo los voltajes y corrientes de pico con sus respectivos tiempos, sin embargo, los autores citados sugieren para la carga y voltaje de alimentación del sistema que el valor de los componentes  $R_s$  y  $C$  sean de  $47k\Omega$  y  $0.17\mu F$  respectivamente.

La función del capacitor  $C_2$  ahora es la de cargarse en un lapso de tiempo determinado, provocando que el voltaje sea limitado por segunda ocasión, sin embargo, la corriente sigue siendo importante por lo cual el diodo zener es puesto para drenar esta corriente y al mismo tiempo limitar nuevamente el voltaje de entrada. Cabe señalar que el diodo zener deberá tener un voltaje de encendido mayor que el voltaje de alimentación nominal, de tal forma servirá como protección. En la gráfica de la figura II.12. se presenta como actúa el arreglo  $R_s-C_1$ , de  $C_2$  y del diodo zener con el voltaje.

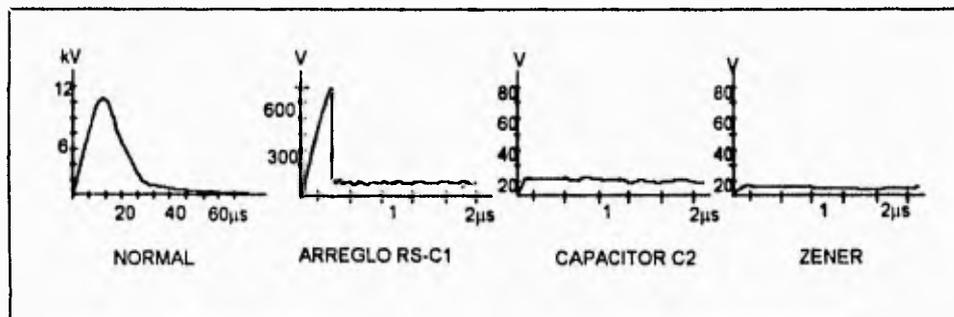


Fig. II.12. Gráfica

### Blindaje

El blindaje es una superficie metálica dispuesta entre dos regiones del espacio que se utiliza para atenuar la propagación de los campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos. Un blindaje sirve tanto para no dejar salir el flujo de los campos de la zona encerrada por él, como para evitar que en una zona protegida por el mismo entre campo alguno. Un blindaje electrostático debe tener las siguientes características para cumplir correctamente su función:

1. Debe encerrar completamente los componentes o sistemas protegidos.
2. Debe estar unido al conductor de referencia cero del circuito (tierra).
3. Debe mantenerse a un potencial constante, preferiblemente el potencial de tierra del sistema.

4. Debe tener alta conductividad.

5. Si se quiere un blindaje además magnético se recomienda que el material del blindaje sea de Hierro ó Niquel-Hierro al 50 %.

Cabe hacer notar que es difícil de encontrar un material que cumpla con las características requeridas para efectuar un blindaje contra todo tipo de interferencias, lo más recomendable es que se use un blindaje llamado múltiple. Lo usual para estos casos es proteger al circuito o sistema con un material ferromagnético galvanizado y con cobre dirigido hacia la fuente del campo para provocar una pérdida sustancial por reflexión, la presencia del material ferromagnético provoca luego altas pérdidas por absorción.

En los casos en que por efecto de la temperatura sobre el sistema llegue a ser necesario usar ranuras de ventilación, sin duda se afectará la efectividad del blindaje; sin embargo, para disminuir estas pérdidas de efectividad es mejor poner un número elevado de pequeñas ranuras.

### **Aislamiento**

Un sistema adquisidor de datos y de control siempre deberá tener contacto con el entorno que controla o instrumenta, es decir se tiene señales de entrada y de salida, sin embargo estas señales por lo general se encuentran expuestas a condiciones que ponen en peligro la funcionalidad del sistema, por estas razones es requerido el aislamiento.

El aislamiento consiste en la interrupción de la continuidad óhmica en algún punto de la cadena de un sistema o subsistema de instrumentación. Al aislar unas partes de otras, el riesgo queda limitado a una sola de ellas, todo esto se debe a que un accidente, como puede ser la ruptura de uno de los conductores de alimentación, puede originar que entre en contacto con cualquier línea del equipo, con el consiguiente peligro de la destrucción de todo el sistema.

A continuación se presentan, los métodos de aislamiento más importantes.

### **Amplificadores de aislamiento**

Los métodos magnéticos de aislamiento se basan en intercalar un transformador entre la entrada y la salida del sistema, consiguiendo de esta manera la discontinuidad óhmica necesaria. El amplificador de aislamiento posee un transformador para aislar; sin embargo, cuando las magnitudes de la señal tienen una variación lenta, que es la situación habitual, las señales obtenidas son de baja frecuencia, esto es, no aptas para pasar a través de un transformador. Es entonces necesario que el acoplamiento se efectúe mediante la modulación de una portadora, usualmente entre los 20 y 60 kHz. La modulación se realiza por ancho de pulso, posteriormente la señal es demodulada a fin de obtener la señal de interés.

---

Las principales características de estos amplificadores son: una alta impedancia de aislamiento, la posibilidad de un voltaje continuo de hasta 250 V en modo común. Sus desventajas son básicamente su no linealidad y el ruido (hay que resaltar este punto ya que la mayoría de estos amplificadores de aislamiento se convierten en generadores de EMI). La mayor limitación al efectuar el aislamiento magnéticamente es el reducido ancho de banda que es del orden de 20 kHz.

### Métodos ópticos

Los optoaisladores son dispositivos que contienen un emisor, el cual está acoplado a un fotodetector a través de algún tipo de medio aislante, permitiendo el paso de la información de un circuito a otro. La figura II.13. muestra un diagrama esquemático de como se encuentra conformado un optoaislador.

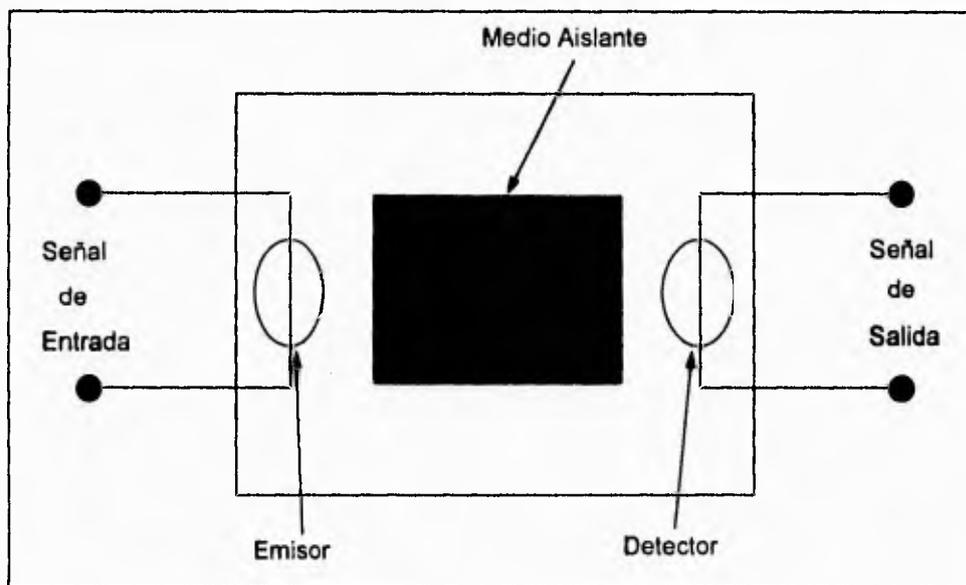


Fig. II.13. Esquema de un optoaislador

La información pasa ópticamente a través de una ranura aislante, la transferencia es en un solo sentido, esto es, el detector no puede afectar al circuito de entrada, que debe ser dirigido por un circuito de bajo voltaje, por ejemplo compuertas lógicas TTL, mientras que el detector debe ser parte del circuito de alto voltaje de CD o un circuito de carga de CA. El aislamiento óptico

previene interacciones o daños al circuito de entrada causados por la hostilidad del circuito de salida.

Los optoaisladores están diseñados con tiempos de repuesta tan pequeños que pueden ser utilizados para transmitir datos en el rango de mega-Hertz. El paquete optoaislador más popular es el encapsulado de propósito general DIP de seis terminales, o también llamados doble en línea. En esta configuración, las terminales 1 y 2 son el emisor y las terminales 4,5 y 6 son del detector; como lo podemos ver en la figura II.14.

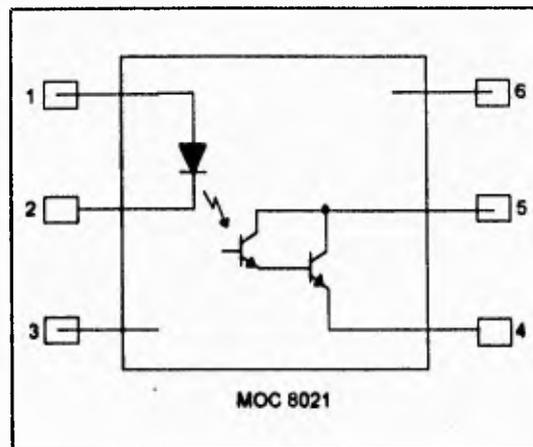


Fig. II.14. Optoaislador

### Relevadores de estado sólido

Un relevador o relé se define como un elemento controlado eléctricamente que abre ó cierra unos contactos como efecto de la influencia de otros elementos, en él mismo ó en otro circuito eléctrico.

Los relés de estado sólido son dispositivos que realizan la función de conmutación de una forma similar y compatible con los modos de conmutación asociados a los relés electromagnéticos, pero con más rapidez que éstos, más confiabilidad y durante un tiempo mayor, careciendo de partes móviles. Los dos tipos de relé tienen una característica importante, el circuito de control y el circuito de salida están aislados. Ello permite utilizar relés como elementos de acoplamiento de señal.

---

Un relevador electrónico es un dispositivo que permite la circulación de corriente cuando se le aplica una señal de mando, utilizando únicamente elementos de estado sólido. Pueden ser transistores bipolares o transistores de efecto de campo, tiristores y triac's, los dos primeros para baja potencia y los otros dos dispositivos para trabajar a altas potencias, empleándose incluso en la distribución de energía eléctrica.

### II.7 Convertidores de CC/CC

Todos los sistemas electrónicos trabajan regularmente a partir de tensiones diferentes, las cuales son proporcionadas por circuitos de potencia. Los más comunes son los circuitos que se conocen como convertidores de Corriente Continua a Corriente Continua (CC/CC) los cuales se clasifican de la siguiente manera:

- Lineales
- Conmutados

En los primeros la diferencia de tensión entre la entrada y la salida es soportada por un regulador que se convierte así en un disipador de energía. Estos presentan dos grandes inconvenientes que impiden su utilización en la actualidad:

- Bajo rendimiento y elevada disipación en el semiconductor regulador.
- El voltaje de entrada debe ser necesariamente mayor que el voltaje de salida.

Los convertidores conmutados parten del principio indicado en su nombre, de que sus interruptores solo tienen dos posiciones:

- Abierto. Bloquea la circulación de corriente.
- Cerrado. Permite el paso de corriente con caída de tensión teóricamente nula.

Los convertidores conmutados la potencia disipada es teóricamente nula, y son los únicos actualmente usados en diversas configuraciones.

Bajo el objetivo de conseguir que la tensión de salida pueda ser menor o mayor que la de entrada, podemos distinguir tres tipos de convertidores de CC/CC:

1. Reductores, Troceadores o *Chopper (Buck Converters)*, en los que la tensión de salida es menor que la de la entrada  $V_o < V_i$ .
  2. Elevadores (*Boost Converters*), en los que la tensión de salida es mayor que la de la entrada  $V_o > V_i$ .
-

3. Reductores-Elevadores (*Buck-Boost* y *CUK Converters*), en los que la tensión de salida es mayor, igual ó menor que la de la entrada  $V_o > = < V_i$ .

Los convertidores lineales solo generan interferencias electromagnéticas debidas a los picos de intensidad de carga de los capacitores de filtrado. Los convertidores conmutados, debido a que trabajan en permanente régimen transitorio, conmutando corriente entre diversas ramas del circuito y dando lugar a la generación de armónicos, sobre tensiones locales, picos de corriente altos  $dv/dt$  y  $di/dt$  que, generan como consecuencia interferencias electromagnéticas a los receptores conectados a las mismas.

Los convertidores conmutados son muy utilizadas en los modernos equipos electrónicos ya que tienen un bajo peso y un rendimiento energético doble o triple que las fuentes lineales.

En este capítulo se han definido los conceptos básicos del diseño de este trabajo de tesis, se incluyó toda la información teórica a la cual recurrir para elegir los componentes y subsistemas que actuarán entre si para formar al sistema.

---

## CAPITULO III DISEÑO DEL SISTEMA

### III.1.- Especificaciones de diseño

El planteamiento del problema descrito en la introducción de este trabajo, y tomando en cuenta las consideraciones del capítulo I, arroja como síntesis la necesidad de la construcción de un tablero digital para un vehículo eléctrico. Este tablero deberá responder a las siguientes especificaciones de diseño.

1.- La característica de cualquier dispositivo que funcione con fuentes de alimentación reducidas y rápidamente finitas, obliga al diseñador a que todos sus módulos sean lo más eficientes en cuanto a su consumo de energía, por tanto, el tablero, como módulo del vehículo eléctrico deberá estar diseñado conforme a este requerimiento.

2.- Al ser el tablero un módulo del vehículo eléctrico deberá tener la capacidad de interactuar con el sistema, ya sea como interfaz entre usuario y vehículo, o como módulo actuador con los demás módulos que así lo requieran.

a) En relación a las señales del estado de las baterías y la presión hidroneumática, éstas se entregarán debidamente aisladas y acondicionadas para trabajar sin ningún problema con el microcontrolador, en este caso el trabajo se restringe a desplegar los valores pertinentes de estas señales.

b) Como interfaz entre usuario y vehículo este módulo tendrá que cumplir con los siguientes requerimientos a desplegar:

- Velocidad
  - Distancia recorrida (odómetro)
  - Estado de carga en las baterías (combustible)
  - Aceite bajo en el sistema hidroneumático
  - Temperatura alta en el motor
  - Temperatura alta en las baterías
  - Freno de mano aplicado
  - Encendido del motor
  - Luces (faros) encendidas
  - Luces altas encendidas
  - Direccionales (intermitentes)
-

c) Como actuador el módulo deberá tener la capacidad tanto de discernir en la toma de decisiones como de comunicarse con los módulos que así lo requieran.

Todos estos requerimientos obligan al diseño a tomar las debidas precauciones en cuanto a la interacción con los módulos complementarios (motor, baterías, módulos de adquisición en baterías, etc).

3.- El diseño deberá cumplir con las normas de visualización que propone la SAE (Society of Automotive Engineers), así como las condiciones ergonómicas mínimas, es decir, la interacción entre el usuario y el tablero deberá ser lo más sencilla posible.

4.- Un vehículo convencional dentro de su proceso de fabricación debe gastar en un vehículo a gasolina no más de 400 US dólares, en su tablero de instrumentación, (citado en *Fortune* Febrero 1993) sin embargo hay que recordar que la industria automotriz es el ramo que más óptima sus costos de fabricación, dados los parámetros, el diseño deberá ser también lo más óptimo posible en cuanto a su costo.

El diseño del sistema de adquisición se realizará alrededor de un microcontrolador de ocho bits que será la base principal de una arquitectura que contará con memorias UVPRM y EEPROM, lógica auxiliar de multiplexaje y de control. Cabe señalar que en este capítulo sólo se explican de que manera funcionan entre sí los diferentes elementos usados en el tablero, los cálculos de diseño se presentan en el apéndice A.

### III.2.- PARTE FÍSICA

La estructura del tablero digital queda definido de acuerdo al diagrama de bloques mostrado en la figura III.1.

Como se puede ver en el diagrama de bloques, el elemento principal del tablero digital es el microcontrolador, se decidió utilizar el microcontrolador 80C552, debido principalmente a que la arquitectura interna de este microcontrolador cumplía con las características mínimas que se requerían. Otro elemento que ayudó a su elección fue el previo conocimiento de este microcontrolador y que dentro del Instituto de Ingeniería se contaba con el soporte técnico para poder trabajar con este dispositivo, además su costo es relativamente bajo. Este es el elemento central del sistema y es el que lleva a cabo la mayoría de las funciones del tablero digital, a continuación se dará una explicación básica de la arquitectura que conforma al microcontrolador.

---

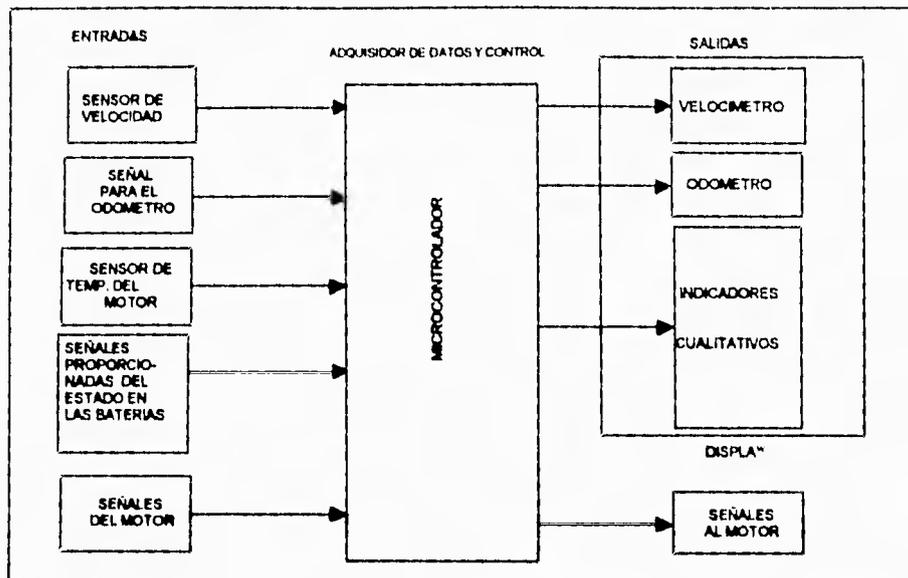


Fig. III.1. Estructura del tablero

### Arquitectura 80C552

El microcontrolador 80C552, como ya se mencionó en el capítulo II, es un miembro de la familia 80C51, por lo cual cuenta con las características principales de esta familia, además de sus características propias.

En la figura III.2. se muestra un diagrama a bloques del microcontrolador 80C552, en el cual se puede ver que su construcción tiene como base al microcontrolador 80C51. Como se observa, este microcontrolador cuenta con un registro adicional de funciones especiales, que sirve para controlar los dispositivos periféricos que se encuentran dentro del CI, además de tener las siguientes características:

- \* Memoria RAM no volátil de 256 bytes para datos.
- \* Ocho líneas multiplexadas hacia un convertidor analógico/digital de 10 bits de resolución.
- \* Dos relojes/contadores de 16 bits, un reloj/contador de 16 bits acoplado para la captura y comparación con *latches* además de un *WATCHDOG*.

- \* Dos salidas moduladas por ancho de pulso PWM.
- \* Un UART *full duplex* igual al del 8051
- \* Cinco puertos bidireccionales de I/O (entrada/salida) y uno de salida de 8 bits cada uno.
- \* Puerto serial del tipo I<sup>2</sup>C.

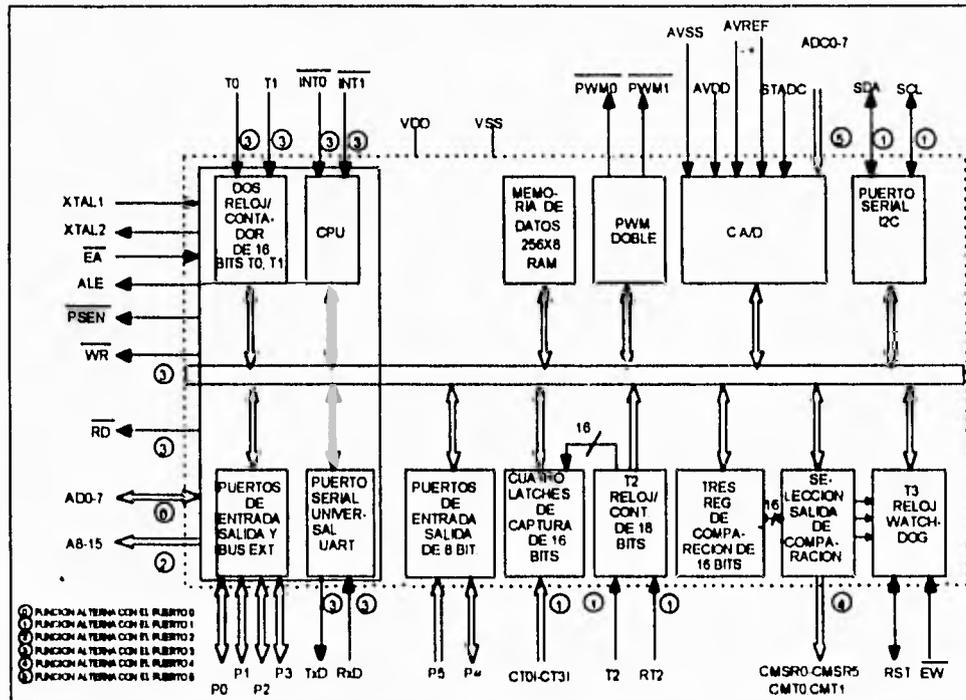


Fig. III.2. Diagrama de bloques interno del 80C552

Cabe mencionar que la presentación de este dispositivos es en un empaque PLCC de 68 terminales. Este microcontrolador divide la memoria en espacio de datos y espacio de programa, esta separación lógica de memorias permite el acceso a la memoria de datos por direccionamientos de 8 bits, el cual nos facilita el almacenamiento y la manipulación en un CPU de 8 bits.

La memoria de programa EPROM solamente puede ser leída y no escrita, ésta puede ser de hasta 64 kbytes. La memoria está localizada externamente y su lectura se habilita mediante la señal de PSEN (*Program Store Enable*).

Para poner en operación al microcontrolador se requieren 5V para encender al circuito y que se proporcione una señal de restablecimiento (RESET). Después de proporcionar la señal de RESET, la CPU comienza la ejecución del programa a partir de la dirección 0000H. Cada interrupción es asignada a una dirección fija en la memoria del programa, cuando se ejecute alguna interrupción causa un brinco a esa localidad, donde se comienza a ejecutar la rutina de servicio.

Las direcciones de la memoria de programa son siempre de 16 bits, aunque la cantidad real de memoria pueda ser menor a 64 kbytes. La ejecución de programas externos sacrifica dos de los puertos de 8 bits, P0 y P2, éstos se emplean en el direccionamiento de la memoria del programa.

La memoria RAM interna está dividida en tres secciones: 128 bytes de memoria RAM que se denomina inferior, 128 bytes de memoria RAM superior y un área de 128 bytes para registros de funciones especiales.

Los 128 bytes de memoria RAM inferior es direccionable directa e indirectamente, mientras que la memoria superior y de registros especiales son direccionables mediante los siguientes modos de direccionamiento, la memoria RAM superior solamente es direccionable indirectamente y el área de los registros de funciones especiales es direccionable mediante direccionamiento directo, esto se ilustra en la figura III.3.

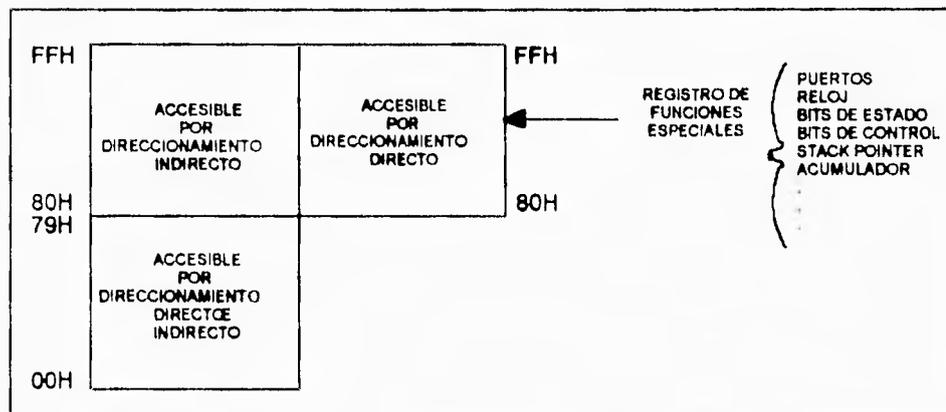


Fig III.3. Mapa de memoria de la RAM interna

Los 128 bytes de memoria RAM inferior tienen las siguientes funciones: los primeros 32 bytes son agrupados en 4 bancos de 8 registros cada uno, que se denominan R0 - R7. Para seleccionar cual de estos bancos se utilizará, se cuenta con dos bits de selección en el registro PSW (*Program Status Word*), permitiendo esto un mejor desempeño. Los siguientes 16 bytes forman un bloque de espacio de memoria de bit direccionable y el resto de memoria son bytes libres, esto se muestra en la figura III.4.

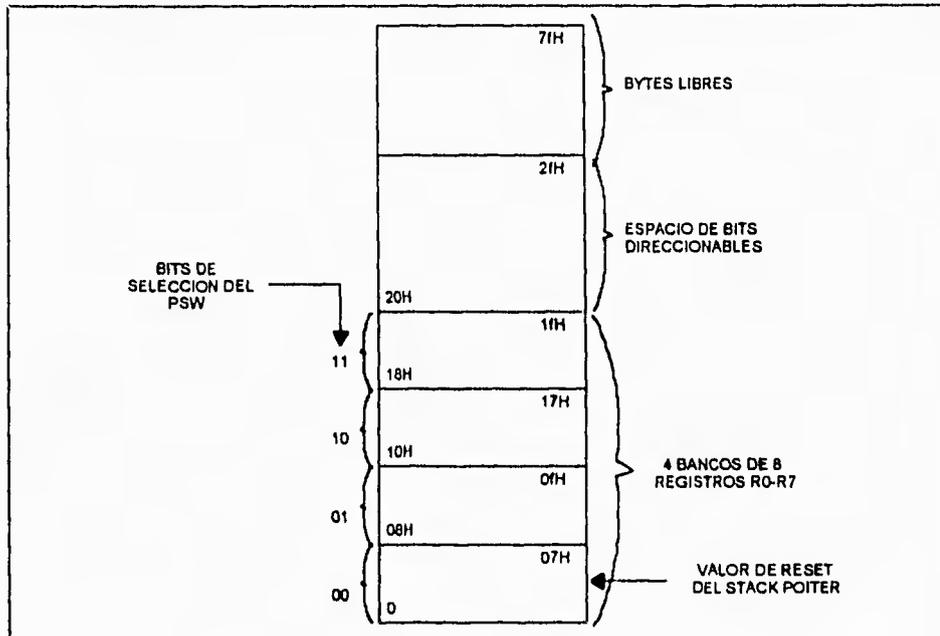


Fig. III.4. Memoria inferior del 80C552

### Set de instrucciones

El set de instrucciones del 80C552 está optimizado para el control, proporciona modos de direccionamiento rápido de acceso a la RAM interna, para realizar las operaciones entre byte en estructuras pequeñas de datos. El set de instrucciones del microcontrolador está formado de la manera siguiente:

- 49 instrucciones de un byte
- 45 instrucciones de dos bytes
- 17 instrucciones de tres bytes

El 59% de las instrucciones se ejecutan en 1  $\mu$ s, el 40% en 2 $\mu$ s, y para la multiplicación y división se utilizan 4  $\mu$ s.

Las instrucciones se pueden dividir en cuatro grupos debido a su función:

**Instrucciones aritméticas.** Existen una serie de instrucciones aritméticas que son suma, sustracción, incremento, decremento, multiplicación, división y ajuste decimal.

**Instrucciones lógicas.** Dentro de las instrucciones lógicas que se manejan se encuentran las funciones OR, AND, EXOR, NOT, rotación e intercambio de *nibbles*, etc.

**Instrucciones de salto.** Las instrucciones de salto en general JMP (salto), ACALL (llamado a subrutina), RET (retorno de subrutina), RETI (retorno de interrupción), NOP (no opera).

**Transferencia de datos.** Para mover datos alrededor de la memoria de datos interna cuenta con instrucciones como MOV, POP, XCH, etc. También cuenta con instrucciones de transferencia de datos en la memoria externa.

Además cuenta con varios modos de direccionamiento que son:

**Direccionamiento directo.** En este modo el operando es especificado por un campo de direcciones de 8 bits en la instrucción. Solamente la RAM de datos internos y los SFR's (*Special Functions Registers*) pueden ser direccionados directamente.

**Direccionamiento indirecto.** La instrucción especifica un registro que contiene la dirección del operando. La RAM interna y externa pueden ser direccionadas indirectamente. El registro para direcciones de 8 bits puede ser el R0 o el R1 del banco seleccionado o el *Stack Pointer* (SP), el registro de direcciones de 16 bits solamente puede ser el registro *Data Pointer* (DPTR) que es de 16 bits.

**Instrucciones de registro.** Los bancos de registros contienen los registros R0 a R7, los cuales pueden ser accedidos por ciertas instrucciones que llevan un registro de especificación de 3 bits dentro del código de instrucción. Las instrucciones que permiten el acceso a los registros de esta forma tienen un manejo eficiente del código, ya que de este modo se elimina un byte de dirección, cuando la instrucción es ejecutada, se tiene a uno de los ocho registros del banco seleccionado.

**Direccionamiento indexado.** La memoria del programa solamente se puede obtener por direccionamiento indexado, para ser leída únicamente. Este modo de direccionamiento está

---

pensado para leer en tabla de consulta en la memoria del programa. Un registro base de 16 bits, ya sea el DPTR o el contador del programa (PC), apunta a la base de la tabla, y el acumulador se ajusta con el número de entrada a la tabla. Otro tipo de direccionamiento indexado es usado en la instrucción de salto JMP. En este caso la dirección destino es computada como la suma del apuntador base y el dato del acumulador.

**Reloj del microcontrolador.** Este microcontrolador incluye la circuitería necesaria para formar un oscilador, que puede utilizarse como fuente del reloj para la unidad de control de procesamiento (CPU). Para utilizarlo es necesario conectar un cristal entre las terminales XTAL1 y XTAL2 y capacitores a tierra.

La operación del microcontrolador está regida por ciclos de máquina. Un ciclo de máquina consiste de una secuencia de 6 estados, cada estado dura dos periodos de oscilación, así, un ciclo de máquina toma 12 periodos de oscilación, por lo que requerimos de un cristal de 12 MHz, un ciclo de máquina toma 1 microsegundo en llevarse a cabo.

**Interrupciones.** El microcontrolador tiene 15 modos de interrupción, y se pueden asignar dos niveles de prioridad, cada interrupción puede ser habilitada y deshabilitada independientemente colocando un nivel alto o bajo en el bit de habilitación de interrupciones del registro de funciones especiales. En el registro de prioridades, un nivel 1 indica una prioridad alta, un nivel cero prioridad baja.

#### **HARDWARE del microcontrolador**

El 80C552 contiene dos salidas moduladas por ancho de pulso, las cuales generan pulsos de longitud e intervalo programables, la frecuencia de repetición se define mediante un preescalador de 8 bits. Las salidas del modulador de ancho de pulso pueden ser utilizadas para manejar motores de CD, la rapidez de rotación del motor es proporcional al contenido del registro PWM (*Pulse Wide Modulation*).

Además cuenta con dos contadores de 16 bits, un circuito de vigilancia *Watchdog*, 6 puertos de E/S de 8 bits cada uno, dos puertos seriales, el S100 que es un UART *full-duplex* y el S101 que se conoce también como I<sup>2</sup>C. El S100 puede operar en cuatro modos, la transmisión se inicia al efectuar una instrucción de escritura en el registro SBUF. El modo de comunicación más común es el modo cero, en el cual la recepción es iniciada al cumplir las siguientes condiciones (R1=0 y REN=1), en los otros modos, la transmisión es iniciada por el bit de inicio en RDX si REN=1. Para seleccionar el modo de operación se utiliza el registro de control, además la velocidad de transmisión-recepción es programable en función del modo de operación. El puerto serial S101 ó I<sup>2</sup>C, está formado por un bus de dos líneas de comunicación (SDA y SCL), las cuales son utilizadas para transferir información entre dos dispositivos conectados al bus. Las características principales del bus son: Transferencia de datos bidireccional (maestro-esclavo),

---

multimaestro, transmisión entre maestros sin pérdida de información, contiene reloj de sincronización para comunicación de datos, etc., además este bus puede ser utilizado para propósitos de prueba y diagnóstico.

El convertidor del cual se dispone en el microcontrolador es del tipo de aproximaciones sucesivas, cuenta con 8 entradas analógicas multiplexadas, tiene una precisión de 10 bits, el tiempo que emplea para la realización de la conversión es de  $50\mu\text{s}$ , considerando un cristal de 12 MHz.

Una gran ventaja del convertidor de aproximaciones sucesivas es que emplea siempre el mismo tiempo de conversión, sin dependencia del valor de entrada analógico.

La figura III.5 muestra un diagrama a bloques de la estructura de un convertidor de aproximaciones sucesivas, el cual cuenta con un comparador que tiene la función de equiparar el voltaje de entrada con un voltaje preestablecido; tiene una lógica de control que dirige el proceso de conversión; cuenta con un registro, el cual almacena el resultado de la conversión y proporciona la entrada para el convertidor D/A que tiene la función de dar el valor de voltaje para realizar la comparación con el voltaje de entrada.

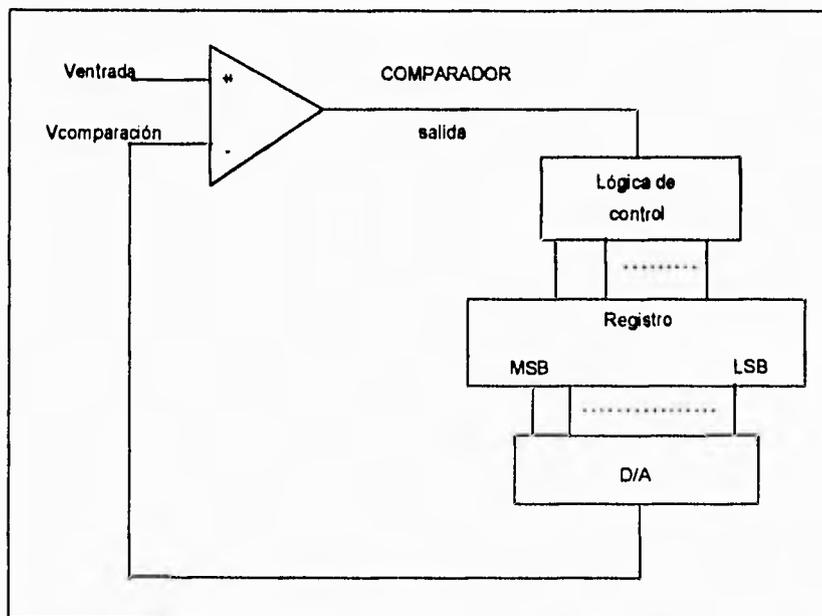


Fig. III.5. Convertidor de aproximaciones sucesivas

El proceso para efectuar la conversión es la siguiente:

1.- La lógica de control fija en alto el bit MSB y todos los demás en bajo. Esto crea un voltaje en el D/A (convertidor digital-analógico) el cual es comparado con la entrada.

2.- Si la entrada es mayor que el voltaje de comparación, la lógica mantiene un "1", si no pone un "0". La lógica de control fija el siguiente bit en uno; lo que crea un nuevo voltaje en el D/A, si este valor es mayor que la entrada el comparador pone un nivel bajo, indicando así a la lógica de control que ponga un cero en este bit. En caso contrario, el bit se mantiene en uno.

3.- Este proceso continua para cada uno de los bits del convertidor. Después de que todos los bits han sido probados, el registro contiene el equivalente digital de la entrada.

El control de la operación del convertidor A/D se lleva a cabo por medio de dos registros de funciones especiales del microcontrolador, éstos son:

**ADCH.** Contiene los 8 bits más significativos de la conversión y se encuentra organizado de la siguiente forma:

ADCH

adc.9	adc.8	adc.7	adc.6	adc.5	adc.4	adc.3	adc.2
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

**ADCON.** Contiene los 2 bits menos significativos, así como, el control del convertidor y se encuentra organizado de la siguiente forma:

ADCON

adc.1	adc.0	adex	adci	adcs	aadr2	aadr1	aadr0
-------	-------	------	------	------	-------	-------	-------

A continuación se define en las tablas III.1. y III.2. la función que cumplen cada uno de los bits del registro ADCON.

---

ADCON.7	ADC 1	Resultado del convertidor bit-1
ADCON.6	ADC 2	" " " bit-0
ADCON.5	ADEX	Habilitación externa de conversión 0 = Inicia conversión sólo por software 1 = Inicia conversión por software o externamente
ADCON.4	ADCI	Bandera de interrupción del convertidor 1 = Conversión terminada, no se puede iniciar otra conversión mientras este valor se mantenga, se puede limpiar por servicio de interrupciones
ADCON.3	ADCS	Estado e Inicio del convertidor Selección de la entrada a convertir, del puerto 5 desde p5.0 - p5.7, ésta sólo puede ser cambiada cuando adcs y adci están en estado bajo
ADCON.2	AADR2	
ADCON.1	AADR1	
ADCON.0	AADR0	

Tabla III.1.

0	0	Puede iniciar otra conversión si el convertidor no está ocupado
0	1	Se bloquea una nueva conversión si el convertidor está ocupado
1	0	Conversión completada, pero no inicia otra conversión
1	1	No es posible

Tabla III.2.

La selección del canal del convertidor se obtiene con la combinación lógica de las siguientes banderas en el registro de control, como se muestra en la tabla III.3.

0	0	0	ADC0 (P5.0)
0	0	1	ADC1 (P5.1)
0	1	0	ADC2 (P5.2)
0	1	1	ADC3 (P5.3)
1	0	0	ADC4 (P5.4)
1	0	1	ADC5 (P5.5)
1	1	0	ADC6 (P5.6)
1	1	1	ADC7 (P5.7)

Tabla III.3.

La habilitación de la conversión puede ser por *software* si el bit ADEX del registro ADCON tiene un cero lógico, el comienzo de la conversión se da cuando el bit ADCS del registro ADCON tiene un uno lógico. Si el bit ADEX tiene un uno lógico la conversión puede ser originada por *software* o al tener un cambio de flanco de bajo a alto en la entrada externa del STADC, estos niveles deben ser mantenidos como mínimo un ciclo de máquina, la transición es detectada al final del ciclo de máquina y la conversión inicia al siguiente ciclo. Cuando la conversión es habilitada por *software* empieza al siguiente ciclo después de asignar al bit ADCS un nivel alto.

Una vez iniciada la conversión, durante los próximos ocho ciclos de máquina, la señal analógica es muestreada.

El *slew-rate* debe ser menor a 10 V/ms.

El resultado de la conversión está dado por la siguiente expresión:

$$RESULTADO = 1024 X \frac{V_{ana} - (V_{ref-})}{(V_{ref+}) - (V_{ref-})}$$

El diagrama lógico de este microcontrolador se muestra en la figura III.6. en él se pueden visualizar las señales de entrada y salida, además se muestra en que terminales tenemos más de una función.

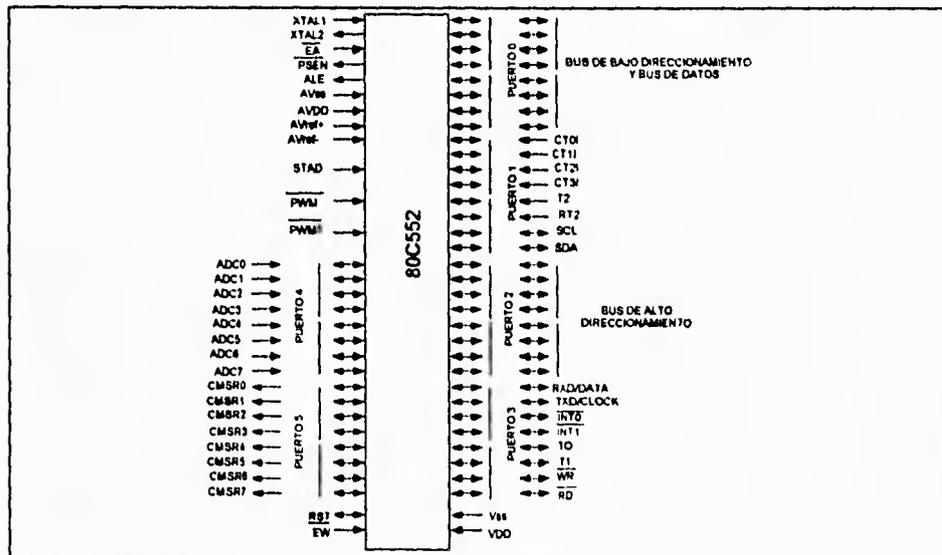


Fig III.6. Diagrama lógico del 80C552

### Memoria UVEPROM

La necesidad de una memoria para alojar el programa que el microcontrolador usa para su propio funcionamiento, así como la posibilidad de probar los diferentes programas que hacían interactuar al microcontrolador con el resto del diseño, propició el uso de una memoria en la cual se pudiese cambiar su información. La memoria elegida para este fin fue la memoria 27C64.

### Memoria 27C64

La memoria 27C64 es una memoria de alta velocidad, 150 ns (tiempo de acceso), fabricada con tecnología CMOS, la cual es borrrable con Luz Ultravioleta (UV *Ultra Violet*) y eléctricamente reprogramable, la capacidad de dicha memoria es de 8 kbytes con un costo bajo y de amplia distribución en el mercado. Para su operación esta memoria tiene un consumo nominal del orden de 10 mA, con una polarización de 5 V. La memoria dispone de un paquete de 28 terminales, las cuales se distribuyen de la siguiente manera:

- 13 terminales A0 - A12 para el direccionamiento de los registros.
- 8 terminales O0 - O7 para la salida de los datos del registro solicitado.
- 4 terminales de control de acceso y escritura.
- 2 terminales de para la polarización y tierra.

### Periféricos universales programables

Se presentó la necesidad de tener más puertos de entrada-salida de los que ofrece el microcontrolador, así que se integró una interfaz con un periférico programable (PPI: *Programmable Peripheral Interface*). Un método para obtener puertos paralelos extras de entrada/salida, es direccionando entradas y salidas como posiciones de memoria, en las que se pueden leer o escribir datos, esto se realiza, dentro de la familia Intel, ocupando el circuito integrado PPI 82C55, que dentro de las características con que cuenta es su programabilidad por *software* y su conexión directa por los buses del sistema sin lógica auxiliar.

El 82C55 es un dispositivo de entrada salida I/O programable, este dispositivo está fabricado con tecnología CMOS III que da un bajo consumo de potencia, cuenta además con 3 puertos de 8 bits bidireccionables, sus líneas pueden ser programadas en dos grupos de 12 y usadas en tres modos de operación. En la figura III.7. se muestra un diagrama a bloques de como está conformado el CI 82C55.

---

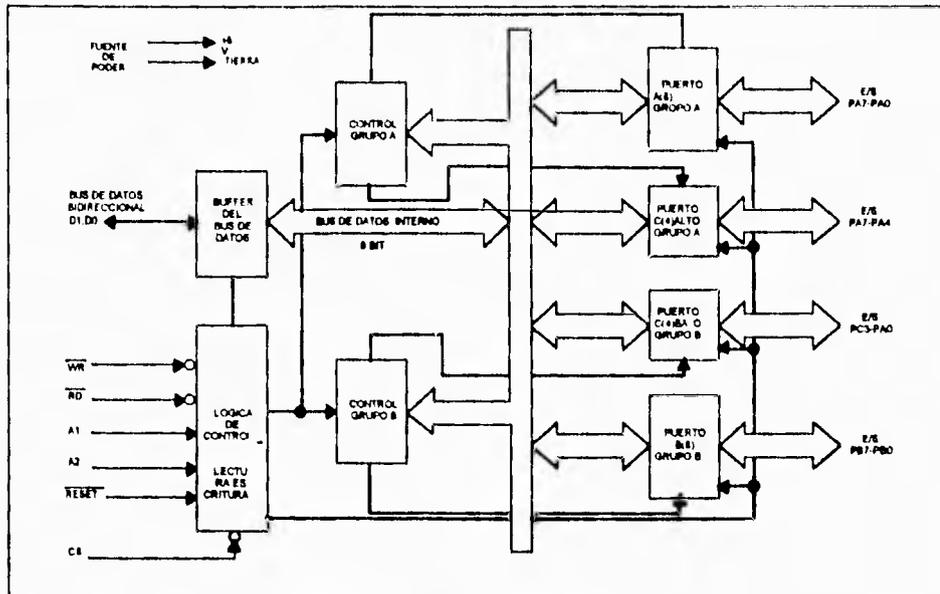


Fig. III.7. Diagrama de bloques del 82C55

### Memoria EEPROM NMC93C46

El uso de una memoria EEPROM es requerido en este diseño fundamentalmente por una razón: el requerimiento del dato permanente y siempre ascendente del kilometraje recorrido por el vehículo; cabe señalar que se buscaron maneras alternas de mantener el dato requerido. Se buscó la manera de mantener los datos en la memoria RAM del microcontrolador y posteriormente dejarlo en modo ocioso, o bien teniendo una memoria RAM con un respaldo de baterías; sin embargo, estas soluciones presentaban consumos de energía lesivos al diseño, dado el compromiso que se tenía a este respecto, además se aumentaba de manera significativa el uso de componentes, repercutiendo esto en el costo del sistema.

La solución se centró en el uso de una memoria EEPROM, la cual debería ser lo más barata posible, que no necesitara de dispositivos externos y que sus consumos fueran relativamente bajos. La solución encontrada fue la memoria de NATIONAL NMC93C46, esta memoria no necesita dispositivos externos, tiene un consumo considerablemente bajo de corriente, 400  $\mu$ A nominales con una polarización de 5 V, tiene la posibilidad de soportar 100,000 ciclos de escritura y retiene durante 40 años el dato escrito en ella.

La NMC93C46 es una memoria de tecnología CMOS EEPROM de 1024 bits dividida en registros de 16 bits, ha sido fabricada para procesos de alta velocidad y bajo consumo, opera con un voltaje de polarización de 5 V, la información es introducida en modo serial por lo que su configuración se reduce a sólo 8 terminales (por lo tanto es del tamaño de un DIP-8), de los cuales sólo 6 son usados (2 terminales para Vcc, tierra y 4 terminales para efectuar funciones de control).

Todas las instrucciones de lectura, escritura, control y direccionamiento son introducidos por la terminal DI (*Data In*). Todos los datos requeridos (lectura y control de estado) son obtenidos en la terminal DO (*Data Out*). Una transición de estado bajo a estado alto en la terminal SK (*Shift Clock*) pone todos los datos en las terminales DI y DO. La frecuencia máxima que puede tener esta señal de control es de 1 MHz, sin embargo el tiempo que ocupa la memoria para escribirse es de 10 ns. La terminal restante, CS (*Chip Select*), funciona para mantener en modo ocioso a la memoria, con lo cual cuando no hay manejo de datos ni requerimiento de estos; se tiene la facilidad de poner en estado lógico bajo la terminal CS, lográndose con esto una reducción del consumo nominal del dispositivo (*standby mode*) del orden cercano al 85%. En la tabla III.4. se muestra el set de instrucciones correspondiente a la memoria.

INSTRUCCION	SB	CODIGO DE OPERACION	DIRECCIÓN	COMENTARIOS
READ	1	01	A5-A0	lee el dato en memoria
EWEN	1	00	11XXXX	habilitador de operación
ERASE	1	11	A5-A0	borra registro seleccionado
WRITE	1	01	A5-A0	escribe el dato en el registro
ERAL	1	00	10XXXX	borra todos los registros
WRAL	1	00	01XXXX	escribe el dato en todos los registros
EWDS	1	00	00XXXX	deshabilitador de operación

TABLA III.4.

#### Voltaje de referencia del microcontrolador

Un convertidor A/D varia su precisión debido principalmente a las variaciones de temperatura y del voltaje de referencia del convertidor. Ya que se requiere tener una buena precisión en la conversión de las variables a sensar, es necesario compensar dichas variaciones, para lo cual se propuso un arreglo basado en el amplificador operacional LM725, como se observa en la fig III.8. El LM725 tiene un bajo coeficiente de variación de voltaje con respecto a

la temperatura, además permite hacer independiente las variaciones del voltaje de polarización del circuito y tiene una impedancia pequeña a la salida (ver apéndice D).

Todos los componentes empleados en este circuito no deben cambiar mucho sus características con respecto a la temperatura. Los cálculos correspondientes a la obtención de este circuito encuentran en el apéndice A.

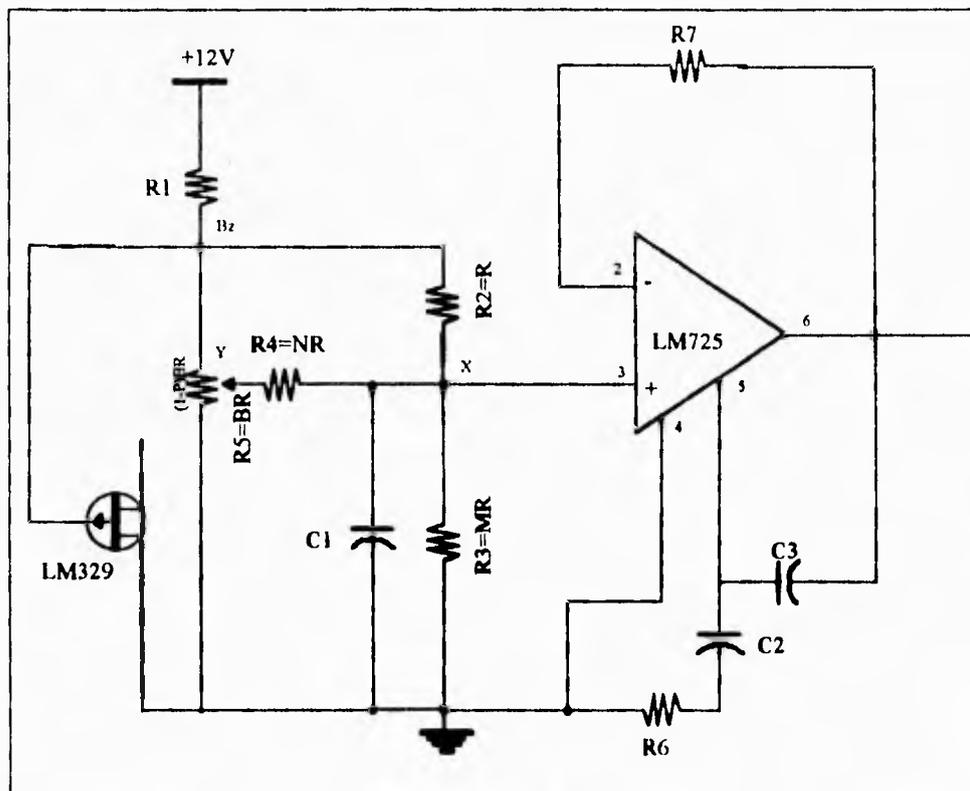


Fig III.8. Circuito de voltaje de referencia para el convertidor A/D

### Circuito de alimentación

El tablero digital necesita para su operación la polarización de los siguientes valores:

- +5 V
- +12 V
- -12 V
- +24 V

Se dispone de una batería de +12 V, la cual estará dedicada completamente a la función de suministrar potencia a la instrumentación del VE, la cual será permanentemente recargada a partir del banco de baterías del VE, para obtener las diferentes tensiones de decidió emplear los convertidores de CC/CC AS10-24-12 y AD10-1205-12 de la marca LAMBDA (ver apéndice D).

A continuación en la figura III.9. se presenta un diagrama de bloques de como se integró el sistema de alimentación. El diagrama esquemático de este circuito se presenta en el apéndice B.

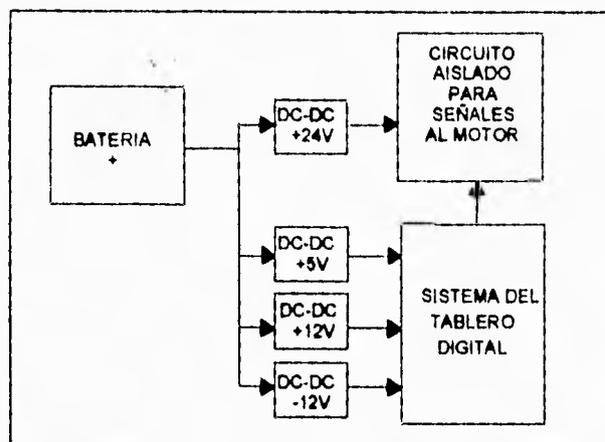


Fig. III.9. Diagrama de bloques del sistema de alimentación

### Circuito de encendido

El circuito de encendido se diferencia de los demás componentes del sistema porque está permanentemente polarizado, y como se muestra en la fig III.10. en espera de una señal generada por el interruptor operado por el usuario, para poner en operación al resto del sistema. Como se observa existen tres bloques importantes: arreglo de flip-flop, bloque de control y salida al relevador.

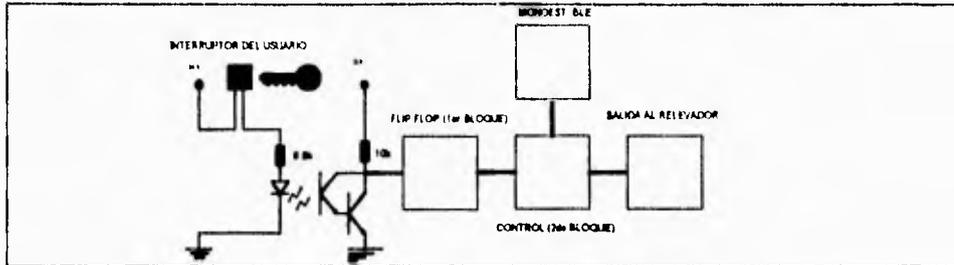


Fig III.10. Diagrama a bloques del circuito de encendido

Cuando el usuario opera el interruptor de encendido, se activa un optoacoplador, cuya señal es enviada a un flip flop tipo SC, este flip flop está formado por compuertas NAND como se ve en la fig III.11. el cual sirve para eliminar los rebotes que sean generados durante la manipulación del interruptor y forman el primer bloque del circuito. Cabe señalar que el arreglo de *flip-flop's* para la eliminación de rebotes está tomado del libro *Diseño de Sistemas Digitales*, Tocci, 1989. El cálculo de la resistencia del optoacoplador se encuentra detallado en el apéndice A.

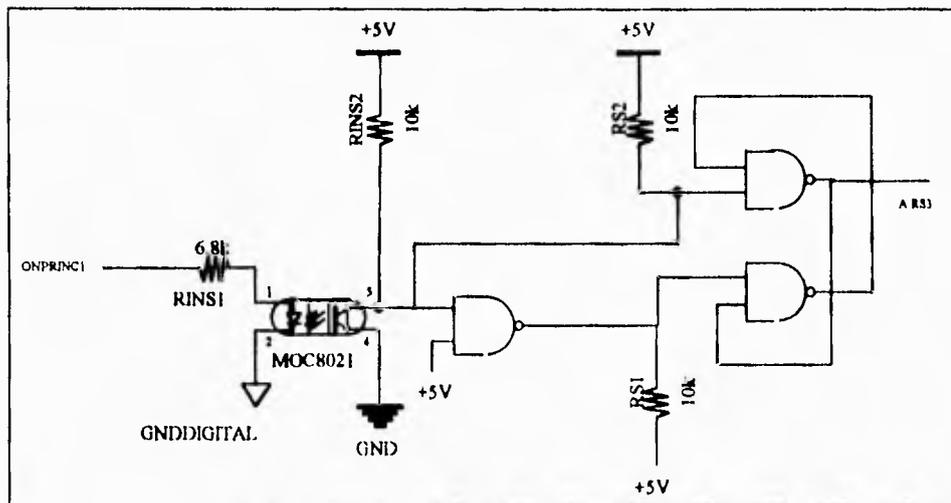


Fig III.11. Primer bloque del circuito de encendido

En la figura III.12. se aprecia las formas de las señales que se tienen de entrada y salida del *flip-flop* SC.

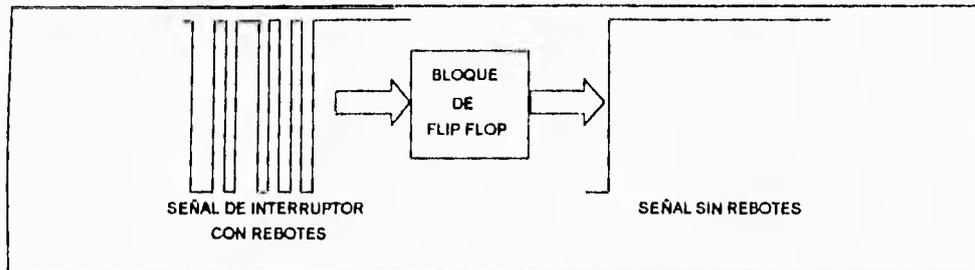


Fig. III.12. Gráfica de entrada y salida la flip flop

En el segundo y tercer bloque mostrados en la Fig III.13. tienen señales lógicas manejadas con compuertas EXOR, y de forma fundamental se tiene un circuito monoestable. La interacción de estos componentes tiene como resultado una salida lógica digital que es puesta en la base de un transistor. Los diferentes estados lógicos pondrán en corte ó saturación a dicho transistor, la función de dicho transistor será proporcionar un voltaje de 0 ó 12 V a la bobina del relevador encargado de energizar al resto del sistema.

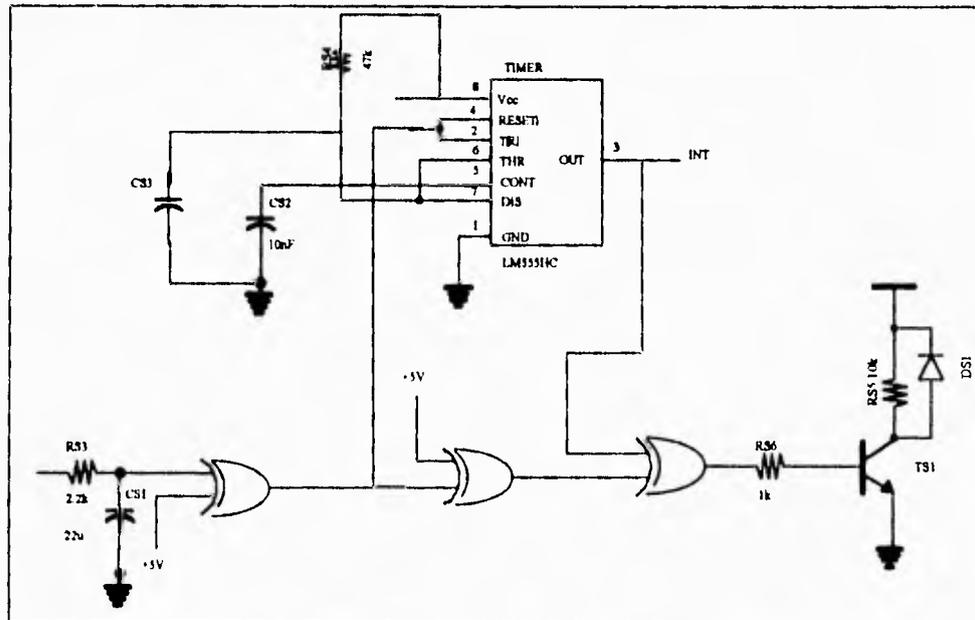


Fig III.13. Segundo y tercer bloque del circuito de encendido

Cuando el usuario cambie la posición del interruptor a la posición *ON*, la compuerta que controla la base del transistor pondrá en saturación a dicho transistor, a partir de ese momento la arquitectura se pondrá en operación, y se empezará a ejecutar el programa de funcionamiento. Sin embargo, cuando el usuario cambie la posición del interruptor a la posición *OFF*, de manera inmediata es disparado el circuito monoestable que origina dos funciones básicas. La primera inicia el proceso de apagado y la segunda genera un tiempo de espera. El proceso de apagado avisa al microcontrolador que el usuario ha decidido apagar al vehículo, se ejecuta una subrutina en el microcontrolador que inicia el proceso de apagado al motor, y además se guardan los últimos datos de kilometraje recorrido en la memoria EEPROM, después de guardar los datos el microprocesador se pone en estado de bajo consumo. El tiempo de espera se genera en el circuito monoestable, que permanece en un estado lógico alto, lo que origina que la compuerta que controla el transistor ocasione que éste permanezca en saturación hasta el término del tiempo diseñado para el monoestable (algunos milisegundos), permitiendo que el microprocesador ejecute el proceso de apagado. Cuando el tiempo del monoestable termine, la compuerta que controla al transistor hará que éste se ponga en corte y por lo tanto la bobina del relevador actuará en consecuencia, dando como resultado la suspensión de energía al resto de la arquitectura.

Cabe señalar que el optoacoplador, con el interruptor del usuario en posición *OFF*, está permanentemente apagado y sólo se enciende al tener al interruptor en posición *ON*, como se observa en la figura III.14. Solamente las compuertas NAND CD4011, EXOR 74HC86 y circuito monoestable LM555HC están permanentemente polarizados; sin embargo, como su tecnología es CMOS de bajo consumo, éste se reduce a 2.5 mA con una polarización de 5 V, es decir una potencia de 12.5 mW. Los cálculos relativos al tiempo del monoestable se presentan con detalle en el apéndice A.

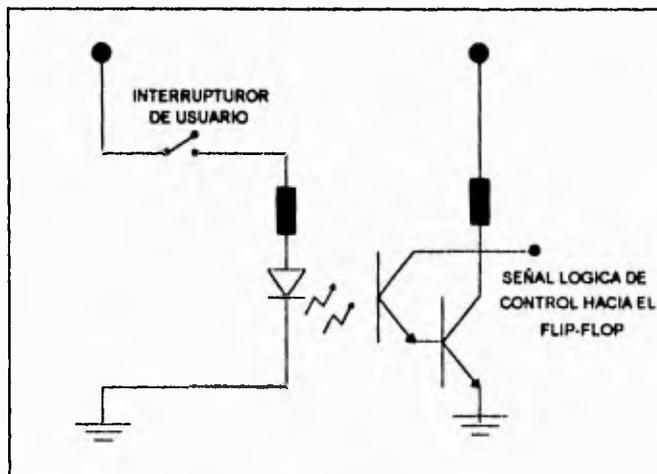


Fig. III.14. Diagrama del interruptor de usuario

### III.3 Circuito de visualización

En cuanto a la visualización o presentación de las variables se tomaron las siguientes consideraciones:

Para mostrar el estado de las variables se decidió presentar dos tipos de visualizadores, los cuantitativos y los cualitativos. En los visualizadores cuantitativos el estado se presenta numéricamente, mientras que en los cualitativos el estado se indica con una luz indicadora.

En los visualizadores numéricos se decidió utilizar diodos emisores de luz en arreglos de siete segmentos de color verde con un consumo de 20 mA por segmento. Para los visualizadores indicativos se utilizó un sólo diodo emisor de luz (*led*), de diferente color para cada caso. Las razones por las cuales se decidió utilizar tecnología *LED* fueron el costo, la presencia inmediata en el mercado, la alta luminosidad, además de su capacidad de multiplexaje.

Debido a que se tienen que manejar 7 arreglos de *led's* y varios *led's* indicativos, se presentó el problema de un consumo elevado de corriente, ya que si se manejan 20 mA por segmento, se tendría 140 mA por arreglo de *led's* y como son 7 arreglos esto da como resultado 980 mA, sin contar los visualizadores del tipo cualitativo.

Debido a que se tiene que ahorrar lo más posible en el consumo de energía, se decidió implantar el visualizador utilizando un multiplexado, de manera que sólo va a estar encendido un arreglo de *led's* en cada instante, y a una frecuencia de 100 Hz de multiplexado da la impresión que el visualizador completo está constantemente encendido. Además se logra un ahorro de espacio, así como del número de puertos del microcontrolador dedicados para controlarlos.

Para controlar el despliegado se utiliza un multiplexor 74154 y un decodificador 7449 y transistores BC557, a continuación daremos una explicación del funcionamiento del circuito de visualización:

Del puerto A del PPI se obtiene la señal que contiene la información numérica que se desea visualizar, la cual alimenta al circuito de visualización, como se muestra la figura III.15. Los 4 bits menos significativos del puerto A entregan una señal que va directamente a un multiplexor de 16:1, el cual selecciona el dígito que debe activarse en el barrido del despliegue mediante transistores PNP. Para efectuar este barrido el multiplexor da una salida de selección activa baja, la cual, al alimentar al transistor PNP lo saca de corte y lo pone en saturación. Cuando sucede esto el transistor deja que la corriente que entra por su emisor fluya por su colector, encendiendo por tanto el *led*. Los 4 bits más significativos de la señal que alimenta el circuito de visualización se conectan directamente a un decodificador de BCD a siete segmentos, el cual tiene una salida de colector abierto. A la salida de este decodificador se conectan todos los arreglos de *led's* en paralelo, dichos arreglos son formados por los *display's* de siete segmentos y por los *led's* cualitativos. Los *display's* de siete segmentos se disponen desde la letra A hasta la letra G, y los

---

led's cualitativos se mezclan entre las diferentes letras, a fin de cubrir todos los visualizadores cualitativos con las 16 líneas de control de que dispone el decodificador.

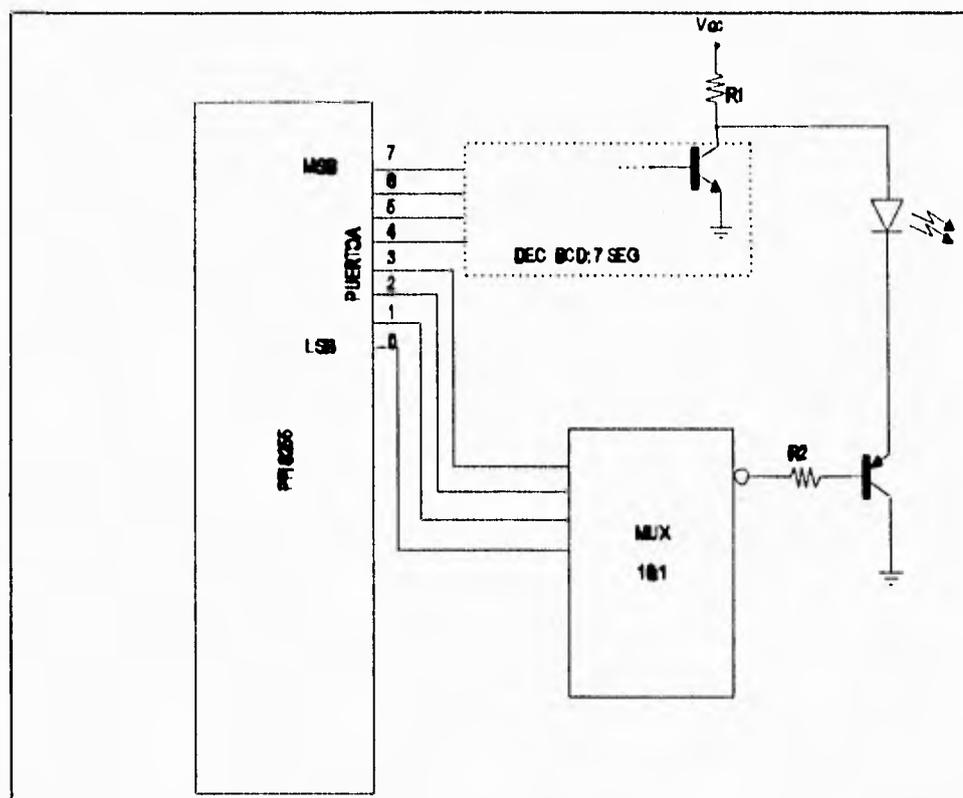


Fig III.15. Diagrama esquemático del visualizador

Como los arreglos de desplegados de 7 segmentos empleados son de cátodo común, se conectan directamente al emisor del transistor de selección correspondiente.

Al tener en el bus del decodificador una señal, todos los arreglos la tienen, y al poner el transistor en saturación se visualiza en el arreglo indicado el valor correspondiente. Al cambiar la selección del multiplexado se visualiza el valor correspondiente en cada arreglo del visualizador.

Debido a lo anterior se logra que el consumo se reduzca al promedio de 250 mA. Lo cual es un consumo relativamente bajo en comparación de otro tipo de visualizadores, como se informa en el capítulo II. Los cálculos relativos al diseño del circuito de visualización se estudia con detalle en el apéndice A.

En la elaboración de los visualizadores se utilizaron como base las normas de símbolos indicadores para el control de vehículos, recomendadas por la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE), *SAE Handbook*, 1990. Fue necesario hacer algunas analogías para poder adecuar los símbolos utilizados para autos de combustión interna al caso de un vehículo eléctrico.

A continuación se muestran los símbolos utilizados, junto con su descripción correspondiente.



Indica si la temperatura del motor es alta.



Indica el lugar donde se visualiza el nivel de carga que se tiene en el banco de baterías.



Indica si las luces altas del minibús están encendidas.



Indica si la temperatura en las baterías está alta.



Indica si las luces direccionales están funcionando.



Indica si el freno de mano está aplicado.



Indica si la presión en el sistema hidroneumático es alta.

El visualizador completo se muestra en la figura III.16.

---

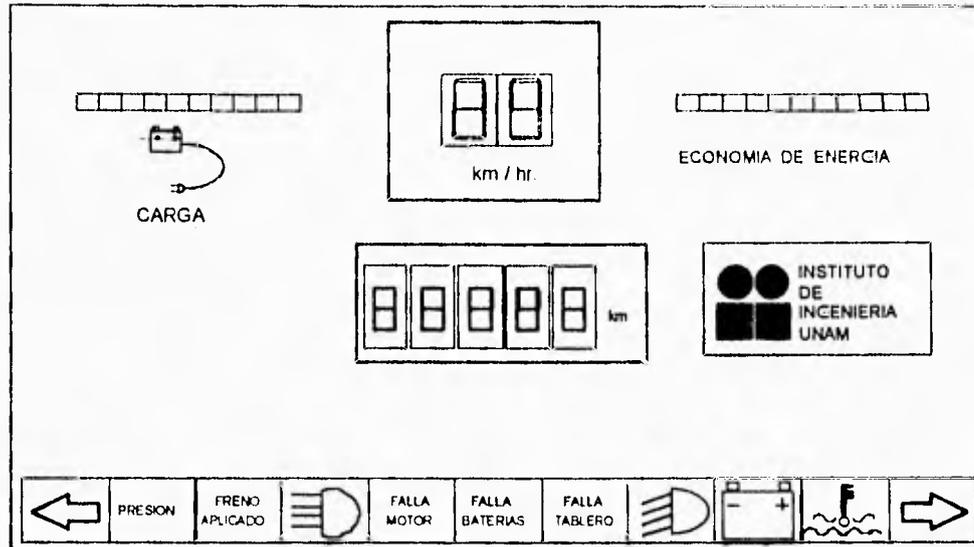


Fig. III.16. Visualizador

Cabe mencionar que se incluyó un botón, dentro del circuito visualizador, el cual se denomina botón de kilometraje. El botón es un simple interruptor desde una terminal del microcontrolador y la tierra del circuito. El botón del kilometraje tiene la función de conmutar la parte del visualizador correspondiente al odómetro para presentar el odómetro de viaje y el odómetro total, en el apartado de III.5 de este capítulo se da una explicación con más detalle sobre este punto.

#### III.4 Acondicionamiento de señales

Acondicionar algún tipo de señal, ya sea de tipo digital o analógica implica filtrar, aislar ó adecuar niveles de voltaje para trabajar con otros dispositivos.

##### Señales de entrada

Las señales de entrada que se requieren adecuar son:

- Velocidad del VE
- Temperatura del motor

• Señales de interacción con el inversor del motor

Para poder manejar las señales de velocidad y de interacción con el inversor del motor del VE se requirió efectuar un aislamiento óptico.

**Acondicionamiento de señales para el inversor/motor**

Se requiere de un acondicionamiento de señales entre el sistema y el inversor, ya que el primero maneja niveles de 0 y +5 volts, mientras que el segundo de 0 y +24 volts.

Para realizar el acoplamiento de las señales que van del sistema al inversor y viceversa, se utilizó el optoacoplador MOC8021, el cual presenta una alta sensibilidad, requiere de una baja corriente de entrada para encender su *led* interno y proporciona una corriente de carga máxima de 50mA. En la figura III.17. se observa al circuito de salida del microcontrolador hacia el inversor/motor y en la figura III.18. se muestra el circuito de entrada al microcontrolador y salida del inversor/motor. Los cálculos de los elementos que conforman a estos circuitos se encontrarán con más detalle en el apéndice A.

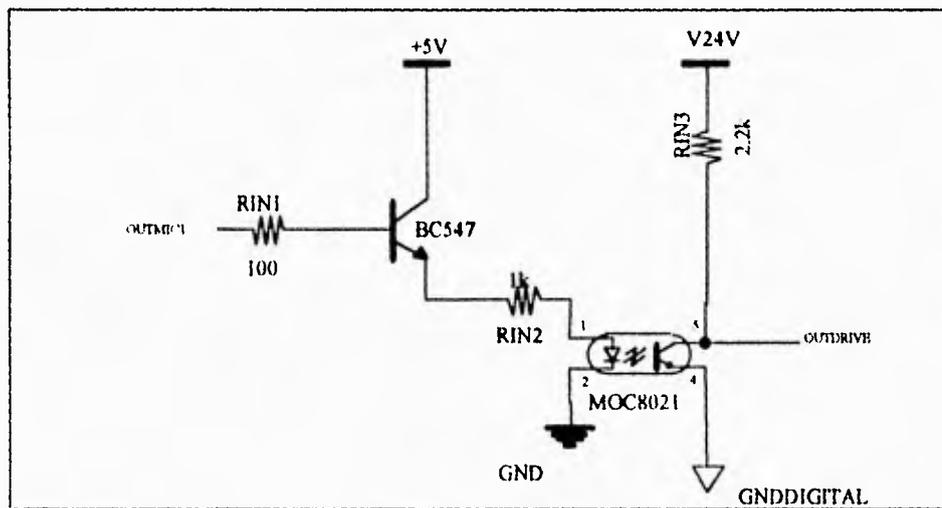


Fig III.17. Circuito de salida del sistema

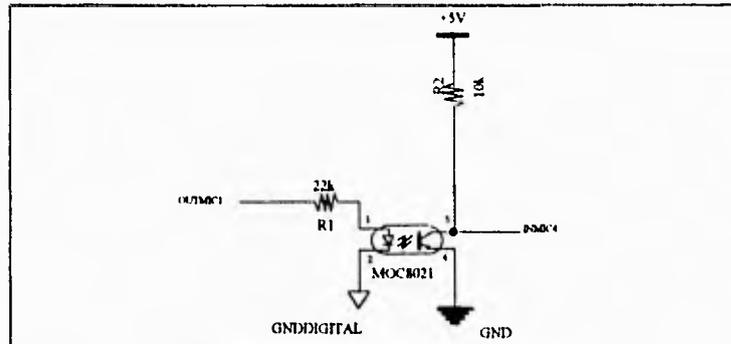


Fig III.18. Circuito de entrada al sistema

El microcontrolador maneja niveles lógicos de 0 V y +5 V, mientras que el inversor requiere de 0 V y +24 V, y debido a que el microcontrolador presenta niveles lógicos altos en sus puertos cuando éste es inicializado, se requiere de lógica negada para el manejo de las señales y no tener problemas de activación de alguna de ellas en el inversor.

### Velocidad del VE

Para sensar la velocidad del VE se colocará a un lado de la caja reductora del VE un dispositivo mecánico, el cual soportará al sensor óptico que efectuará la medición de velocidad. Sobre el eje que sale de la caja reductora se montaron unas superficies de material reflejante en secciones determinadas, éstas en conjunto con las zonas oscuras proporcionará el efecto de reflexión y absorción de luz que captará el sensor, la señal de salida proporcionada por el sensor es acondicionada inmediatamente por un comparador con histéresis, a la salida del cual obtendremos un tren de pulsos proporcional a la velocidad del VE, esta señal alimentará a un convertidor de frecuencia a voltaje y a un contador de eventos que se localiza internamente dentro del microcontrolador, este último nos dará la lectura del odómetro ó distancia recorrida por el vehículo. Esto lo podemos observar en la figura III.19.

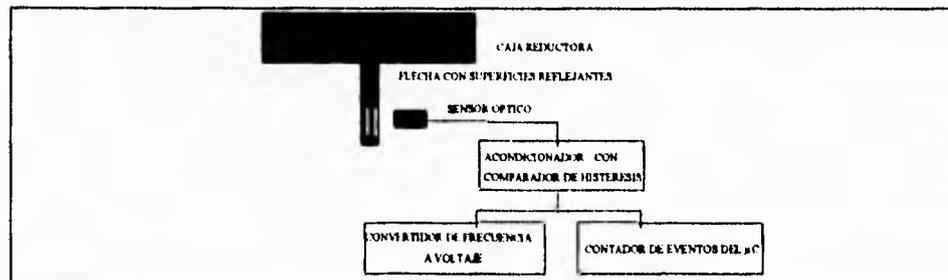


Fig III.19. Diagrama a bloques del sensado de velocidad

El circuito comparador con histéresis se muestra en la fig III.20. El diseño se basa en el circuito LM311 que es un amplificador operacional especial para acciones de comparación. El LM311 está dispuesto como un comparador con histéresis, los voltajes de histéresis fueron obtenidos a partir de la respuesta del sensor de velocidad, y a partir de estos valores se diseñó el arreglo que acondicionó la señal del sensor. Las resistencias RT1 y RT2 son sólo un divisor de voltaje el cual proporciona la corriente de encendido del sensor de velocidad, y son sus terminales los cables blanco, azul y transparente. Los cálculos correspondientes a su diseño se ven con mayor profundidad en el apéndice A.

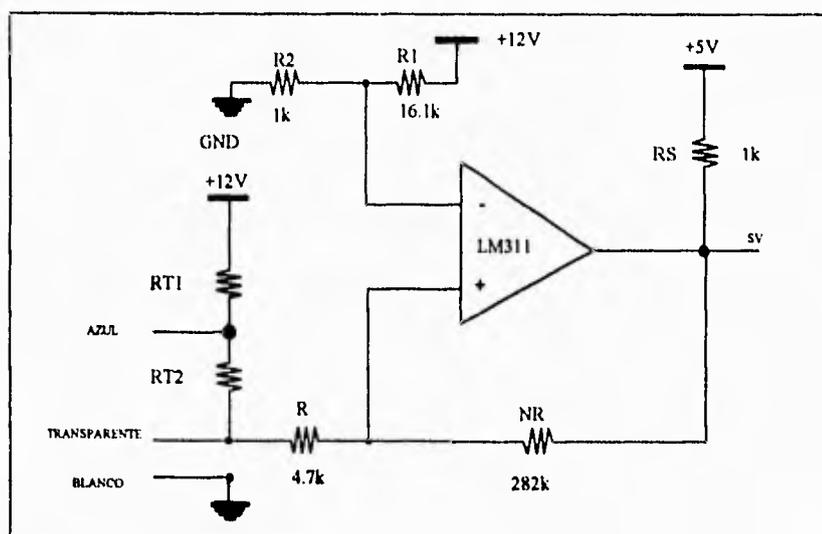


Fig III.20. Circuito comparador para acondicionar señal del sensor de velocidad

### Convertidor de frecuencia a voltaje

Para la medición de frecuencia se empleó el circuito integrado LM2917, que es un convertidor de frecuencia a voltaje de alta escala de integración, con varias funciones integradas, lo que evita numerosos componentes externos.

En la fig. III.21. se muestra como está conformado internamente dicho dispositivo; éste consiste en un comparador a la entrada con histéresis, una fuente de corriente "charged-pump", un diodo zener, una salida de un Amplificador Operacional (AO) y un transistor, además cuenta con una buena linealidad y una alta corriente de salida.

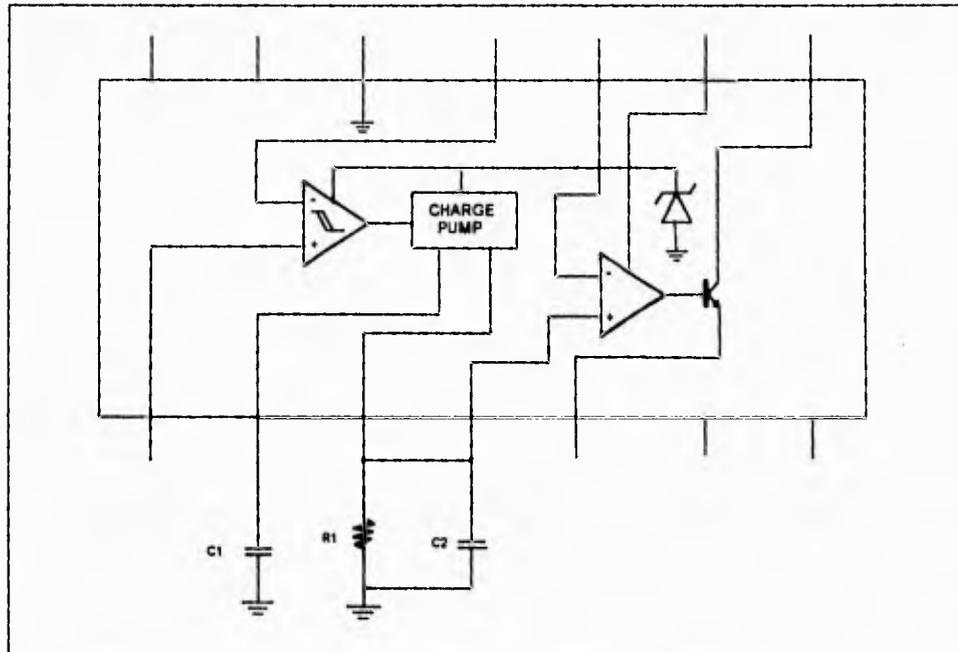


Fig. III.21. Diagrama funcional del LM2917

La señal de entrada pasa por el comparador el cual proporciona un excelente rechazo al ruido, al detectar un cruce por cero acciona la fuente de corriente "charged-pump", la cual carga al capacitor  $C_1$  hasta que se presenta el siguiente cruce por cero, invirtiendo en ese momento su polaridad para descargarlo, repitiendo esto en cada ciclo. Esta misma corriente se alimenta a la resistencia  $R_1$ , en los extremos de esta resistencia se obtiene un voltaje alterno de amplitud proporcional al tiempo transcurrido entre cada cruce por cero. El capacitor  $C_2$  nos sirve para filtrar la señal y reducir el nivel del rizo.

El valor del voltaje en la resistencia de carga está en función de la fuente de voltaje, frecuencia de entrada, tiempo de carga del capacitor y el valor de la resistencia de carga.

El valor del capacitor que realiza el filtrado  $C_2$  es dependiente únicamente de los requerimientos de tiempo de respuesta y rizo a la salida. La salida del amplificador operacional y del transistor son usados para manejar la corriente a la salida.

En la figura III.22. se muestra el circuito de conversión de frecuencia a voltaje diseñado.

En el amplificador de salida se decidió colocar un filtro que recomienda el fabricante para reducir el rizo, en el apéndice A se muestran los cálculos realizados para el convertidor de frecuencia a voltaje y el filtro de salida.

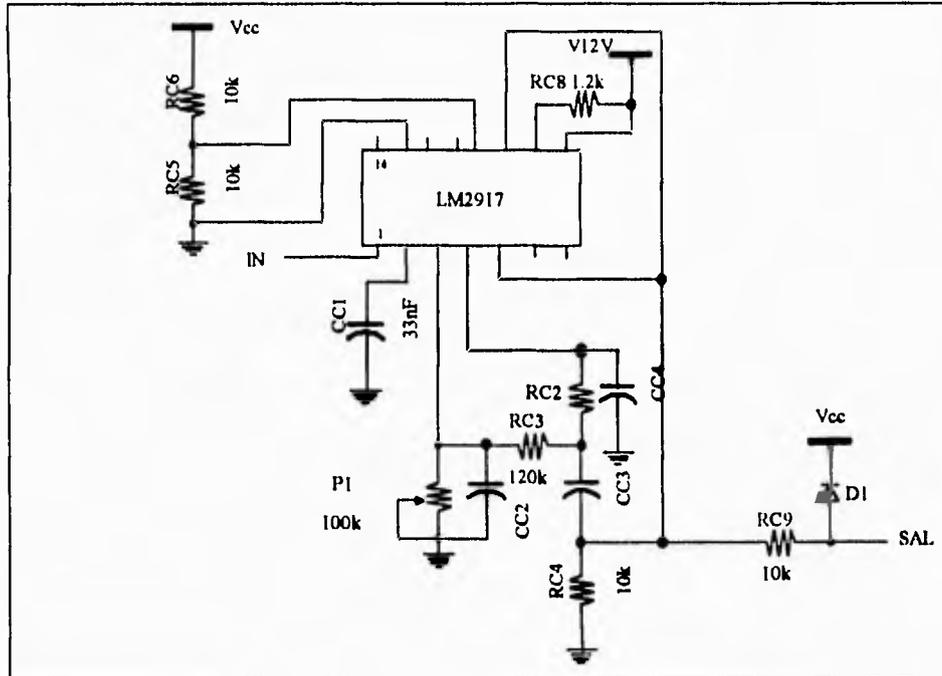


Fig.III.22. Circuito de conversión de frecuencia a voltaje

### Temperatura del motor

La temperatura del motor eléctrico se obtendrá de un termistor localizado dentro del mismo, este termistor funcionará de manera independiente al sistema y sólo proporcionará una señal digital, la cual indica el estado de temperatura normal o anormal (emergencia). Para aislar esta señal se utiliza un circuito con optoacoplado que se explica al inicio de este capítulo.

En la figura III.22. se muestra el circuito de conversión de frecuencia a voltaje diseñado.

En el amplificador de salida se decidió colocar un filtro que recomienda el fabricante para reducir el rizo, en el apéndice A se muestran los cálculos realizados para el convertidor de frecuencia a voltaje y el filtro de salida.

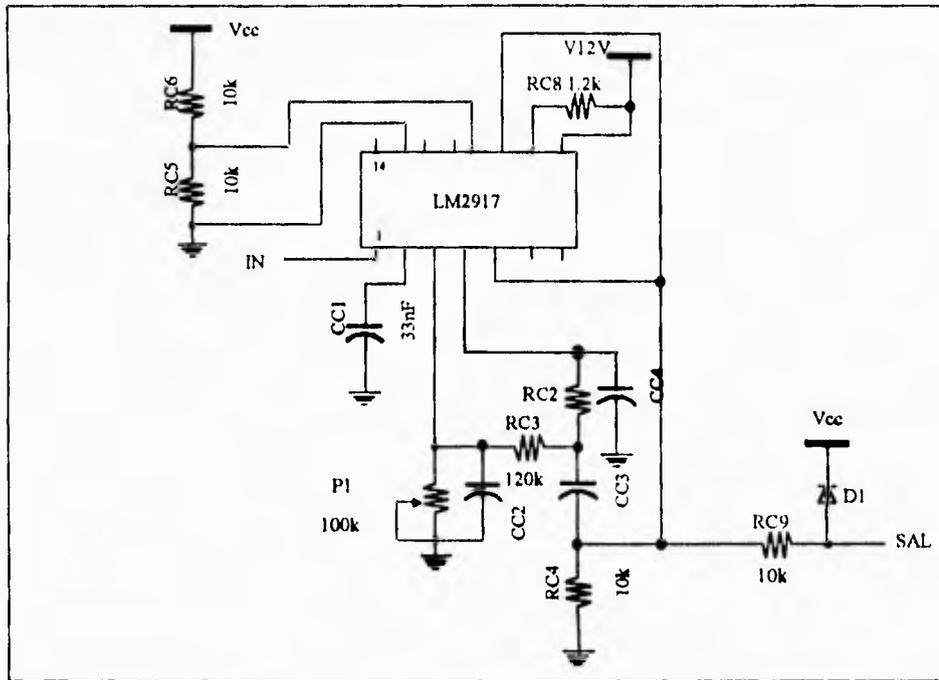


Fig.III.22. Circuito de conversión de frecuencia a voltaje

### Temperatura del motor

La temperatura del motor eléctrico se obtendrá de un termistor localizado dentro del mismo, este termistor funcionará de manera independiente al sistema y sólo proporcionará una señal digital, la cual indica el estado de temperatura normal o anormal (emergencia). Para aislar esta señal se utiliza un circuito con optoacoplado que se explica al inicio de este capítulo.

### Presión del sistema hidroneumático del VE

El tablero tendrá la posibilidad en la visualización de entregar la información correspondiente a la presión del sistema hidroneumático en dos estados (cualitativamente), sin embargo, hasta este momento esta señal no está disponible, la información con que se cuenta es que deberá estar debidamente aislada. Se tomará esta señal, se adecuará su ganancia a través de un circuito de ganancia variable y posteriormente se proporcionará como señal de entrada al sistema, con lo cual se tendrán sólo límites máximos y mínimos de presión.

### Señales de interacción con el inversor del motor

Como se mencionó anteriormente, estas señales serán aisladas a través de circuitos basados en optoaisladores. Las señales a procesar serán tres señales hacia el inversor y dos del inversor hacia el Sistema del Tablero Digital. En la figura III.23. se muestra un diagrama a bloques de las señales de interacción con el inversor.

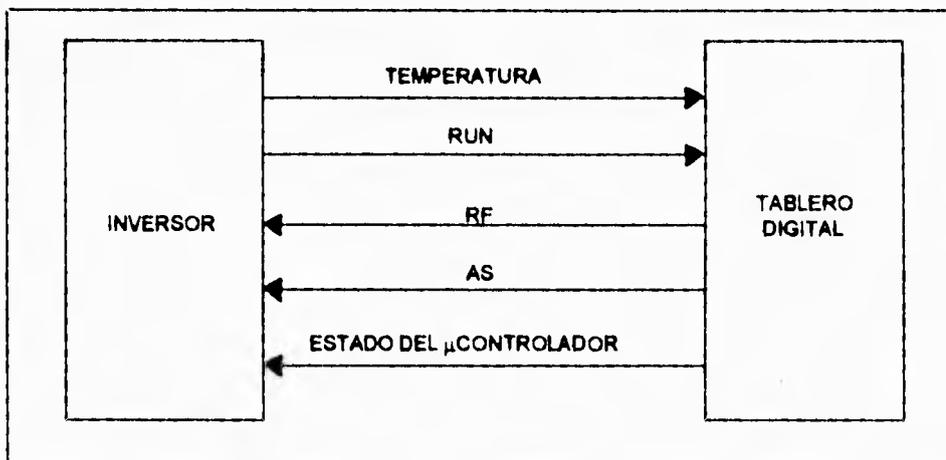


Fig. III.23. Señales de interacción con el inversor

Con el diseño de los circuitos a utilizar para el manejo de las señales de interacción con el inversor, solamente hemos descrito el diseño del *hardware* del Tablero digital. El diagrama esquemático de todo el sistema se presenta en el apéndice B. En los siguientes apartados describiremos la parte correspondiente a la programación del sistema.

### III.5 Programación del sistema

Un elemento indispensable en los diseños con microcontroladores es el *software* o programa que ordena la forma en que actuará el microcontrolador con todos los dispositivos que integran el sistema. El *software* diseñado para este caso fue dividido en subrutinas con funciones independientes, en la figura III.24. se muestra un diagrama de flujo del programa principal, el cual va llamando a las diferentes subrutinas.

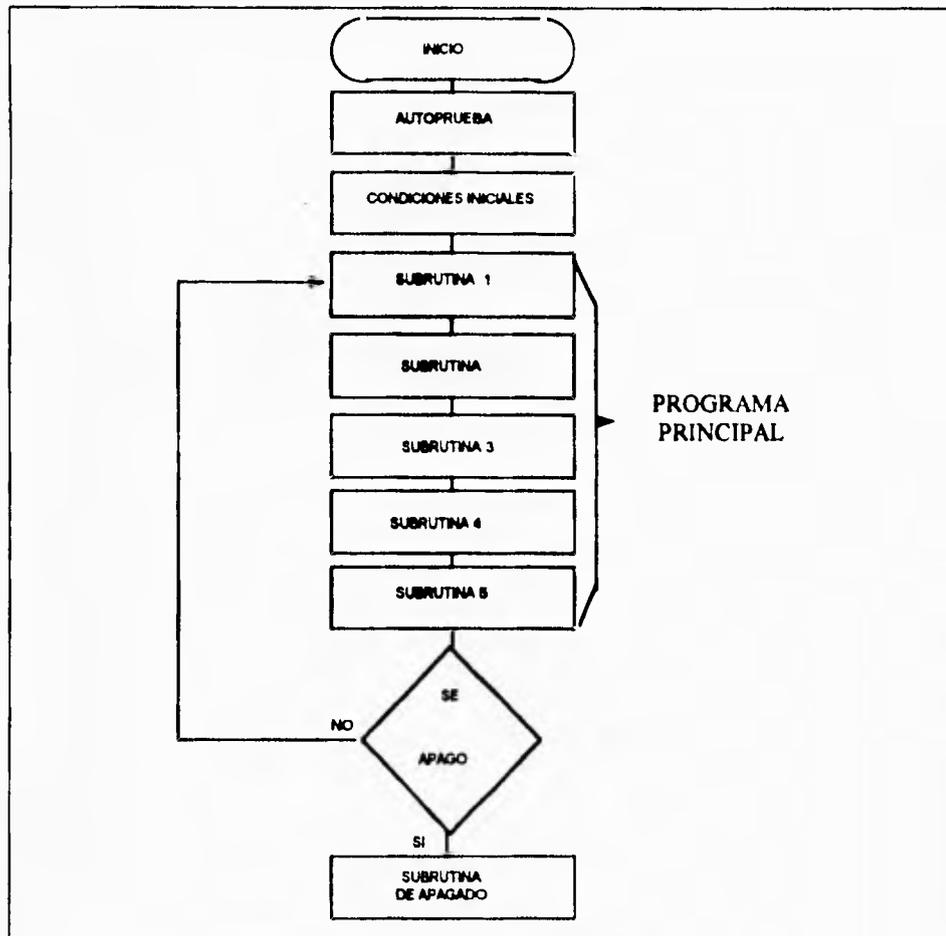


Fig III.24. Diagrama de flujo del programa principal

Al momento de girar la llave de encendido del minibús, el sistema recibe una señal, con la cual suministra instantáneamente energía al resto de la arquitectura. En este momento la arquitectura comienza a funcionar y ejecutar el programa de aplicación. Inicialmente se ejecuta una subrutina de autoprueba, ésta verifica que todos los dispositivos estén funcionando correctamente, en la descripción particular de esta subrutina se indicarán cuales son éstos, al finalizar la autoprueba se provee al sistema de las condiciones iniciales. Dichas condiciones iniciales son los valores iniciales que deberán tener los registros de funciones especiales así como los registros auxiliares.

Inmediatamente después se ejecuta el programa principal. Este programa cuenta con 5 subrutinas, las cuales estarán ejecutándose dentro de un ciclo hasta que se apague el minibús. La condición de apagado del minibús se está verificando constantemente por el programa principal (exactamente después de cada fin de ciclo). Cuando se genera la señal de apagado se activa una subrutina de apagado, la cual manda a llamar una subrutina de escritura de datos en la memoria EEPROM. Posteriormente llama a una subrutina que genera el protocolo de apagado del motor del minibús. Además la misma señal activa un circuito monoestable que después de cierto tiempo corta la alimentación del sistema.

#### **Subrutina de autoprueba**

La autoprueba consiste básicamente en la ejecución de una serie de instrucciones que tienen por objetivo probar los diferentes dispositivos que conforman el sistema, éstos son, las memorias RAM, ROM, EEPROM y el convertidor analógico digital del microcontrolador. La verificación de la RAM consiste en grabar en cada dirección el número 55 hexadecimal, inmediatamente después se realiza una lectura de todas las direcciones de la RAM, comprobando que se encuentra el 55 hexadecimal, posteriormente se realizan los mismos pasos para el número AA hexadecimal, así logramos verificar el funcionamiento de los diferentes registros y celdas de la RAM. Si existe un error en la comparación, indica la existencia de un error en RAM y se informa mostrando una luz de alarma en el desplegado.

Posteriormente realiza la prueba de la ROM, que consiste en realizar un *checksum* del *software* grabado en ésta, esto se realiza sumando el valor en hexadecimal de todos los registros de la ROM, guardando el resultado de la suma en 3 registros, posteriormente se realiza una comparación del resultado contra el valor de tres registros almacenados en la misma ROM, si la comparación no es correcta indica que existe un error en la ROM, visualizándose en el desplegado.

La verificación de la EEPROM es realizada leyendo la memoria EEPROM en su dirección 15H, donde se tiene almacenado el valor de 55H, si el valor leído dentro de esta dirección difiere, indica que existe un error, y se muestra en el desplegado. Para la verificación del convertidor analógico digital, se realiza una toma de lecturas de todos los canales del convertidor, se sabe que en cada canal debe de tener lecturas que se encuentran dentro de algún rango de valores, esto es

---

dependiendo del canal y del dispositivo que se encuentra conectado a éste, así entonces si el valor de algún canal está fuera de rango quiere decir que el transductor conectado a este canal está averiado. Es importante mencionar que el convertidor se verifica tomando un dato del canal cero del mismo ya que éste está conectado a un voltaje continuo con algún valor preestablecido y al hacer la verificación debe de ser el mismo, si alguna de las comparaciones no es correcta es indicado en el tablero con una luz de alarma, en la figura III.25. se muestra el diagrama de flujo de esta subrutina.

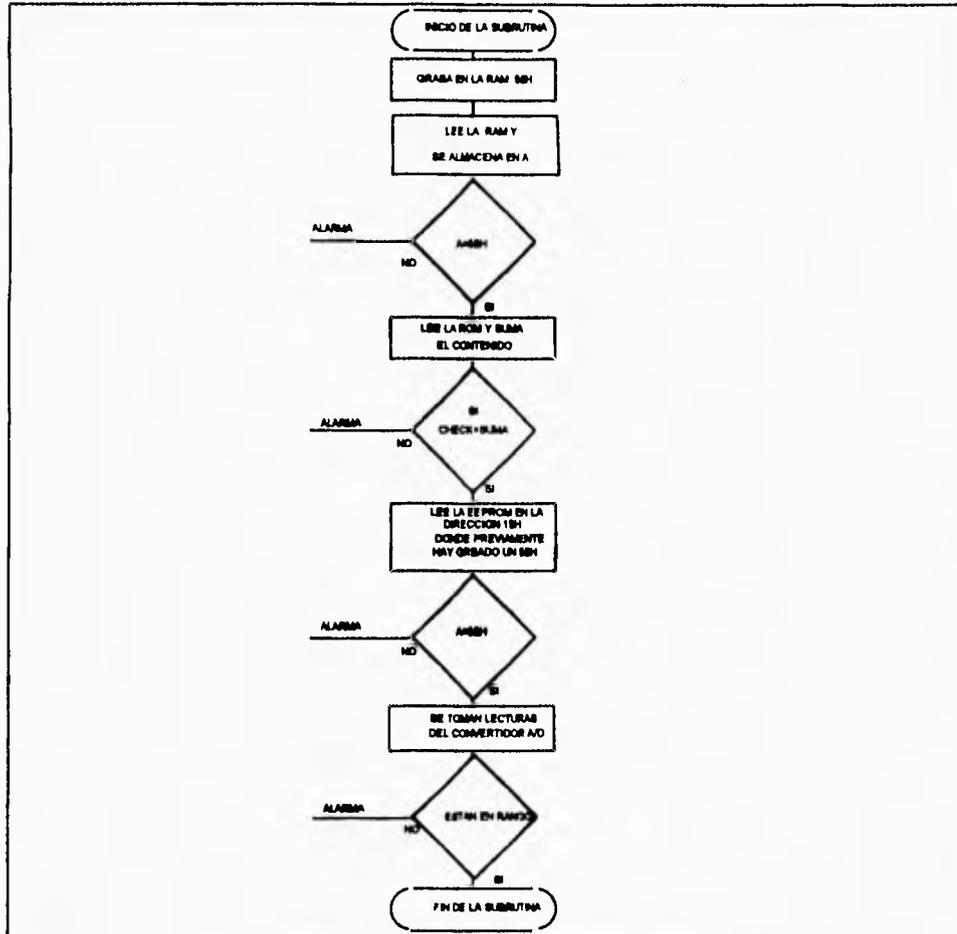


Fig. III.25. Diagrama de flujo de la subrutina de auto prueba

### Condiciones iniciales

Al terminar la subrutina de autopueba son almacenadas las condiciones iniciales, aquí se otorgan valores de comparación, de inicio de conteo, de direccionamiento indirecto, así como los valores adecuados para los registros de funciones especiales (como relojes, contadores, la disposición y forma de su funcionamiento), que son los parámetros necesarios para que el sistema trabaje. Posteriormente se ejecuta el programa principal el cual cuenta con 5 subrutinas las cuales se ejecutan constantemente cuando el sistema se encuentre energizado. Asimismo, se ejecutan todas las subrutinas de muestreo (subrutinas que se explicarán con más detalle posteriormente), para determinar el estado inicial del sistema externo (motor, inversor, banco de baterías, etc.), si estas condiciones demuestran la operatividad del sistema el programa seguirá adelante con el resto de instrucciones, de otra forma indicará al usuario por medio de una señal visual que existe alguna falla en el sistema y por tanto el vehículo no podrá seguir adelante en su proceso de funcionamiento.

### Subrutina encendido del motor

Las señales indicadas en la figura III.23. forman parte de un pequeño protocolo que debe existir por las condiciones operativas del inversor. el protocolo es determinado en el siguiente orden.

- \* Señal *outputdrive1* (AS)
- \* Se espera señal *inputdrive1* (READY)
- \* Señal *outputdrive2* (RF)
- \* Se esperan 200 ms
- \* Señal *outputdrive3* (RUN)

Los estados lógicos de estas señales serán revisados en cada ciclo para efectuar las respuestas necesarias en caso de existir alguna anomalía. También en cada ciclo es revisada la señal de entrada *inputdrive2* (*TEMP WARM*) para efectuar el desplegado y acción de salida correspondiente.

### Subrutina uno

La subrutina uno se encarga de tomar lecturas del convertidor analógico digital, esto lo hace tomando la lectura canal por canal del convertidor de manera multiplexada y almacenando el valor de cada canal en registros previamente establecidos, estos registros son nombrados dentro del programa con el nombre de la variable a medir, para de esta manera hacer más fácil su identificación.

---

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

**Subrutina dos**

La subrutina dos se encarga de tomar el valor de la velocidad del minibus que se encuentra almacenada en el registro dedicado a esto, posteriormente realiza un promedio de 16 lecturas de este valor, el promedio se procesa y se almacena en los registros 0 y 1 de desplegado, los cuales corresponden al velocímetro del desplegado.

**Subrutina tres**

La subrutina tres se encarga de procesar mediante comparación la señal analógica de presión alta en el sistema hidráulico y se tiene que este valor de la conversión es comparado con un valor mínimo tolerable, si este valor es excedido entonces se guardará el valor adquirido en un registro correspondiente. Esta subrutina además verifica el estado del inversor/motor, que consiste en revisar si el estado de temperatura del motor es alta o baja indicando esto en el desplegado, revisando también si existe la señal de READY del inversor, si no se encuentra realiza el protocolo de encendido del motor, si el motor no responde, queda dentro de un *loop* hasta que el operador gire la llave de encendido a la posición *OFF*, logrando con esto la ejecución de fin de programa.

**Subrutina cuatro**

La subrutina cuatro se encargará de procesar la información correspondiente al estado de las baterías. Dicha información será proporcionada por el grupo de trabajo encargado del sistema de monitoreo del estado de las baterías.

El procesamiento de esta información consiste en tomar el valor de los registros y realizar comparaciones, el resultado de estas comparaciones se almacena en los registros correspondientes del desplegado, los cuales controlan dos barras de *LED's*, que representan el gasómetro o amperhorímetro y la barra de ahorro de energía, la cual indica al usuario la cuantificación del ahorro de energía.

**Subrutina cinco**

La subrutina cinco se encarga del desplegado de la información, ésta toma los valores del registro junto con un valor de multiplexado y los manda hacia un puerto del periférico, manteniendo este dato durante unos milisegundos. Dentro de esta subrutina se verifica el estado del botón de kilometraje del desplegado, con el cual se obtienen varias opciones de desplegado, las cuales son:

---

Despliegue normal. En esta opción en el desplegado se presenta el odómetro, además cuenta con una alta luminosidad, cabe mencionar que el sistema inicia con esta forma de despliegue.

Despliegue del odómetro de viaje. Al presionar una vez el botón de kilometraje, el odómetro de recorrido total cambia para mostrar el odómetro de viaje. Ya que se presente este despliegue es posible la reinicialización de la cuenta al mantener el botón de kilometraje presionado durante 3 segundos.

Despliegue con baja intensidad luminosa. Si la intensidad luminosa le es molesta al conductor se tiene la posibilidad de disminuir ésta. Para lograr esta condición se parte del Despliegue normal, si se presiona durante 3 segundos el botón de kilometraje inmediatamente después bajará la luminosidad del desplegado. Después de esto el odómetro podrá cambiar al odómetro de viaje, además se podrá regresar al modo de Despliegue normal al presionar nuevamente el botón de kilometraje durante 3 segundos.

Esta forma de funcionar dependerá del gusto de usuario y de que tipo de información del odómetro requiere.

Hasta aquí se tienen los principales parámetros a desplegar, sin embargo falta explicar como se obtiene el dato del odómetro; bien pues este dato se obtiene a partir de una señal de entrada del sensor óptico, acoplado mecánicamente a la flecha de la caja reductora de velocidad del motor. Esta señal se acondiciona y bifurca. Una de las bifurcaciones es introducida a un contador (el reloj 2), el cual posee un valor de inicialización 0C9A9H y este contador generará una interrupción cuando su cuenta se incremente hasta el valor OFFFFH, lo cual indicará que se tiene un kilómetro más de cuenta, entonces la subrutina incremento del odómetro se encargará de distribuir de manera decimal los valores correspondientes al kilometraje en los registros designados para tal efecto.

### III.6 Circuito impreso

El diseño de un circuito impreso obliga al diseñador a tomar en cuenta una serie de situaciones para lograr la funcionalidad deseada, trataremos de poner de manera simplificada, los factores que determinan esta funcionalidad.

- a) En la medida de lo posible se logra una mejor efectividad de un plano de tierra cuando éste cubre un 60% de la superficie total del circuito impreso.
  - b) Al trasluz, un circuito impreso debe ser lo más opaco posible, extendiendo el área de tierra lo más posible. Ya que la impedancia de las líneas de alimentación
-

deben tener un equilibrio en cuanto a la carga, la extensión del plano de alimentación deberá ser en menor proporción.

c) Cuando existan más de un circuito impreso interconectados entre sí, es recomendable que se acoplen con un capacitor de  $47\mu\text{F}$ , entre cada tarjeta.

d) En las placas con una mezcla de circuitos digitales y circuitos analógicos se deben separar los planos de tierra para cada tipo de circuitos.

e) La fuente de alimentación deberá tener la impedancia más baja posible y su potencia deberá ser del orden a un 50 a 70 % mayor a la carga nominal.

f) Cuando no sea posible tener alimentaciones separadas para circuitos digitales y analógicos se tendrá que filtrar esta señal de alimentación. Los métodos sugeridos para filtrar estas señales de alimentación son diseñar filtros tipo T o tipo  $\Pi$ , los cuales se conforman de arreglos inductivos-capacitivos y en donde se toma en cuenta el valor del voltaje de alimentación, la carga y por supuesto la frecuencia de la señal inducida por los circuitos digitales.

g) La tierra analógica sólo se puede unir en un punto con la tierra digital, y de manera preferible en el conector. Con esto se logra una menor interferencia hacia los circuitos analógicos debido a los circuitos digitales.

h) Es muy recomendable que las líneas de señales no tengan cambios de dirección de más de  $45^\circ$ , ni que se tengan trayectorias en zig-zag.

i) En la medida de lo posible se deberá evitar el uso de las bases para circuitos integrados, ya que con esto se evita la presencia de ruido e interferencias magnéticas.

j) El reloj en un microcontrolador deberá estar lo más cercano posible a éste y sus líneas deberán estar lo más alejados de las líneas de reset, pistas de E/S digitales y analógicas y en general las líneas de control del microcontrolador.

---

## CAPITULO IV DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA

El sistema del tablero digital será un módulo del minibús eléctrico, así entonces, el tablero digital tendrá que interactuar con los demás sistemas que conforman al minibús. Tendrá interacción con el sistema de monitoreo y verificación de baterías, con el conjunto motor/inversor del vehículo eléctrico, con el banco de baterías, además de los transductores del sistema. En este capítulo se describe la integración del tablero con el VE.

### IV.1. Conexiones del sistema

Como se ve en la figura IV.1. el sistema del tablero digital y el sistema de monitoreo de baterías tienen 7 grupos de señales que se requieren para su funcionamiento, cabe mencionar que la línea punteada enmarca los elementos que conforman al sistema del tablero digital. A continuación se dará una breve explicación de las conexiones por grupos, así como se sus principales características eléctricas y cantidad de líneas de interacción.

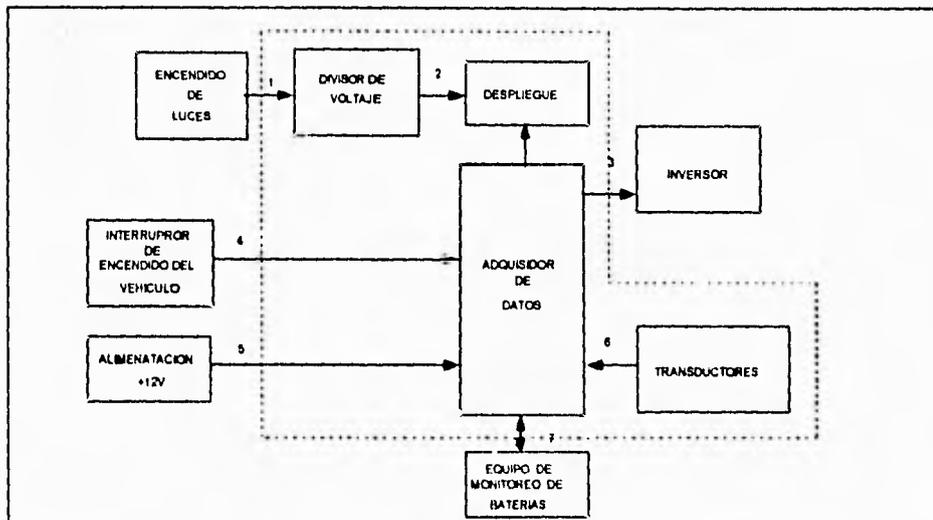


Fig. IV.1. Grupos de sistemas que interactúan con el tablero digital

## GRUPO 1

En este grupo se consideran las señales que indican la activación de algunas luces del VE, como son luces de camino, direccionales y luces altas. Para mostrar esta activación, se conectará una derivación del interruptor de encendido a través de una resistencia y hacia un *led*, de igual manera se origina la indicación de la activación del freno mecánico. Lo anterior será independiente del sistema de adquisición de datos y se podrá visualizar dentro del mismo despliegue, las derivaciones serán las siguientes:

- \* Luces de camino
- \* Luces altas
- \* Direccionales (2)
- \* Freno mecánico
- \* Referencia

TOTAL....6 líneas

## GRUPO 2

En este grupo se considera la interconexión del circuito derivador hacia el circuito de despliegue y estas conexiones se encuentran dentro del *rack* que soporta al tablero del sistema, es decir las líneas de conexión mencionadas no tienen contacto con el exterior.

## GRUPO 3

En este grupo se contemplan las señales del estado del inversor, estas señales serán cinco. Las señales de *RF*, *RUN* y ESTADO DE TABLERO DIGITAL, que van del tablero al motor/inversor. Las señales ESTADO DE INVERSOR y TEMPERATURA *WARM* DEL INVERSOR que van del inversor/motor hacia el tablero. Cabe mencionar que las señales serán lógicas, de 0 V para un nivel bajo y 24 V para nivel alto. La definición de la interacción con estas variables queda definida por lo tanto de la siguiente manera:

* <i>RF</i>	I<-----T
* <i>RUN</i>	I<-----T
*ESTADO DEL TABLERO DIGITAL	I<-----T
*ESTADO DEL INVERSOR	I----->T
*TEMPERATURA <i>WARM</i> DEL INVERSOR	I----->T

donde, I: Inversor y T: Tablero

TOTAL....5 líneas

## GRUPO 4

En este grupo se considera la señal de encendido del minibús, esta señal se está considerando de alimentación propia, esto es que el tablero digital no entregará la alimentación de este interruptor, por lo cual, el tablero sólo se conectará a este dispositivo.

TOTAL....2 líneas

## GRUPO 5

Este apartado implica la alimentación del tablero digital, la cual será entregada de una batería exclusiva para el tablero, de un voltaje nominal de +12 volts y su referencia.

TOTAL....2 líneas

## GRUPO 6

En este grupo se consideran todas las señales que entregan los transductores al tablero digital.

- \*Señal del transductor de velocidad y odómetro (3)
- \*Señal de temperatura del conjunto motor-inversor (2)
- (esta señal tendrá únicamente niveles lógicos de 0 V y +24 V).

TOTAL....5 líneas

## GRUPO 7

En este grupo se consideran las señales de entrada y salida que el equipo encargado del monitoreo de baterías entregará al sistema.

**IV.2. Distribución de puertos**

Como se mencionó en los capítulos anteriores, el sistema está basado en un microcontrolador, por lo cual es necesario especificar la función que se le dará a cada terminal en la integración del sistema de monitoreo de baterías y el tablero digital. En función del diseño de la parte física de cada sistema, se decidió asignar las líneas y puertos de la arquitectura desarrollada como se indica a continuación.

PUERTOS/LÍNEAS	ASIGNACIÓN
P0.0-P0.7	Dirección baja y datos
P2.0-P2.7	Dirección alta

---

P1.0	Habilitación (CS) de la EEPROM
P1.1	Señal de reloj (SK) de la EEPROM
P1.2	Entrada de datos (DI) de la EEPROM
P1.3	Salida de datos (DO) de la EEPROM
P1.4	Entrada para el contador T2
P1.5-P1.6	Limpiar contador T2
P1.7	Apagado del VE
P3.0	Botón del odómetro
P3.1-P3.5	Hacia el inversor del VE
P3.6-P3.7	Control del RD y WR del sistema
P4.0-P4.7	LIBRE
P5.0-P5.7	CONVERTIDOR A/D
PA.0-PA.3	Palabra del multiplexado para seleccionar display
PA.4-PA.7	Palabra del BCD para entrar dato al display seleccionado
PB.0-PB.7	LIBRE
PC.0-PC.1	Habilitación del Despliegue
PC.2-PC.7	LIBRE

En el listado anterior se marca el uso al cual han sido destinados cada uno de los terminales y puertos para el desarrollo del tablero digital. Las líneas y puertos indicados como LIBRES serán empleadas en el monitoreo de las baterías.

### IV.3. Sistema de alimentación

#### Batería

En un vehículo totalmente eléctrico las baterías a seleccionar son uno de los problemas más importantes a resolver y su solución incide al sistema que comprende a esta tesis.

Los parámetros más importantes para la selección de las baterías para un vehículo eléctrico son:

- Energía específica Wh/kg
- Potencia específica W/kg
- Costo de la capacidad de almacenamiento de energía  $\$/kWh$
- Número de ciclos de carga y descarga útiles
- Resistencia interna (Este parámetro está ligado a la eficiencia de la carga y descarga de la batería)

En la fig. IV.2. se muestra una clasificación de las diferentes baterías, basada en el tipo de electrolito que emplean.

---

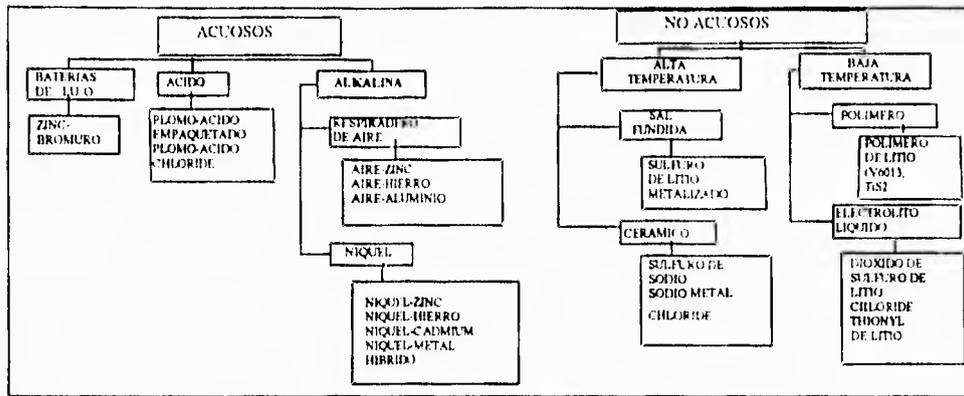


Fig. IV.2. Clasificación de Baterías

En función de los cálculos de diseño del VE, el peso del banco de baterías no debe exceder los 1200 kg, el conjunto debe proporcionar un voltaje de 320 V y debe entregar 38.7 kW-h. El tipo de baterías, que seleccionó el equipo encargado de esto, fue de marca GNB *Industrial Battery Company*, que tienen las siguientes características:

- Modelo.....12-EVB-1180
- Tipo.....Plomo ácido
- Dimensión.....30.8cm x 17.5cm x 22.1cm
- Ciclos de carga y descarga útiles .....750 (a un 80% de profundidad de descarga.)

El sistema del tablero digital estará alimentado en forma independiente por una de estas baterías con un valor de 12 V, la cual será permanentemente recargado del banco total de baterías y estará debidamente aislada del mismo. Para un manejo adecuado de la electrónica interna de tablero y su interacción con los demás dispositivos externos se compraron convertidores de DC-DC de 12V a 24V, de 12V a 12V, y de 12V a 5V, el diagrama de bloques del sistema de alimentación se muestra el a figura IV.3.

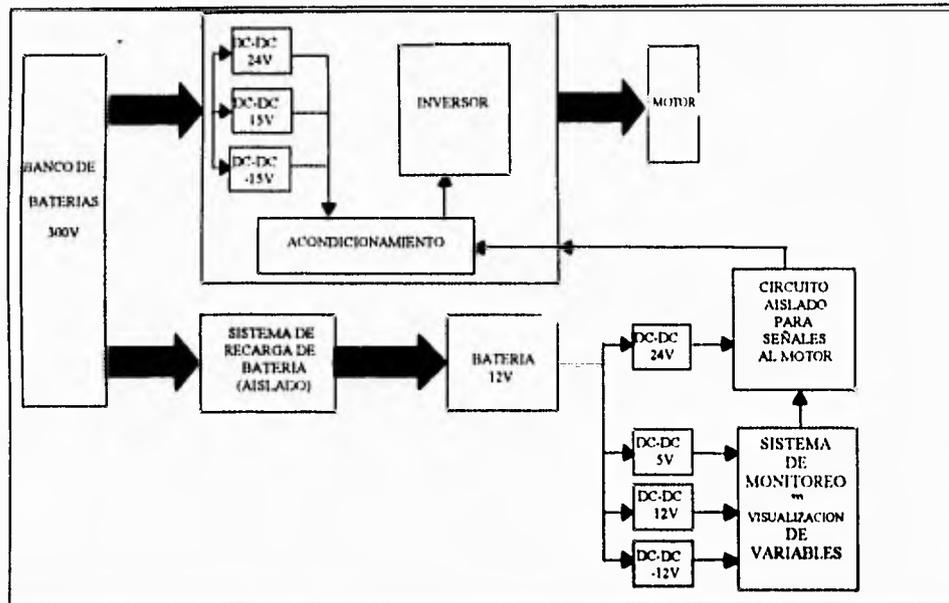


Fig. IV.3. Diagrama de bloques de la alimentación

#### IV.4. Interacción con el inversor

En este apartado se describirán las diferentes señales digitales de entrada y salida, así como una descripción general de la interacción, a través de estas señales, con el inversor.

El sistema tiene interacción con dos señales de salida del inversor y tres de entrada, esto significa que el sistema cuenta con tres señales de salida y dos de entrada.

##### Señales de salida

Las señales de salida serán nombradas de la siguiente manera: *outputdrive1*, *outputdrive2* y *outputdrive3*.

- La señal *outputdrive1* es la señal *AS* al inversor.
- La señal *outputdrive2* es la señal *RF* al inversor.
- La señal *outputdrive3* es la señal *RUN* al inversor.

### Señales de entrada

Las señales de entrada serán nombradas de la siguiente manera *inputdrive1* y *inputdrive2*.

- d) La señal *inputdrive1* es la señal *READY* del inversor, que indica si el inversor está listo para operar.
- e) La señal *inputdrive2* es la señal *TEMP WARM* del inversor, que es la que indica si la temperatura es alta o la normal.

El manejo de las señales es de manera secuencial, es decir forman parte de un pequeño protocolo el cual es determinado por el funcionamiento mismo del inversor, dicho lo anterior cabe señalar que las señales de este protocolo están determinadas por las siguientes características eléctricas; un voltaje de 24 V para un nivel lógico alto y un voltaje de 0 V para el correspondiente nivel lógico bajo, y una carga de aproximadamente 10 mA de corriente para cada señal.

#### 1) Señal de salida *outputdrive1 (AS)*

Esta señal es usada para deshabilitar la sección del amplificador de potencia del inversor. Dicha desactivación previene que el motor manejado por el inversor desarrolle par. Cuando el motor se encuentre en funcionamiento se tiene que el motor correrá libremente hasta detenerse.

Deberá tenerse la siguiente secuencia de reactivación para habilitar la sección del amplificador de potencia:

- \* Reconexión de *outputdrive1 (AS)* a nivel lógico alto.
- \* Transición de estado lógico alto-bajo-alto de *outputdrive2 (RF)*.

#### 2) Señal de entrada *inputdrive1 (READY)*

Esta señal en su estado lógico alto indica al sistema que todas las condiciones de operación de inversor y motor son correctas, y por tanto no existen condiciones de falla. Una señal en estado lógico bajo indica que el inversor no está listo para su operación y/o que existen condiciones de falla. Para la correcta operación se deben tener las siguientes condiciones operativas:

- \* Todas las señales de voltaje deben estar presentes.
  - \* Todos los voltajes de entrada y salida del inversor deben estar presentes
  - \* El interruptor *Mode Switch* debe estar puesto en el modo *operation mode* (Fuera del control del tablero digital).
  - \* La señal *outputdrive1 (AS)* deberá estar en nivel lógico alto.
-

Cuando existan condiciones posibles de falla, estas serán:

- Alta temperatura en el motor
- El voltaje aplicado al inversor desde el banco de baterías es menor a 220 V en DC.

### 3) Señal de salida *outputdrive2 (RF)*

La señal *outputdrive2 (RF)* es usada por el inversor como una habilitación interna, esta señal deberá estar presente para que el inversor pueda manejar al motor, esta señal sólo será aceptada por el inversor siempre y cuando exista un nivel lógico alto en la señal de entrada *inputdrive1* y el contacto *Bb* esté cerrado. Cabe señalar que este contacto (*Bb*) queda fuera de nuestro manejo.

Si la señal *outputdrive2 (RF)* es aplicada cuando un comando de velocidad está presente y la salida *outputdrive3 (RUN)* está presente, el motor podrá sólo iniciar su operación después de 200 ms, tiempo necesario para permitir un campo magnético adecuado en el devanado del motor.

Si la señal *outputdrive2 (RF)* es removida cuando el motor está corriendo, el motor desacelerará en rampas programadas de velocidad, y cuando la velocidad sea cero, el motor será deshabilitado.

### 4) Señal *outputdrive3 (RUN)*

Un nivel lógico alto en la señal *outputdrive3 (RUN)* permite al inversor aceptar los comandos de velocidad externos, lo cual permite el control de velocidad por medio del potenciómetro que se encuentra como pedal del acelerador del vehículo. Sin esta señal el vehículo no aceptará ningún comando de velocidad externo al inversor. La señal *outputdrive3 (RUN)* sólo será aceptada si la señal *outputdrive2 (RF)* la preceda con un nivel lógico alto y además éste se encuentre presente.

Si la señal *outputdrive3 (RUN)* es puesta en un nivel lógico bajo, por cualquier circunstancia, mientras el motor esté funcionando, el motor desacelerará mediante rampas programadas hasta tener una velocidad cero y se mantendrá en ese estado con par en el motor, pero no aceptará ninguna señal externa de comando.

### 5) Señal de entrada *inputdrive2 (TEMP WARM)*

Cuando exista un nivel lógico alto en la señal de entrada *inputdrive2 (TEMP WARM)* se indica que el motor se encuentra operando normalmente y que no existe una condición de sobret temperatura en el mismo. De manera contraria, cuando se presente un nivel lógico bajo en la señal de entrada *inputdrive2 (TEMP WARM)* se estará indicando un sobrecalentamiento en el motor o en el disipador del inversor. Si el motor está sobrecalentado, esta señal servirá al inversor para que ponga fuera de

---

operación al motor después de 30 segundos, si la condición de sobrecalentamiento permanece. Al mismo tiempo el torque máximo es limitado al 50% de manera inmediata.

Para el caso de sobret temperatura del motor, esta señal de sobrecalentamiento será activada cuando la temperatura del devanado del motor exceda 145°C, si la temperatura continua elevándose el motor será desactivado cuando la temperatura del devanado alcance los 155°C.

Las señales anteriormente expuestas forman parte de un pequeño protocolo que debe existir por las condiciones operativas del inversor.

#### **IV.5.- Pruebas de integración del sistema a nivel de laboratorio**

A continuación se presenta la descripción de las pruebas de laboratorio efectuadas al tablero digital. Las variables que se van a monitorear son: temperatura del motor eléctrico, velocidad del vehículo y el odómetro, que proporciona tanto la distancia total como la distancia por recorrido que ha efectuado el vehículo.

Al haber concluido el armado del prototipo se decidió probar su funcionamiento en el laboratorio, para lo cual fue necesario simular algunas señales a través circuitos divisores de voltaje, con unos potenciómetros. El objetivo de esta simulación fue el visualizar en el tablero digital los cambios debidos a la variación de las variables. Estas variables fueron la señal del gasómetro (amperhorimetro), la señal del ahorro de energía y la señal de presión del sistema hidroneumático.

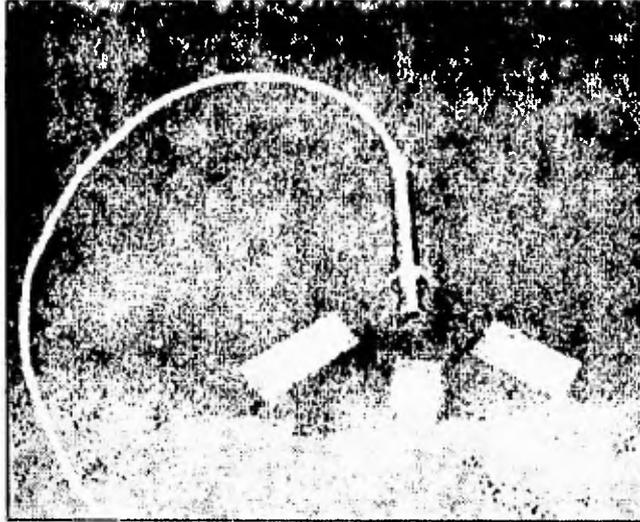
A continuación se describe la manera en que se evaluaron y generaron las variables de: velocidad del vehículo, el odómetro y las señales de interacción con el motor.

##### **Velocidad del vehículo**

Para medir la velocidad se utilizó un sensor óptico, el cual se muestra en la figura IV.4. Este dispositivo entrega un tren de pulsos cuya frecuencia es proporcional a la velocidad con la que gira el motor, esto se simuló en el laboratorio con un generador de funciones.

Dicha fuente de pulsos alimenta a un transductor, basado en el CI LM2917, el cual entrega como señal de salida un voltaje proporcional a la frecuencia con la que gira el motor. Este voltaje se suministra al sistema de adquisición de datos, el cual cuenta con un programa que relaciona la velocidad del motor y la del minibús.

---



*Fig. IV.4. Transductor de velocidad*

#### **Odómetro**

El tren de pulsos mencionado anteriormente, también se ocupa para llevar la cuenta de los kilómetros recorridos. Esto se lleva a cabo mediante un contador interno al microcontrolador. Esta cuenta se relaciona con los kilómetros recorridos, para así tener la función del odómetro.

#### **Señales de interacción con el inversor**

Para interactuar con el inversor se armaron los circuitos de interfaz tablero-inversor, se simuló la carga a la que estarían sometidos dichos circuitos, considerando las especificaciones que el fabricante del motor eléctrico da en el manual de usuario. Con este circuito se determinó que la carga sería alrededor de 10 mA, por lo cual se diseñó el circuito para entregar 15 mA.

#### **Resultados de las pruebas de laboratorio**

El resultado de estas pruebas de laboratorio fueron en conjunto satisfactorias, esto es, que los resultados fueron los esperados. En el tablero digital se visualizaron los diferentes despliegues funcionando de manera correcta, en los despliegues cualitativos con una señal analógica arriba de 2.5 V se encendían los indicadores y con una señal por abajo de este nivel se apagaban. En las señales del

---

FALLA DE ORIGEN

gasómetro y de economía de energía, cada que se elevaba el voltaje 0.5V se encendía un *led* de la barra y cuando bajaba el nivel 0.5V se apagaba el *led*. Para la señal de temperatura si el voltaje se encontraba dentro de un rango de 0 y 1.5V estaba encendido el *led* de temperatura en color verde, cuando el nivel de voltaje se encontraba dentro de 1.51 a 3V se encendía el *led* de temperatura en color amarillo y si el voltaje de entrada era de 3.1 a 5V se encendía el *led* en color rojo. Cabe hacer notar que después de hecho el diseño del circuito transductor de temperatura se indicó a este equipo de trabajo que la señal de temperatura sería una señal lógica que entregaría el inversor del motor eléctrico.

Las pruebas del transductor de velocidad arrojaron como resultado las gráficas de la figura IV.5., en donde se puede ver que la gráfica del inciso A) muestra la curva de frecuencia vs. voltaje que tiende a ser lineal. La gráfica del inciso B) es la curva que representa la relación entre la frecuencia vs. la velocidad, siendo esta curva la más importante, se puede ver que esta curva tiende a ser lineal a partir de 4 km/h.

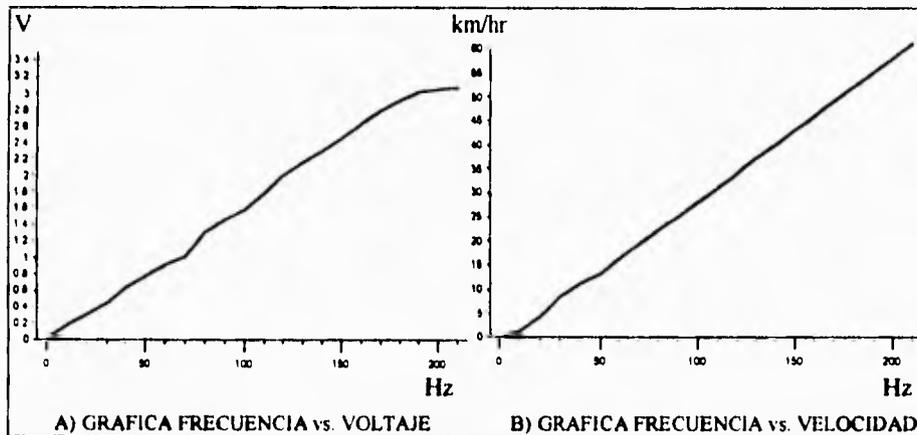


Fig. IV.5. Gráficas

En la fotografía de la siguiente figura IV.6. se muestran los circuitos del prototipo en donde se realizaron las pruebas, en la parte derecha se muestra el desplegado, en la parte inferior izquierda se muestra una tarjeta de prueba donde se implementaron los divisores de voltaje, a partir de los cuales se simularon las señales. En la parte superior se localiza el generador de funciones, en el centro de la figura se muestra el circuito principal del tablero digital.



Fig. IV.6. Prototipo de prueba

---

FALLA DE ORIGEN

## CAPITULO V

# RESULTADOS Y CONCLUSIONES

### V.1 Resultados

Para realizar el balance de los resultados y determinar las conclusiones, se hará referencia a los objetivos planteados al inicio del presente trabajo.

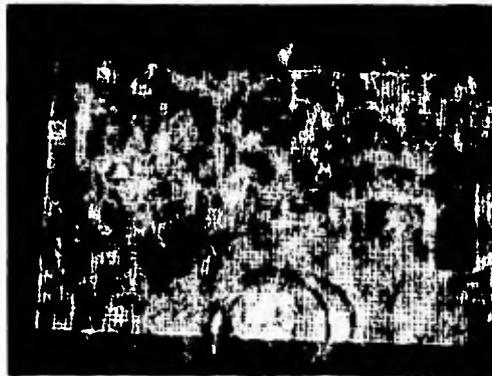
Los objetivos planteados fueron el diseño, pruebas, construcción y la presentación comercial de un tablero digital, para el minibus del Instituto de Ingeniería de la UNAM, que cumpliera con las normas de seguridad y necesidades del minibus, presentando el despliegado de las diferentes variables con una fácil interacción entre el usuario y vehículo, así como la interacción efectiva entre los módulos que lo requieran.

Además el tablero debería cumplir con las normas de calidad vigentes en los autos de combustión interna y reducir al mínimo el consumo de energía que debe requerir para su eficaz funcionamiento.

Es preciso hacer una breve reseña del desarrollo y construcción de las diferentes partes que forman el el tablero digital, para lo cual se describirá paso a paso como se fue integrando el sistema.

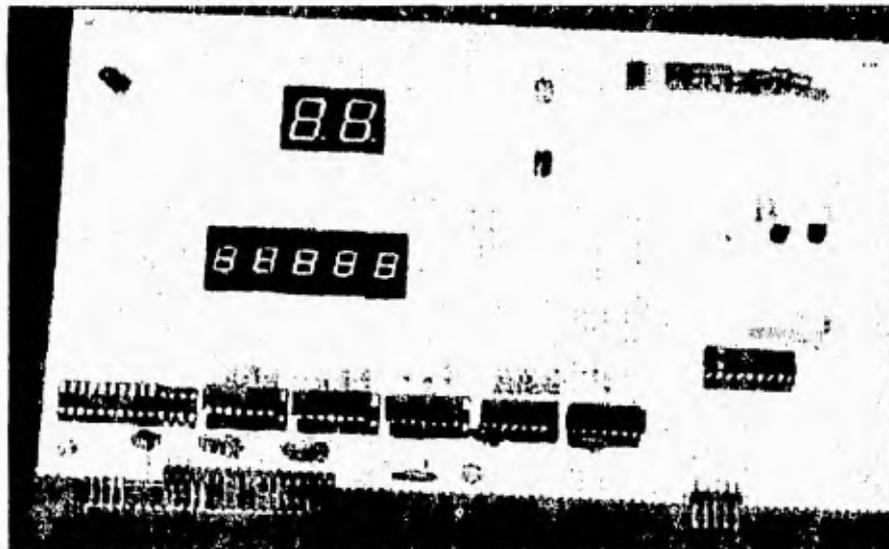
### Prototipo

1.- Se inició con la construcción de una arquitectura básica de trabajo basada en el microcontrolador 80C552, esta arquitectura nos permitió el inicio de pruebas simuladas del tablero. fotografía 1.



Fotografía 1

2- Se armó el circuito de desplegado y visualización de variables, fotografía 2; en esta fotografía se pueden apreciar 6 CI para el control de los *displays* y un circuito para el manejo de barras de *leds*.

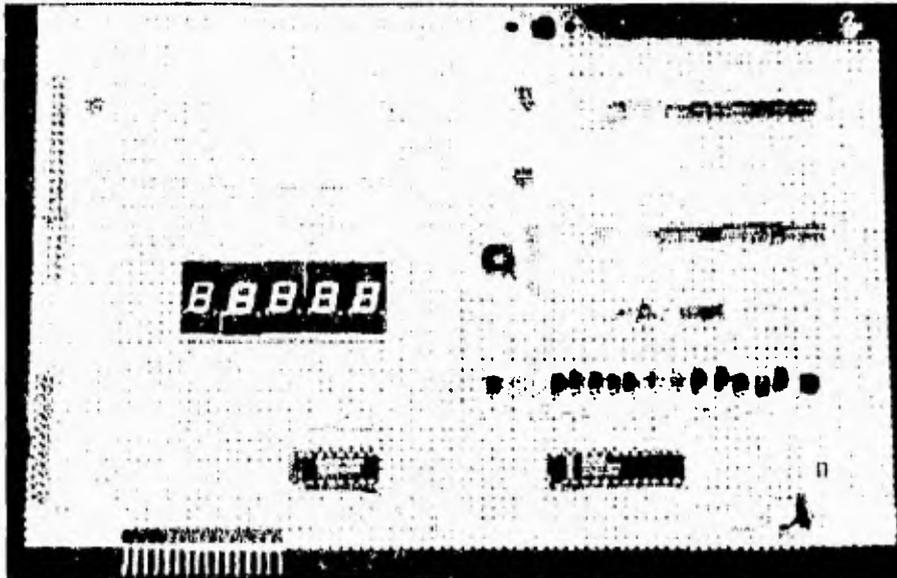


Fotografía 2

3- Como se requería conservar valores de variables, se pensó en un principio en una memoria RAM, la cual se mantendría en modo pasivo cuando no se fuera a ocupar, mantener la RAM en bajo consumo resultaba inadecuado con la interacción del encendido del VE.

4- Por los problemas presentados por la RAM se decidió utilizar una memoria EEPROM, buscando en la literatura se encontró un circuito que cumplía con nuestros requerimientos, el NMC93C46, el cual podemos grabar y leer en forma serial. El manejo de la memoria presentó algunos problemas de manejo, sin embargo éste finalmente fue logrado de manera exitosa.

5- La circuitería mediante la cual se maneja el desplegado fue diseñada y puesta a funcionar, según se iban adecuando las nacientes necesidades, sin embargo debido a su excesivo crecimiento fue necesario optimizar la circuitería quedando solamente dos circuitos integrados y un arreglo de transistores, dedicados al manejo del desplegado, fotografía 3



Fotografía 3

6.- Después de pláticas sostenidas con el equipo encargado del monitoreo de baterías se decidió implementar un periférico a la arquitectura ya desarrollada, para no tener problemas de líneas de control para los diferentes interacciones del sistema con el VE.

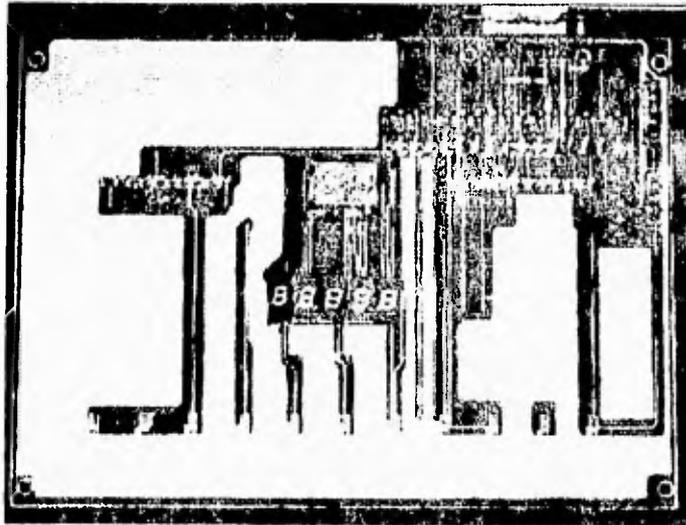
7.- Se diseñaron e implementaron de las etapas de aislamiento para las señales de interacción con el VE. La interacción planteaba problemas tanto de conexión al exterior como disposición del equipo con el cual se iba a interactuar. Las soluciones dadas tanto en costo como espacio fueron implementándose con la simulación de los circuitos de carga del inversor del motor, obteniendo resultados adecuados a las necesidades.

8.- Cabe señalar que para el acondicionamiento de la señal de entrada del sensor de velocidad, su implementación de este sensor requirió primero de su caracterización, debido a que este sensor formaba parte de un tacómetro completo, sin embargo se logró que éste funcionara con nuestra arquitectura del sistema con la interacción de dos resistencias y la fuente de voltaje de 12 V. Posteriormente fue necesario acondicionar la señal que este sensor proporcionaba a los niveles adecuados para la electrónica de adquisición.

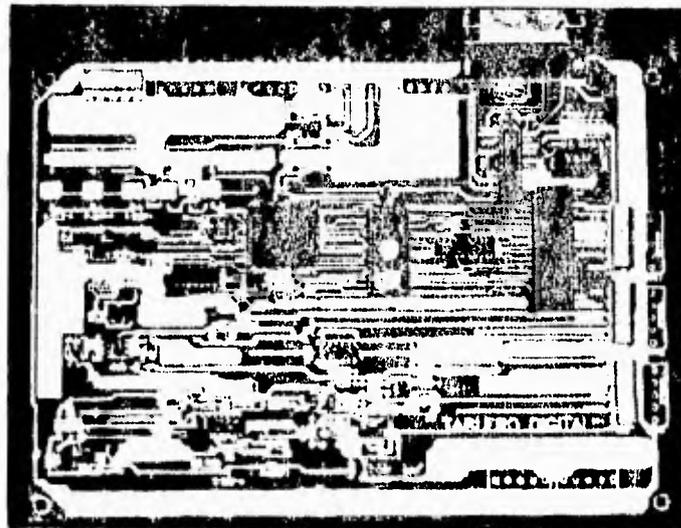
9.- En la fotografía 4 y 5 se muestra la presentación final de los circuitos diseñados, los cuales serán instalados en el VE.

---

FALLA DE ORIGEN



Fotografia 4



Fotografia 5

FALLA DE ORIGEN

En forma paralela a cada uno de los puntos anteriores se fue desarrollando su programación específica para cada una de las etapas, así como su depuración y adecuación en su momento. Hasta el momento, la interacción con el usuario es lo más transparente posible, sin embargo en el momento de pruebas se verá hasta que punto este prototipo funciona adecuadamente.

## V.2 Conclusiones

A continuación se tiene un balance del presente trabajo, así como los logros alcanzados y las sugerencias para las posibles mejoras del mismo.

### Desplegado al usuario

El desplegado de este vehículo se compatibilizó con las normas existentes para vehículos de combustión interna. El desplegado transfiere la información de la forma más transparente posible, conservando el equilibrio entre el costo y las posibilidades técnicas. La rapidez de respuesta del desplegado es más que suficiente para el usuario, dada la velocidad con la cual el sistema responde a tales requerimientos.

La única problemática en cuanto al desplegado sería la visualización del mismo, el cual que deberá ser solucionada por el equipo que se encarga del diseño ergonómico del vehículo. El tablero debe ser ensamblado en una caja, donde éste se encuentre aislado de la luz directa del sol, con una mica que no refleje y permita la salida de toda la luz que provenga del tablero.

### Interacción entre usuario y vehículo

El usuario dispone del vehículo de manera convencional. La transparencia es la misma que con un vehículo de combustión interna. Por lo anterior la transparencia entre el tablero y el operador cumple con las especificaciones de SAE. La velocidad se da en forma numérica teniendo una precisión de 1 km/hr mejorando la recomendada por SAE. La exactitud supera a la que se obtiene de vehículos comerciales. El velocímetro cumple con el rango preestablecido dadas las características del vehículo.

El odómetro se expresa de manera numérica, tiene una precisión de 1km, sin embargo tiene una exactitud del orden de metros, ya que las lecturas se obtienen en metros y aunque no se despliegan se tiene la capacidad de almacenarlas en EEPROM, teniendo un kilometraje acumulativo en el orden de metros entre los encendidos y apagados del vehículo. El rango del vehículo se encuentra en el mínimo preestablecido por SAE.

La interacción entre el inversor y el tablero digital no se ha realizado, sin embargo en las pruebas de laboratorio se obtuvo un funcionamiento adecuado, considerando con esto que la interacción es adecuada.

---

### Condiciones físicas

El circuito impreso del tablero está diseñado con una buena masa de tierras, y tomando en cuenta este criterio el sistema se encuentra bien protegido. Cabe señalar que los circuitos impresos son relativamente grandes en cuanto al área que ocupan debido a que el circuito impreso de desplegado debía tener un área considerable, para efectuar un despliegue efectivo. Los demás circuitos impresos son del mismo tamaño, para poder ser ensamblados más fácilmente, como se puede observar en el apéndice B.

El aislamiento entre el banco de baterías a la alimentación de la batería que soporta a nuestro sistema está garantizada con un convertidor de DC a DC, que cumple con las especificaciones requeridas para el caso. El aislamiento de la batería de alimentación con la arquitectura es redundada con la existencia de un grupo de convertidores de DC a DC que cumplen con los requerimientos de aislamiento y de consumo.

El ruido electromagnético generado por el inversor y motor eléctrico fue otro de los problemas a resolver, el cual se solucionó con la inclusión de un gabinete de material ferromagnético y la adición de cables blindados para las líneas de conducción externas.

La vibración es uno de los aspectos que no se pudo probar con la suficiente amplitud, sin embargo se tendrán muy en cuenta para la instalación del vehículo; *racks* de soporte contra vibraciones, esponjas de absorción y conectores de uso rudo.

### Consumo de energía

El consumo de energía es uno de los compromisos importantes de diseño, cabe señalar que todos los componentes elegidos son de bajo consumo. El mayor consumo de energía se concentra en el desplegado, sin embargo, este resulta menor en comparación con los diferentes tipos de desplegado disponibles.

### Costo

Todo desarrollo implica sustanciales costos que no son los que tendría un tablero fabricado en serie. No se puede realizar una comparación entre el costo que tiene el tablero actualmente por unidad con el que se tendría si se fabricara en serie.

Se elaboró un presupuesto del costo del diseño del tablero teniendo en cuenta únicamente la mano de obra, (costo horas-hombre) y el costo del material utilizado, y este fue de aproximadamente de 2600 dólares (costo por unidad), sin embargo, realizando estudios de optimización en cuanto a

---

costos, procesos de fabricación y adquisición de componentes, el costo será ostensiblemente menor al actual.

En base a los resultados se puede concluir que el tablero digital cumple con los requerimientos solicitados, es funcional y aplicable al minibus.

El diseño del tablero resulta ser un diseño para un problema específico, sin embargo, la filosofía de su construcción permitirá que el sistema pueda crecer de dos maneras. La primera forma de crecer es dentro de las características de diseño originales, es decir podrá crecer en sus funciones de *software* y solo algunas en su *hardware*. El sistema cuenta con algunas líneas que pueden ser de entrada y salida digitales, que le permitirán aumentar su capacidad dentro de determinada amplitud. La segunda forma de crecer es aprovechar las características realizadas, y utilizar esta arquitectura para poder formar parte de otro diseño completamente diferente.

---

## **BIBLIOGRAFIA**

- Balcells,Josep; Daura,Francesc, et all.  
**INTERFERENCIAS ELECTROMAGNETICAS EN SISTEMAS ELECTRONICOS.**  
Edit. Alafomega, México 1992.
  
  - Coughlin F.,Robert; Driscoll, F. Frederick.  
**CIRCUITOS INTEGRADOS LINEALES Y AMPLIFICADORES OPERACIONALES.**  
Edit. Prentice-Hall, 1987.
  
  - Douglas V. Hall.  
**MICROPROCESSORS AND INTERFACING programming and hardware.**  
Edit. McGraw-Hill 1986.
  
  - Knowles, Don.  
**AUTOMOTIVE EMISSION CONTROL AND COMPUTER SYSTEMS.**  
ED. RESTON. 2ª Edición.
  
  - Lorenzo Santiago; Martin Alfredo, et all.  
**ESTUDIO Y SIMULACION DE CONVERTIDORES DE ELECTRONICOS DE POTENCIA MEDIANTE PC.**  
Edit EDIBON S.A. 1992.
  
  - Malvino, Albert Paul.  
**PRINCIPIOS DE ELECTRONICA.**  
Edit. McGraw Hill. 3ª Edición.
  
  - Tocci J.,Roland.  
**SISTEMAS DIGITALES.**  
Edit. Prentice-Hall, 1990.
  
  - Volumen 2.  
**ENCICLOPEDIA DE LA ELECTRONICA.**  
Edit. Océano.
  
  - Intel. **PERIPHERALS.** 1990.
  
  - **SAE HANDBOOK.** 1990.
  
  - Signetics. **MICROCONTROLLERS 8-BITS.** 1991.
-

---

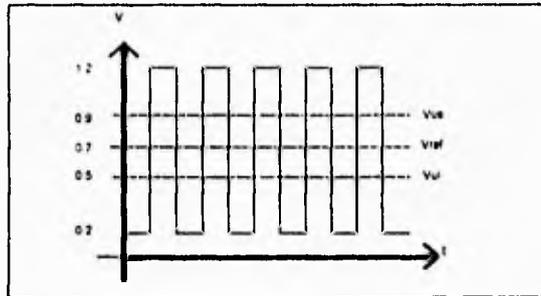
## APENDICE A MEMORIA DE CALCULOS

- Acondicionamiento de la medición de velocidad
  - Referencia de voltaje del convertidor a/d
  - Circuitos con optoacopladores
  - Diseño de las interfaces de entrada y salida entre el microcontrolador y el inversor
  - Relación de velocidad contra la frecuencia
-

**Acondicionamiento de la medición de velocidad**

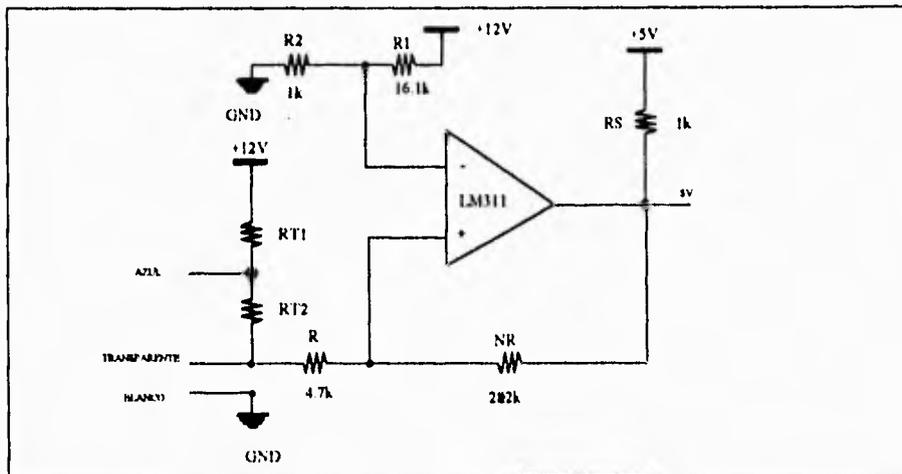
El acondicionamiento del transductor con que se va a llevar acabo la medición de la velocidad está basado en un circuito comparador no inversor con histéresis; el CI LM311NE.

La señal proporcionada por el transductor de velocidad es la que se muestra en la figura A.1, en dicha figura se pueden apreciar los niveles de voltaje seleccionados para el diseño del comparador.



*Fig. A.1. Señal de transductor de velocidad*

Se requieren niveles de 0 V y +5 V para trabajar en compatibilidad con los demás circuitos, se propone usar un comparador con histéresis no inversor, como el mostrado en la fig. A.2.



*Fig. A.2. Circuito comparador*

Se tienen para el diseño del comparador los siguientes datos:

$$V_{sat} = \pm 12 \text{ V}, V_{in} = 0.4 \text{ V}, V_{ref} = 0.7 \text{ V y } R = 4,7 \text{ kohms.}$$

La resistencia R se propuso de 4,7 kohms para no tener una resistencia de realimentación muy grande y no cargar al sensor de velocidad.

Del análisis de este tipo de comparador, presentado en el libro Circuitos integrados lineales y amplificadores operacionales de Robert. F.Coughlin, el valor "n" que proporciona la relación de resistencias está dado por la ecuación A.1.

$$n = \frac{+V_{sat} - (-V_{sat})}{V_h} \tag{A.1}$$

de la ecuación A.1 tenemos:

$$n = \frac{12 - (-12)}{0.4} = 60$$

Si n=60 por lo tanto nR=282,000 ohms

El  $V_{ref}$  se obtuvo por medio de un divisor de voltaje, quedando los siguientes valores de resistencias:

$R_1 = 16,100 \text{ ohms y } R_2 = 1,000 \text{ ohms}$

La resistencia  $R_S = 1,000 \text{ ohms}$  la recomienda el fabricante para salidas de 0V y +5V.

Las resistencias  $R_{T1} = 270 \text{ ohms y } R_{T2} = 1,000 \text{ ohms}$  sirven para polarizar el transductor de velocidad. Estos valores son recomendados por el fabricante.

#### Referencia de voltaje del convertidor A/D

La figura A.3. muestra el circuito propuesto para la obtención del voltaje de referencia.

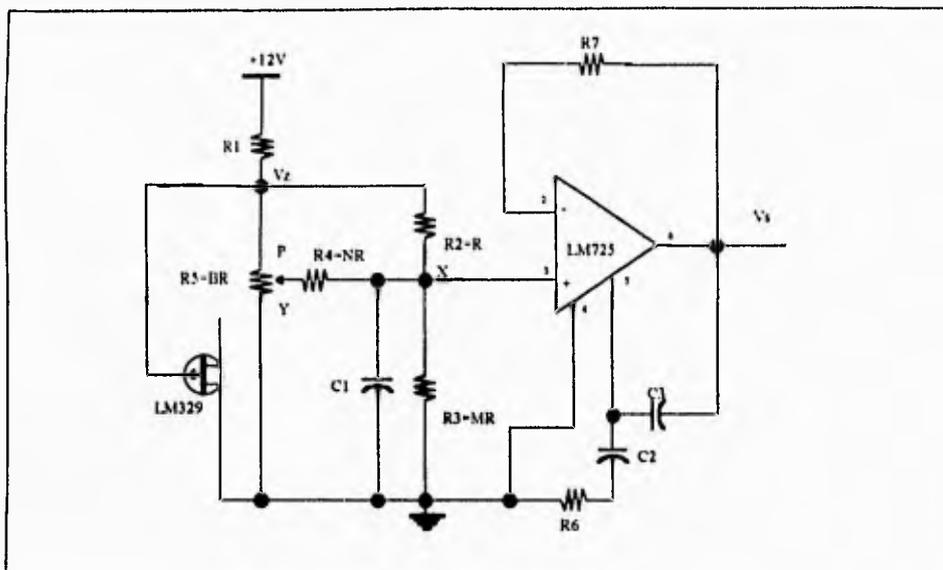


Fig. A.3. Regulador del convertidor A/D

Tenemos que para el circuito de referencia LM329DZ, de acuerdo al manual, su corriente de polarización está definida por la ecuación A.2:

$$I_{ref} = \frac{V_{pzd} - V_z}{R1} \tag{A.2.}$$

para tener un bajo coeficiente térmico e impedancia pequeña, al LM329DZ debe circularle una corriente de 1.2 mA, de la ecuación A.2 tenemos:

$$R1 = \frac{V_{pzd} - V_z}{I_{pzd}} = \frac{12 - 6.9}{1.2mA} = 4250 \Omega$$

El arreglo de resistencias de R2,R3,R4 y el potenciómetro R5 permiten ajustar el voltaje de salida. La variable P indica la posición del cursor del potenciómetro.

Para obtener los valores de las resistencias se realizó un análisis para las tres posiciones críticas del cursor del potenciómetro R5.

Cuando el cursor está en la posición superior,  $P=0$ , se tiene un voltaje máximo ( $V_{max}$ ), el cual está dado por la expresión A.3., obtenida apartir del circuito que queda cuando  $P=0$ .

$$V_{max} = \frac{m(n+1)}{m(n+1)+n} V_i \quad (A.3.)$$

Cuando el cursor está en la posición inferior,  $P=1$ , tenemos un voltaje mínimo ( $V_{min}$ ) el cual está dado por la expresión A.4., obtenida apartir del circuito que queda cuando  $P=1$ .

$$V_{min} = \frac{mn}{m(n+1)+n} V_i \quad (A.4.)$$

La relación de las resistencias expresadas en función de  $V_{max}$  y  $V_{min}$  están dadas por:

$$m = \frac{-V_{min}}{V_{max} - V_i} \quad (A.5.)$$

$$n = \frac{V_{min}}{V_{max} - V_{min}} \quad (A.6.)$$

El valor de la resistencia del potenciómetro determina el voltaje deseado de salida, por lo tanto, resolviendo en el punto Y tenemos:

$$\frac{V_i - V_y}{PB} + \frac{V_i - V_y}{n} = \frac{V_y}{(1-P)B} \quad (A.7.)$$

despejando B de la ecuación A.7., tenemos:

$$B = \frac{n}{V_i - V_y} \left[ \frac{V_y}{1-P} + \frac{V_y - V_i}{P} \right] \quad (A.8.)$$

de la ecuación A.8. tenemos que P debe estar entre  $0.5 < P < 1$  para cuando el voltaje en  $V_y$  es  $V_i/2$ , esto se da cuando el cursor está a la mitad del rango total del potenciómetro.

Partiendo de las siguientes condiciones iniciales de diseño:  $V_{max}=5.4$  V,  $V_{min}=4.6$  V,  $V_i=5.12$  V,  $V_y=6.9$  V,  $P=0.525$  y  $R=18,000$  ohms, se obtienen los siguientes valores:

de la ecuación A.5  $m=3.067$ , por lo tanto  $R_2=MR=55,206$  ohms

de la ecuación A.6  $n=5.75$ , por lo tanto  $R3=NR=103,500$  ohms  
 de la ecuación A.8  $B=2.566$ , por lo tanto  $R5=BR=46,188$  ohms

El capacitor C1 es para filtrar las señales de alta frecuencia y R6, R7, C2, C3 tienen la función de compensar contra frecuencia al circuito y los valores sugeridos por el fabricante son:

$R6=1.3k$ ,  $R7=47$ ,  $C2=10nF$  y  $C3=47nF$ .

**Circuitos con optoacopladores**

Donde se requería de aislamiento y protección del sistema se usaron optoacopladores, estos circuitos son: el circuito de encendido del sistema y los circuitos de interfase con las señales del inversor.

-Circuito de encendido del sistema

En la figura A.4, se muestra el diagrama esquemático del circuito de encendido del sistema.

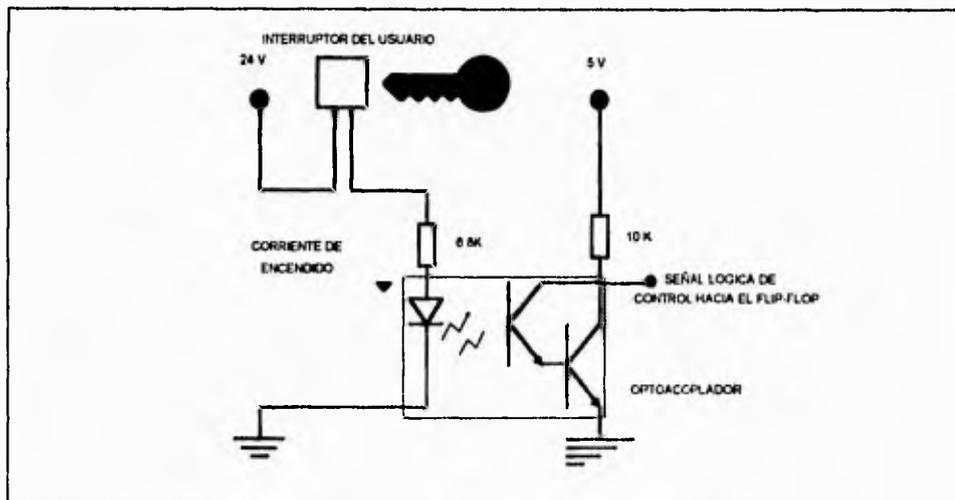


Fig. A.4. Circuito de encendido

Analizando la malla donde circula la corriente de encendido, tenemos la ecuación A.9.

$$24 = R_{\text{encendido}} \cdot I_{\text{DE ENCENDIDO}} + V_{\text{led}} \tag{A.9}$$

La corriente mínima de encendido del LED del optoacoplador es de 2 mA (ver apéndice D), por lo que se propone usar una resistencia de 6.8 kohms, sustituyendo valores en la ecuación A.9. tenemos:

$$I_{\text{DE ENCENDIDO}} = \frac{24 - 1.2}{6800} = 0.00335 \text{ A}$$

de esta manera se deduce el valor de corriente 3.35 mA, con lo que se asegura en un 60% de excedencia para la corriente de encendido.

Como se observa en la figura A.4, en la etapa de salida del optoacoplador se tiene un transistor conectado a una fuente de 5 V, el cual estará en dos estados solamente, saturación y corte. Sólo se tendrá consumo de energía cuando el transistor se encuentre en el estado de saturación. Este consumo será de:

$$I_C = \frac{5 - 0.2}{10 \times 10^3} = 4.8 \times 10^{-3} \text{ mA}$$

La corriente es suficiente para manejar sin ningún problema las compuertas NAND que forman el *flip-flop*.

Cabe señalar que este optoacoplado no es estrictamente necesario, sin embargo se consideró, debido a que no teníamos certeza si el interruptor sería sólo para el tablero o manejaría simultáneamente a algún sistema externo.

El circuito de encendido del vehículo eléctrico necesita un circuito monoestable, ya que al momento de apagar al sistema se requiere de un tiempo para ejecutar la subrutina de apagado del microcontrolador. En la figura A.5. se presenta dicho circuito monoestable, el CI empleado es el LM555HC de National, éste es un circuito temporizador de propósito general, su funcionamiento se explica de la siguiente manera:

---

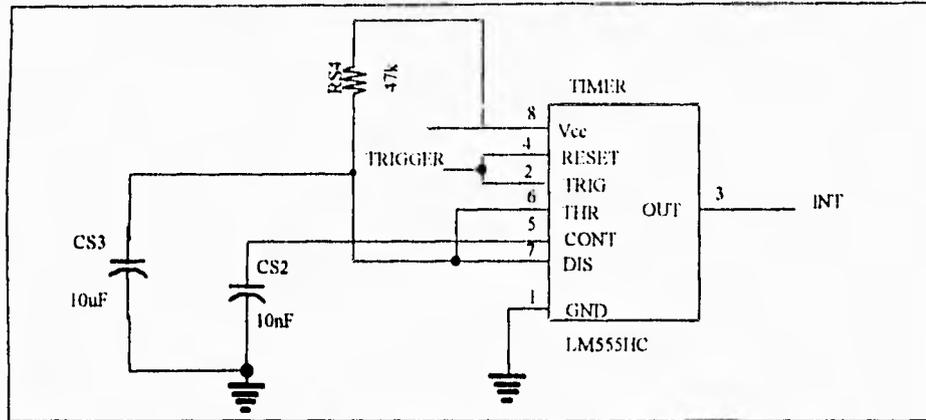


Fig. A.5. Circuito monoestable

Cuando la señal de entrada TRIGGER se hace negativa, se dispara el monoestable en la salida INT, generando un estado lógico alto de interrupción hacia el microcontrolador. El tiempo de duración del estado alto está definido por la expresión A.10.

$$T_{ALTO} = 1.1 R_{S4} C_{S3} \quad (A.10.)$$

Se requiere de un tiempo de aproximadamente medio segundo por lo cual se propone utilizar los siguientes valores:

$$R_{S4} = 47k\Omega \text{ y } C_{S3} = 10\mu F$$

por lo que se tendrá un tiempo adicional encendido al sistema:

$$T_{ALTO} = (1.1) (47 \times 10^3) (10 \times 10^{-6}) = 0.517 \text{ seg}$$

Este tiempo es suficiente para que el microcontrolador realice las operaciones de grabado de datos y protocolo de apagado del motor eléctrico, que son indispensables para que el sistema realice un apagado correcto.

#### Diseño de las interfaces de entrada y salida entre el microcontrolador y el inversor

La figura A.6. muestra el circuito empleado para las señales que van del microcontrolador al inversor.

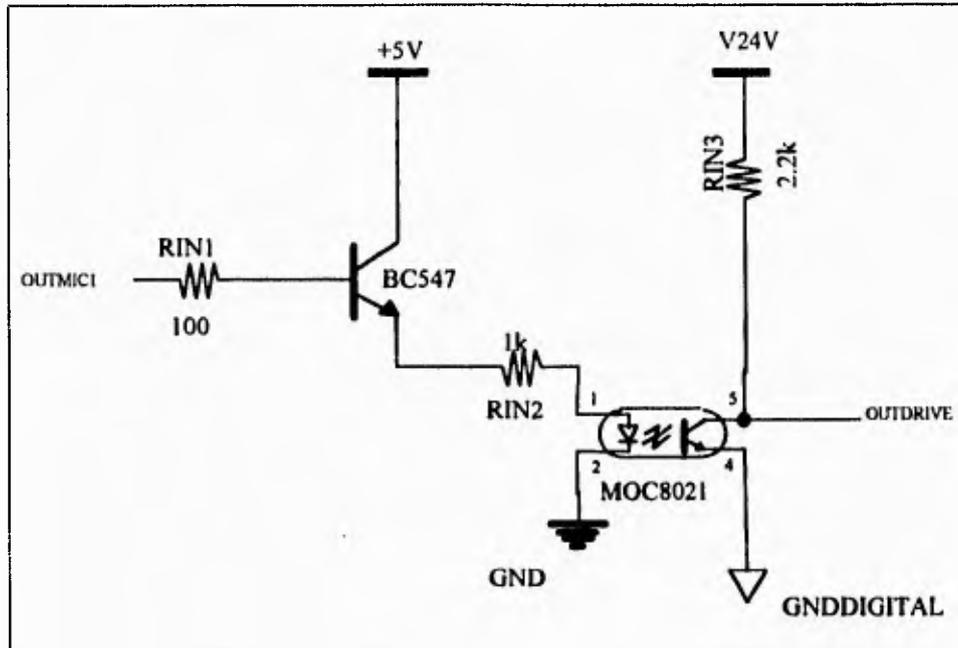


Fig. A.6. Circuito de salida.

Para obtener una saturación dura del transistor, la corriente de base es aproximadamente 10 veces menor que la corriente de colector de saturación.<sup>1</sup>, por lo cual se propuso resistencias de los siguientes valores:

RIN1 de 100 ohms y RIN2=1,000 ohms.

En la figura A.7. se pueden apreciar el circuito propuesto para las señales que van del inversor al microcontrolador.

<sup>1</sup> Malvino A. Peincipios de Electrónica 3ª ed.

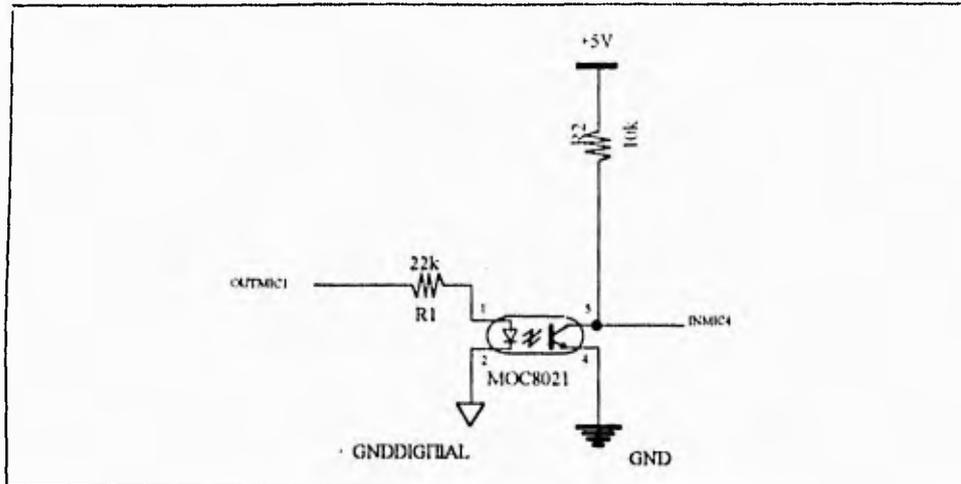


Fig. A.7. Circuito de entrada

Para cuando se tiene un nivel de +24 V en INDRIVE1, sólo se requiere que circule por la malla 1 mA, para encender el *led*. Por lo tanto, R1 se calcula como se indica en la ecuación A.11.

$$24 - (R1)(I) - V_{led} = 0 \tag{A.11.}$$

Sustituyendo valores en la ecuación. A.11. tenemos:

$$\therefore R1 = \frac{24 - 1.5}{1 \text{ mA}} = 22,500 \Omega$$

Para la malla de salida tenemos la ecuación A.12.

$$5V - 0.7V - R_2 \cdot I = 0 \tag{A.12.}$$

Si proponemos resistencia R<sub>2</sub>=10 kΩ , para limitar la corriente en el transistor de salida del optacoplador se obtiene:

$$I = \frac{5V - 0.7V}{10k\Omega} = 0.43 \text{ mA}$$

**Relación de velocidad contra frecuencia**

Para determinar la velocidad del VE se colocó a la salida de la caja reductora del minibús un sensor óptico, el cual recibe la luz reflejada a través de 6 partes reflejantes distribuidos equitativamente sobre dicha salida, esto se muestra en la fotografía de la fig. IV.4. La relación del diferencial y la rueda del minibús es de 5.13:1 y la relación del rotor eléctrico contra el diferencial es 3.72:1, el diámetro de las llantas en el minibús es de 81 cm, así entonces, el perímetro de la rueda se obtiene, como se muestra en la ecuación A.13.

$$P = \frac{\pi * D}{2} = \frac{\pi * 0.81 m}{2} = 1.272 m \quad (A.13.)$$

Además sabemos que a 7500 rpm se tiene una velocidad del minibús de 60 km/h, por lo que la frecuencia de trabajo será de:

$$f = \frac{7500 \text{ rpm}}{60 \text{ seg}} = 125 \text{ Hz}$$

Ahora recordando que la relación de giro del motor eléctrico contra el diferencial es de 3.72:1, tenemos que a esa velocidad el diferencial gira con una frecuencia de:

$$fd = \frac{125 \text{ Hz}}{3.72} = 33.6 \text{ Hz}$$

Como se colocaron 6 partes reflejantes se tiene una frecuencia de 33.6 Hz. x 6 = 201.6 Hz. para una velocidad de 60 km/h, y una cuenta (Pu) de:

$$Pu = 201.6 \text{ Hz} * 3600 \text{ seg} = 725760 \text{ pulsos}$$

Esto es, si vamos a una velocidad de 60 km/h en una hora tendremos 725760 pulsos, por lo cual se sabe que un kilómetro recorrido dará una cuenta de 12096 pulsos, esto se emplea para el conteo del odómetro, ya que se cuentan directamente los pulsos con el reloj 2 del microcontrolador.

Con los valores mencionados anteriormente se realizaron los cálculos para el convertidor de frecuencia a voltaje. El voltaje de salida de este convertidor está dado por la ecuación A.14, que es la que el fabricante proporciona (ver apéndice D).

---

FALLA DE ORIGEN

$$V_o = V_z * R_1 * C_1 * f \tag{A.14}$$

para cuando se tenga una velocidad de 60 km/h, se tienen los siguientes valores:

Frecuencia 201.6 Hz.  
 Voltaje del convertidor a 60km/h 2.4 V.

de los datos del fabricante requerimos los siguientes:

Voltaje del zener 7.56 V.  
 $I_{z\min}$  140  $\mu$ A.

con lo cual de la ecuación A.15., que proporciona el fabricante, se obtiene el valor de  $R_1$

$$R_1 = \frac{V_{\max}}{I_{z\min}} = \frac{2.4V}{140 \mu A} = 17.14k\Omega \tag{A.15}$$

asi entonces despejando la ecuación A.14. se tiene lo siguiente:

$$C_1 = \frac{V_{\max}}{V_z * R_1 * f} = \frac{2.4V}{7.56V * 17.14k * 201.6Hz} = 91.9nF$$

$C_1 \approx 100nF$

para el  $C_2$  el fabricante recomienda el valor de 1  $\mu$ F.

A la salida del convertidor de frecuencia a voltaje se implementó un filtro de 2° orden que el fabricante recomienda y proporciona la ecuación A.16

$$f_{\text{roll}} = \frac{1}{2 * \pi * R * C} \tag{A.16}$$

proponiendo para un valor del  $C_1 = 1 \mu$ F la resistencia será de 120 kohms.

En la figura A.8 se muestra el circuito de acondicionamiento de frecuencia a voltaje.

---

FALLA DE ORIGEN

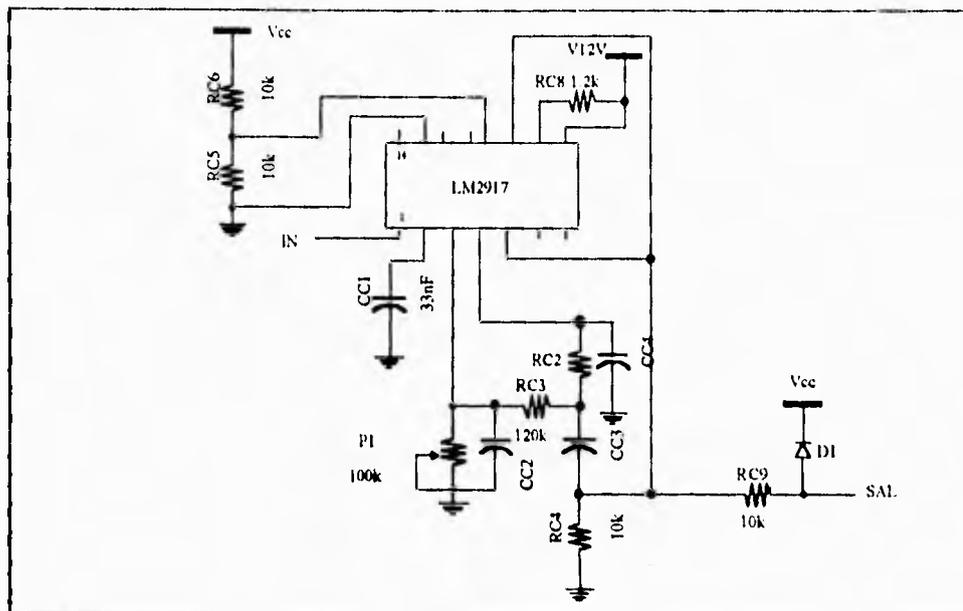


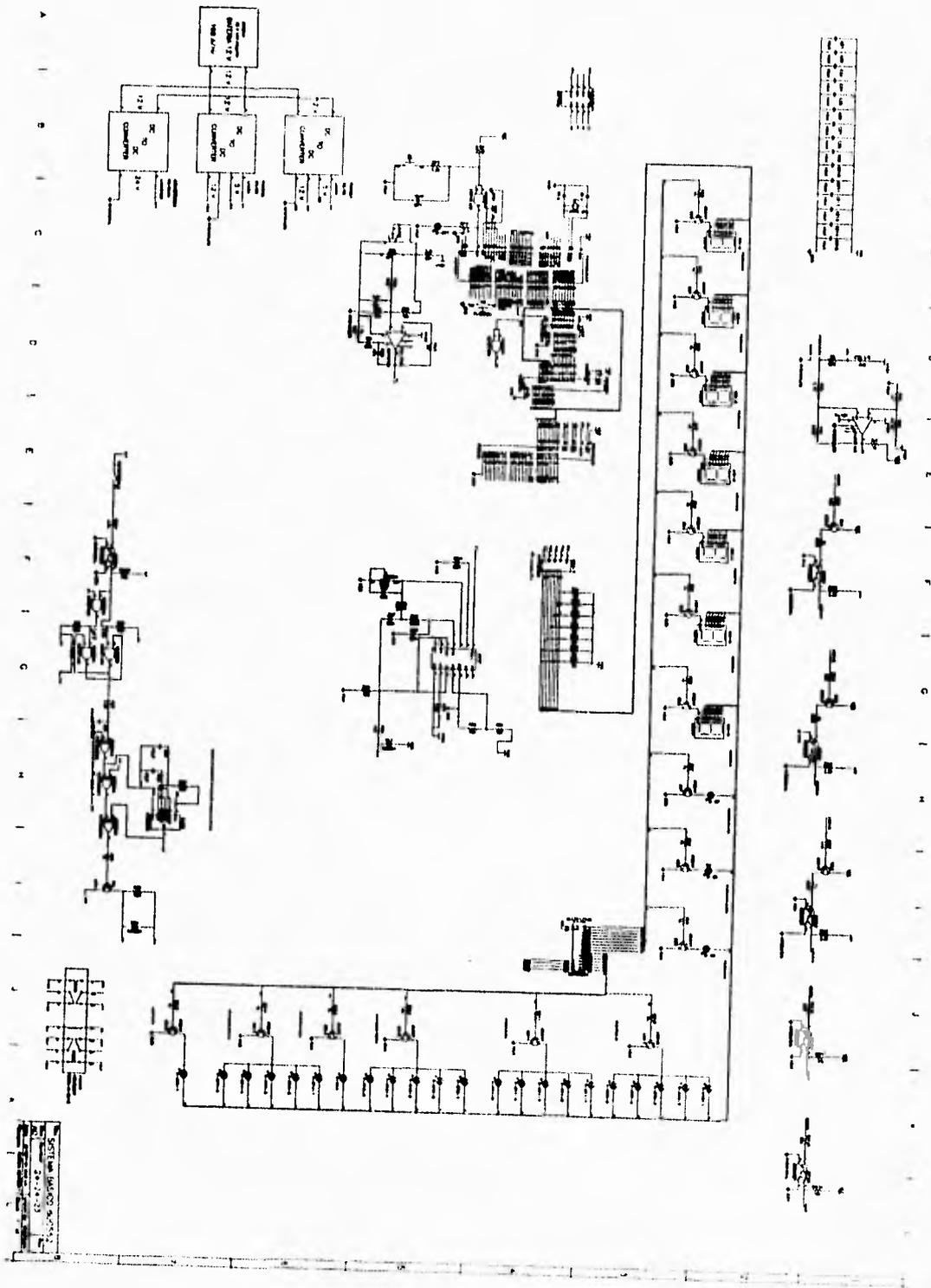
Fig. A.8. Circuito de conversión de frecuencia a voltaje

---

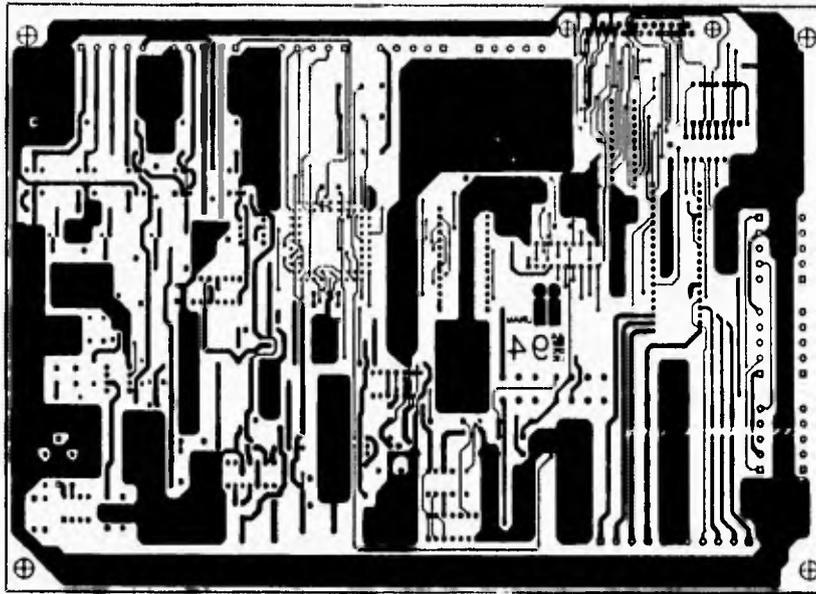
## **APENDICE B HOJAS DE ESPECIFICACIONES**

- **DIAGRAMAS ELECTRONICOS DEL TABLERO DIGITAL**
- **DIAGRAMAS DE LOS CIRCUITOS IMPRESOS**

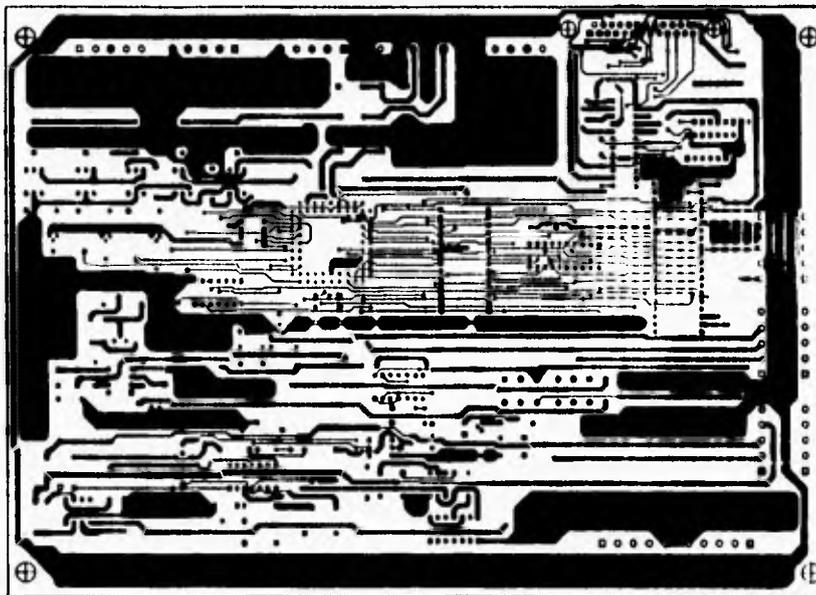
---



FALLA DE ORIGEN



*Fig. B.1. Circuito impreso de la tarjeta de control vista inferior*



*Fig. B.2. Circuito impreso de la tarjeta de control vista superior*



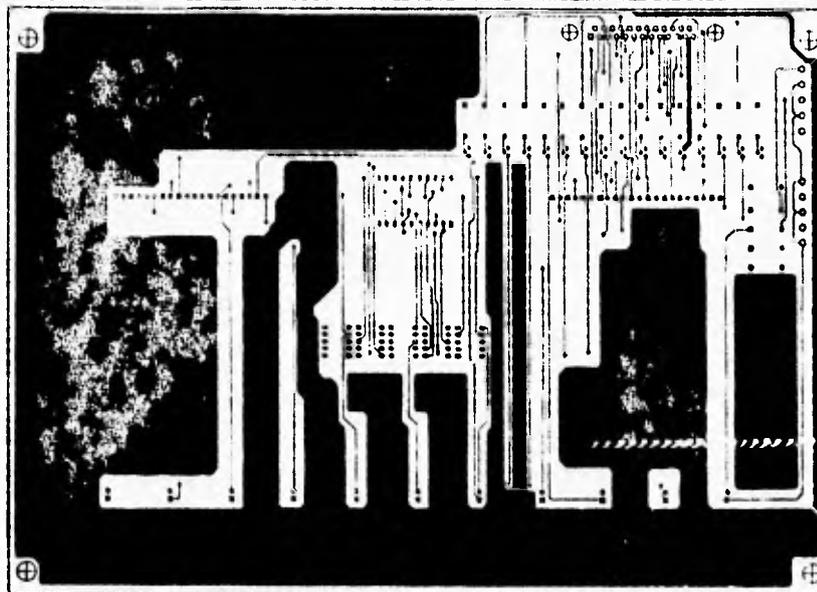


Fig. B.5. Circuito impreso de la tarjeta de desplegado vista superior

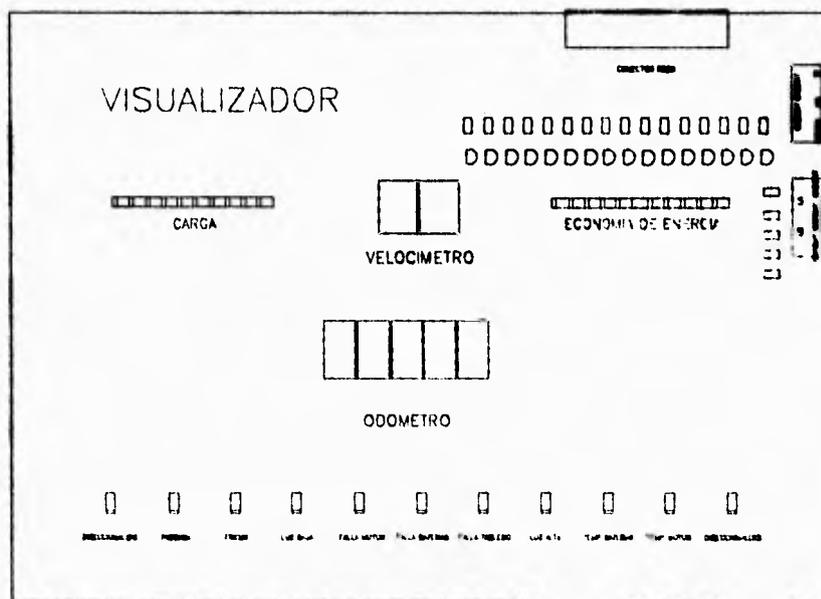


Fig. B.6. Mascarilla de componentes de la tarjeta de desplegado

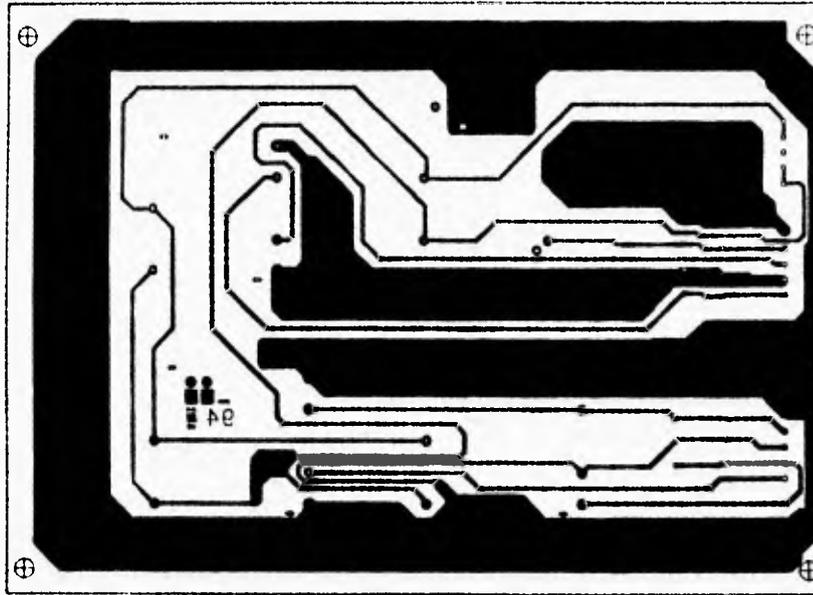


Fig. B.7. Circuito impreso de la tarjeta de alimentación

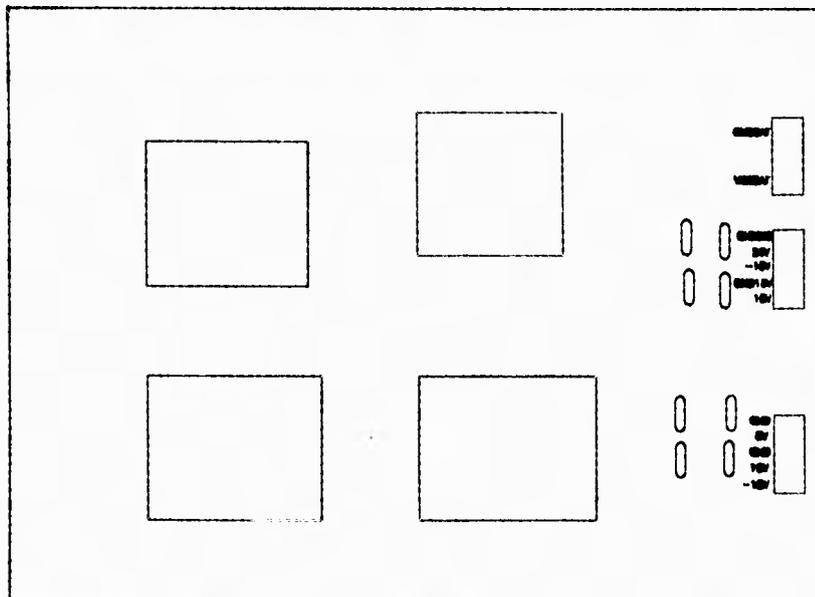


Fig. B.8. Mascarilla de componentes de la tarjeta de alimentación

---

## APENDICE C LISTADO DEL PROGRAMA

- PROGRAMA PRINCIPAL
  - SUBROUTINA C
  - SUBROUTINA 1
  - SUBROUTINA 2
  - SUBROUTINA 3
  - SUBROUTINA 4
  - SUBROUTINA 5
  - SUBROUTINA 6
  - SUBROUTINA DE AUTOPRUEBA
  - SUBROUTINA FINAL
-

```

.....
.....
.....
      INSTITUTO DE INGENIERIA
      SECCION DE INSTRUMENTACION
      PROGRAMA DEL TABLERO DIGITAL
      ENSAMBLADOR PARA EL MICROCONTROLADOR
      80C552
      TABLORIG.ASM VERSION 1.0
      OCTUBRE 1994
      DISEÑADO POR:
      JOSE LUIS AGUIRRE LOPEZ
      OMAR GARCES ALVAREZ
      OSCAR TOKUNAGA CASTAÑEDA
.....
.....

```

```

TADC0 : EQU 53H ; REG. DE APOYO
TADC1 : EQU 54H ; REG. DE APOYO
TADC2 : EQU 55H ; REG. DE APOYO
TADC3 : EQU 56H ; REG. DE APOYO
TADC4 : EQU 57H ; REG. DE APOYO
TADC5 : EQU 58H ; REG. DE APOYO CONV. DE VEL3
TADC6 : EQU 59H ; REG. DE APOYO CONV. DE VEL2
TADC7 : EQU 5AH ; REG. DE APOYO CONV. DE VEL1
ADC0 : EQU 5BH ; REG DE ALMACENAMIENTO A/D C. 0
ADC1 : EQU 5CH ; REG. DE ALMACENAMIENTO A/D C. 1
ADC2 : EQU 5DH ; REG. DE ALMACENAMIENTO A/D C. 2
ADC3 : EQU 5EH ; REG. DE ALMACENAMIENTO A/D C. 3
ADCTAN : EQU 5FH ; REG. DE ALMACENAMIENTO A/D C. 4
ADCVEL : EQU 60H ; REG. DE ALMACENAMIENTO A/D C. 5
ADCTEM : EQU 61H ; REG. DE ALMACENAMIENTO A/D C. 6
ADCPRE : EQU 62H ; REG. DE ALMACENAMIENTO A/D C. 7
A3 : EQU 63H ; REG. DE APOYO
A2 : EQU 64H ; REG. DE APOYO
A1 : EQU 65H ; REG. DE APOYO
ADCVAN : EQU 66H ; REG. DE ALMACENAMIENTO VEL2
TAD4 : EQU 67H ; REG. DE APOYO DE HIBLO
C1 : EQU 68H ; DISPLAY 1 DEL ODOMETRO DE VIAJE
C2 : EQU 69H ; DISPLAY 2 DEL ODOMETRO DE VIAJE
C3 : EQU 6AH ; DISPLAY 3 DEL ODOMETRO DE VIAJE
C4 : EQU 6BH ; DISPLAY 4 DEL ODOMETRO DE VIAJE
C5 : EQU 6CH ; DISPLAY 5 DEL ODOMETRO DE VIAJE
C6 : EQU 6DH ; REGISTRO DE RECARGA
C7 : EQU 6EH ; APUNTADOR DE DECISION
C8 : EQU 6FH ; APUNTADOR DE DECISION
VEL1 : EQU 70H ; DISPLAY 1 DE VEL
VEL2 : EQU 71H ; DISPLAY 2 DE VEL
ODO5 : EQU 72H ; DISPLAY 1 DE ODOMETRO
ODO4 : EQU 73H ; DISPLAY 2 DE ODOMETRO
ODO3 : EQU 74H ; DISPLAY 3 DE ODOMETRO
ODO2 : EQU 75H ; DISPLAY 4 DE ODOMETRO
ODO1 : EQU 76H ; DISPLAY 5 DE ODOMETRO
TEM1 : EQU 77H ; TEMPERATURA DEL MOTOR INVERSOR
TEM2 : EQU 78H ; TEMPERATURA DE LAS BATERIAS
PRES : EQU 79H ; LED PRESION ALTA
LED5A : EQU 7AH ; REG. ALTO DEL GASOMETRO
LED5B : EQU 7BH ; REG. BAJO DEL GASOMETRO
A12 : EQU 7CH ; REG. BAJO DEL AHORRO DE ENERGIA
A13 : EQU 7DH ; REG. CENTRO DEL AHORRO DE ENERGIA
A14 : EQU 7EH ; REG. ALTO DEL AHORRO DE ENERGIA
A15 : EQU 7FH ; LED AUTOPRUEBA
ADCON : EQU 0C5H ; CONTROL DE CONVERSION A/D
IEN0 : EQU 0A8H ; INTERRUPCION 0
P4 : EQU 0C0H ; DEL PUERTO 4

```

```

TM2CON : EQU 0EAH ; CONTROL DEL T2
TM2IR : EQU 0C8H ; TIMER 2
IEN1 : EQU 0E8H ; INTERRUPCION 1
IP1 : EQU 0F8H ; PRIORIDAD DE INTERRUPCION 0
CMI0 : EQU 0A9H ; COMPARACION DEL T2 BAJO
CMI1 : EQU 0C9H ; " " " ALTO
S0CON : EQU 098H ; PUERTO SERIE
IP0 : EQU 0B8H ; PRIORIDAD DE INTERRUPCION
A : EQU 0E0H ; ACUMULADOR

```

```

.....
.....
      INICIO
.....
.....

```

```

ORG 00H
AJMP AUT
ORG 80H
AUT: MOV DPTR,#2003H; DIRECC. PALABRA
      MOV A,#80H; DE CONTROL DEL PPI
      MOVX @DPTR,A
      MOV A,#01H; HABILITA AL PPI COMO SALIDA
      MOV DPTR,#2002H
      MOVX @DPTR,A
      ACALL AUTO; LLAMA SUB. DE AUTOPRUEBA

```

```

.....
.....
      CONDICIONES INICIALES
.....
.....

```

```

PRINCI: MOV A1,#00H; SE ALMACENAN EN
          MOV A2,#00H; RAM LOS VALORES INICIALES
          MOV A3,#00H
          MOV C8,#00H
          MOV C7,#00H
          MOV C6,#00H
          MOV TADC3,#00H
          MOV TAD4,#01H
          MOV TADC5,#00H
          MOV TADC6,#00H
          MOV TADC7,#00H
          MOV VEL1,#0F0H
          MOV VEL2,#0F0H
          MOV R6,#00H ; DIREC. DE LEC. DE EEPROM
          MOV R0,#72H ; DIREC. ODOMETRO NORMAL
          ACALL LEEPROM; LLAMA SUB. LEC. EEPROM
          MOV R6,#10H ; DIREC. LEC. EEPROM
          MOV R0,#68H ; DIREC. ODOMETRO DE VIAJE
          ACALL LEEPROM; LLAMA SUB. LEC. EEPROM
          MOV R0,#68H ; DIREC. EEPROM DE LOS COMP.
          MOV CMI0,@R0 ;GUARDA EL CONTENIDO
          INC R0 ;BAJO DE CONTADOR T2
          MOV CMI1,@R0 ;GUARDA EL CONTENIDO
          MOV C1,#0FFH ;ALTO DE CONTADOR T2
          MOV C2,#0FFH
          MOV CMI0,#2FH ;RECARGA LOS VALORES
          MOV CMI0,#40H ;DE COMPARACION
          MOV IEN1,#10H ;INT. DEL T2 PARA EL COM 0
          MOV TM2IR,#00H ;INT. DEL COMPARADOR 0
          MOV IP1,#010H ;PRIORIDAD A INT. DE COMP
          MOV TM2CON,#03H ;HABILITA PIN P1.4 FTE. T2
          ACALL SUBC; LLAMA SUB. ENCENDIDO MOTOR

```

```

.....
***** PROGRAMA PRINCIPAL *****
.....
INICIO CLR P1.0
ACALL SUB1 ;LLAMA SUB. DE MUESTREO
ACALL SUB2 ;LLAMA SUB. DE CONV. DE VEL.
ACALL SUB3 ;LLAMA SUB. DE VERIFI. DEL INV.
ACALL SUB5 ;LLAMA SUB. DEL GASOMETRO
ACALL SUB6 ;LLAMA SUB. AHORRO ENERGIA
ACALL SUB7 ;LLAMA SUB. DE DESPLEGADO
JNB P1.7,INICIO ;EN P1.7 SE CONECTA EL ENC.
ACALL SUBF ;LLAMA SUB. FINAL

```

```

.....
***** SUBROUTINA C *****
.....
SUBC: ACALL ESPERA1 ;SUB. ENC. DEL MOTOR
CLR P3.1 ;SEÑAL AS
S21: MOV TADC2,#021H
ACALL FALLA
ACALL SUB7 ;LLAMA SUB. DE DESPLIEGUE
ENCI: JB P3.4,S21 ;SEÑAL READY, SI NO VA UN LOOP
CLR P3.2 ;SEÑAL RF
ACALL ESPERA1 ;LLAMA SUB. DE TIEMPO
MOV TADC2,#001H
ACALL FALLA
CLR P3.3 ;SEÑAL RUN
RET

```

```

.....
***** SUBROUTINA 1 *****
.....
SUB1: MOV IEN0,#0C01H
MOV R2,#031H ;RUTINA DE MUESTREO
MOV R0,#05EH ;APUNTA LA DIREC. ALMACE.
REGR: CLR F0
MOV ADCON,R2
ORI ADCON,#081H ;ACTIVA CONV. DEL CANAL.
JNB F0,WORK ;ESPERA FIN DE LA CONV.
WORK: ACALL ESPERA ;LLAMA SUB. DE TIEMPO
MOV @R0,ADCH ;GUARDA EN REG. CORRES.
INC R2
INC R0
MOV ADCON,#001H ;DESACTIVA EL CONV.
CJNE R2,#081H,REGR
RET

```

```

.....
***** SUBROUTINA 2 *****
.....
SUB2: MOV A,TADC7 ;SUB. CONV. DE VELOCIDAD
CLR C
ADDA,ADCVEL ;SUMA REG. APOYO Y DE VEL.
JNC NOC
INC TADC6
NOC: MOV TADC7,A
INC TADC5
MOV R0,TADC5
CJNE R0,#0F15V ;SUMA 16 VECES LA VEL.
DIVH: MOV A,TADC6 ;DIVISION DE LOS REG. SUMA/16
SWAP A ;PARA OBTENER EL PROMEDIO
MOV TADC6,A

```

```

MOV A,TADC7
ANL A,#0F0H
SWAP A
ORI A,TADC6
MOV B,#0FH
DIV AB
SWAP A
MOV TADC6,A
MOV A,TADC7
ANL A,#0FH
MOV TADC7,A
MOV AB
SWAP A
ORI A,TADC7
MOV B,#0FH
DIV AB
ORI A,TADC6
MOV TADC7,#001H
MOV TADC6,#001H
MOV TADC5,#001H
MOV B,#021H
DIV AB ;AJUSTA EL VALOR LEIDO A VEL.
MOV B,#0AH
DIV AB ;CONVERSION DEL VALOR A DECIMAL
SWAP A
MOV VELL,A ;ALMACENA VEL. A. EN REG.
MOV AB
SWAP A ;ALMACENA VEL. B. EN REG.
MOV VEL2,A
SV: RET

```

```

.....
***** SUBROUTINA 3 *****
.....
SUB3: JB P3.5,SAL3 ;SUB. DE VERIFI. DEL INV.
MOV TEM1,#080H ;VERIFICA EN EL PIN P3.5
AJMP S32 ;SI ES "0" ENC. ALARMA DE TEM
SAL3: MOV TEM1,#0F0H ;SI ES "1" APAGA LA ALARMA
S32: JNB P3.4,S31 ;VERIFICA SI HAY SEÑAL READY
MOV TADC2,#021H
ACALL FALLA
CLR P3.1 ;SI NO HAY COMBENZA PROTOCOLO
ACALL ESPERA
CLR P3.2 ;P3.1, AS, P3.2 RF
ACALL ESPERA
CLR P3.3 ;RUN
MOV VELL,#0F0H ;APAGA EL LED DE VELB
MOV VEL2,#0F0H ;APAGA EL LED DE VELA
ACALL SUB7
ACALL ESPERA
ACALL ESPERA
JNB P1.7,SUB3 ;P1.7 SE CONECTA EL ENC.
ACALL SUBF ;EN LOOP HASTA EXISTIR READY
S31: MOV TADC2,#001H
ACALL FALLA
RET

```

```

.....
***** SUBROUTINA 4 *****
.....
SUB5: MOV R3,ADCTAN ;RUTINA DE GASOMETRO
MOV A,R3 ;ALMACENA EN EL REG. DE GAS.
MOV R2,#001H
REPET: ADDA,#1BH ;SUMA 10** DEL VALOR MAXIMO

```

```

JC X1      ; SI HAY CARRY CONTINUA
INC R2    ; SI NO INCREMENTA EL APUNTAOR
AJMP REPEAT ; REGRESA A SUMAR
X1: CJNE R2,#001H,X2 ;COMP. APUNTAOR DEL 10%
MOV LED5A,#080H
MOV LED5B,#080H
AJMP EX5
X2: CJNE R2,#01H,X3 ;COMP. APUNTAOR DEL 20%
MOV LED5A,#080H
MOV LED5B,#050H
AJMP EX5
X3: CJNE R2,#02H,X4 ;COMP. APUNTAOR DEL 30%
MOV LED5A,#080H
MOV LED5B,#030H
AJMP EX5
X4: CJNE R2,#03H,X5 ;COMP. APUNTAOR DEL 40%
MOV LED5A,#080H
MOV LED5B,#070H
AJMP EX5
X5: CJNE R2,#04H,X6 ;COMP. APUNTAOR DEL 50%
MOV LED5A,#080H
MOV LED5B,#010H
AJMP EX5
X6: CJNE R2,#05H,X7 ;COMP. APUNTAOR DEL 60%
MOV LED5A,#080H
MOV LED5B,#0F0H
AJMP EX5
X7: CJNE R2,#06H,X8 ;COMP. APUNTAOR DEL 70%
MOV LED5A,#050H
MOV LED5B,#0F0H
AJMP EX5
X8: CJNE R2,#07H,X9 ;COMP. APUNTAOR DEL 80%
MOV LED5A,#030H
MOV LED5B,#0F0H
AJMP EX5
X9: CJNE R2,#08H,X10 ;COMP. APUNTAOR DEL 90%
MOV LED5A,#070H
MOV LED5B,#0F0H
AJMP EX5
X10: CJNE R2,#09H,EX6 ;COMP. APUNTAOR 100%
MOV LED5A,#010H
MOV LED5B,#0F0H
EX5: RET

;***** SUBROUTINA 5 *****
SUBR6: MOV R3,ADC3 ;SUH. AHORRO DE ENERGIA
MOV A,R3 ;ALMACENA VALOR REG. AHORRO
MOV R2,#00H ; INICIALIZA UN APUNTAOR
ADD A,#17H ;SUMA UN 9% DEL VALOR MAXIMO
JC Y1 ; SI HAY CARRY CONTINUA
INC R2 ; INCREMENTA EL APUNTAOR
AJMP REP ;QUEDA EN LOOP HASTA EXISTIR C
Y1: CJNE R2,#001H,Y2 ;COMP. APUNTAOR DEL 9%
MOV A12,#080H
MOV A13,#0F0H
MOV A14,#0F0H
AJMP EX6
Y2: CJNE R2,#01H,Y3 ;COMP. APUNTAOR DEL 18%
MOV A12,#050H
MOV A13,#0F0H
MOV A14,#0F0H
AJMP EX6
Y3: CJNE R2,#02H,Y4 ;COMP. APUNTAOR DEL 27%
MOV A12,#030H
MOV A13,#0F0H
MOV A14,#0F0H
AJMP EX6
Y4: CJNE R2,#03H,Y5 ;COMP. APUNTAOR DEL 36%
MOV A12,#070H
MOV A13,#0F0H
MOV A14,#0F0H
AJMP EX6
Y5: CJNE R2,#04H,Y6 ;COMP. APUNTAOR DEL 45%
MOV A12,#010H
MOV A13,#0F0H
MOV A14,#0F0H
AJMP EX6
Y6: CJNE R2,#05H,Y7 ;COMP. APUNTAOR DEL 54%
MOV A12,#0F0H
MOV A13,#080H
MOV A14,#0F0H
AJMP EX6
Y7: CJNE R2,#06H,Y8 ;COMP. APUNTAOR DEL 63%
MOV A12,#0F0H
MOV A13,#0F0H
MOV A14,#010H
AJMP EX6
Y8: CJNE R2,#07H,Y9 ;COMP. APUNTAOR DEL 72%
MOV A12,#0F0H
MOV A13,#0F0H
MOV A14,#070H
AJMP EX6
Y9: CJNE R2,#08H,Y10 ;COMP. APUNTAOR DEL 81%
MOV A12,#0F0H
MOV A13,#0F0H
MOV A14,#030H
AJMP EX6
Y10: CJNE R2,#09H,Y11 ;COMP. APUNTAOR DEL 90%
MOV A12,#0F0H
MOV A13,#0F0H
MOV A14,#050H
AJMP EX6
Y11: CJNE R2,#0AH,EX6
MOV A12,#0F0H
MOV A13,#0F0H
MOV A14,#080H
EX6: RET

;***** SUBROUTINA 6 *****
SUBR7: MOV C7,#00H ;SUBROUTINA DE DESPLEGADO
MOV DPTR,#2002H ;DIREC. PUERTO C DEL PPI
MOV A,#02H ;HABILITACION DEL DISPLAY
MOVX @DPTR,A
MOV R7,C8
CJNE R7,#00H,PARA2 ;VERIFICA A. ODOMETRO
JNB P3.0,DOS ; SI APRETO BOTON SALTA DOS
AJMP PARA1 ; SI NO SALTA A PARA1
INC C7 ;LIMPIA APUNTAOR SI QUEDA 5 SEG.
MOV R6,C7 ;SALTA Y SIGUE DESPLEGANDO
MOV C8,#00H
ACALL PARA3
ACALL ESPERA
ACALL ESPERA
CJNE R6,#0AHL,PA
ACALL CLEAR
AJMP PARA
PA: JNB P3.0,UNO

```

```

DOS:  AJMP FIN
      INC C7 ;LIMPIA APUNTAADOR SI QUEDA 5 SEG.
      MOV R6,C7 ;SALTA Y SIGUE DESPLEGANDO
      ACALL PARA1 ; APUNTA HACIA BAJO BRILLO
      ACALL ESPERA
      ACALL ESPERA
      CJNE R6,#0AFH,PA2
      MOV C7,#00H
      MOV A,TAD4
      CJNE A,#00H,NV10
      MOV TAD4,#01H
      AJMP PROT
NV10:  MOV TAD4,#00H
      AJMP PROT
PA2:   JNB P3.0,DOS
      MOV C8,#01H
      AJMP FIN
PARA1: MOV R0,#70H ;RUTINA DESPLIEGUE NORMAL
      MOV R1,#00H
      MOV DPTR,#2002H ;DIREC. PUERTO C DEL PPI
      MOV A,#02H ;HABILITACION DEL DISPLAY
      MOVX @DPTR,A
      MOV DPTR,#2000H ;DIREC. PUERTO A DEL PPI
BACK:  MOV A,R1
      ANL A,#0FH
      MOV R3,A
      MOV A,@R0
      ANL A,#0F0H
      ORL A,R3
      MOVX @DPTR,A
      MOV A,TAD4
      CJNE A,#00H,NV1 ;COMP. Y SABE CUANTO T.
      ACALL ESPERA2 ;LLAMA SUB. DE TIEMPO
      AJMP NV2
NV1:   ACALL ESPERA; LLAMA SUB. DE TIEMPO
NV2:   INC R1
      INC R0
      CJNE R0,#000H,BACK
      AJMP FIN ;SALTA A FIN DE LA SUBRUTINA
PARA2: MOV C8,#01H ;DESPLIEGUE DE VIAJE
      JNB P3.0,UNO
PARA3: MOV R0,#70H
      MOV DPTR,#2002H ;DIREC. PUERTO C DEL PPI
      MOV A,#02H ;HABILITACION DEL DISPLAY
      MOVX @DPTR,A
      MOV DPTR,#2000H ;DIREC. PUERTO A DEL PPI
      MOV R0,#070H
      MOV R1,#00H
BACK1: MOV A,R1
      ANL A,#0FH
      MOV R3,A
      MOV A,@R0
      ANL A,#0F0H
      ORL A,R3
      MOVX @DPTR,A
      MOV A,TAD4
      CJNE A,#00H,NV3 ;COMP. Y SABE CUANTO T.
      ACALL ESPERA2
      AJMP NV4
NV3:   ACALL ESPERA
NV4:   INC R1
      INC R0
      CJNE R0,#072H,BACK1
      MOV R0,#068H
BACK2: MOV A,R1
      ANL A,#0FH
      MOV R3,A
      MOV A,@R0
      ANL A,#0F0H
      ORL A,R3
      MOVX @DPTR,A
      MOV A,TAD4
      CJNE A,#00H,NV5 ;COMP. Y SABE CUANTO T.
      ACALL ESPERA2
      AJMP NV6
NV5:   ACALL ESPERA
NV6:   INC R1
      INC R0
      CJNE R0,#06DH,BACK2
      MOV R0,#077H
BACK3: MOV A,R1
      ANL A,#0FH
      MOV R3,A
      MOV A,@R0
      ANL A,#0F0H
      ORL A,R3
      MOVX @DPTR,A
      MOV A,TAD4
      CJNE A,#00H,NV7
      ACALL ESPERA2
      AJMP NV8
NV7:   ACALL ESPERA
NV8:   INC R1
      INC R0
      CJNE R0,#00H,BACK3
FIN:   MOV A,#01H ;FIN DE LA SUBRUTINA
      MOV DPTR,#2002H ;DIREC. PUERTO C DEL PPI
      MOVX @DPTR,A ;MANDA PALABRA PARA
      RET ;DESACTIVAR EL DISPLAY
PARA:  MOV C8,#01H ;RUTINA PROTECCION PARA EL
      ACALL PARA3 ;DESPLIEGADO DE VIAJE
      ACALL ESPERA
      ACALL ESPERA
      JNB P3.0,PARA ;QUEDA EN UN LOOP HASTA
      AJMP FIN ;DESPLIEGADO DE VIAJE
PROT:  MOV C8,#00H ;RUTINA PROTECCION PARA EL
      ACALL PARA1 ;DESPLIEGADO NORMAL
      ACALL ESPERA
      JNB P3.0,PROT ;QUEDA EN UN LOOP HASTA
      AJMP FIN ;DEJAR DE OPRIMIR EL BOTON
CLEAR: MOV C5,#00H ;RUTINA LIMPIA ODO. DE VIAJE
      MOV C4,#00H
      MOV C3,#00H
      MOV C2,#0FFH
      MOV C1,#0FFH
      MOV C8,#01H
      RET
.....
..... RETARDOS .....
.....
ESPR:  MOV R3,#02H ;RETARDO 0
ESP1:  MOV R4,#70H
ESP2:  DJNZ R4,ESP2
      DJNZ R3,ESP1
      RET
ESPR1: MOV R3,#0FFH ;RETARDO 1
ESP21: MOV R4,#0FFH
ESP22: DJNZ R4,ESP22
      DNZ R3,ESP21
      RET

```

```

ESPRA2: MOV R3,#011H ; RETARDO 2
ESP31:  MOV R4,#031H
ESP32:  DJNZ R4,ESP32
        DJNZ R3,ESP31
        RET
    
```

```

;..... INCREMENTO DEL ODOMETRO .....
;.....
    
```

```

ATN:   PUSH A
        PUSH R1
        PUSH R0
        MOV TM2CON,#201H
        CLR P1.6
        NOP
        NOP
        NOP
        SETB P1.6
        MOV TM2CON,#031H
        MOV R0,#06H
        CLR AC
        MOV A,ODO1
        SWAP A
        INC A
        MOV R1,A
        ADD A,R0
        JBC AC,DEC1
        MOV A,R1
        SWAP A
        MOV ODO1,A
        AJMP SALIDA
DEC1:  MOV ODO1,#001H
        MOV A,ODO2
        SWAP A
        INC A
        MOV R1,A
        ADD A,R0
        JBC AC,CEN1
        MOV A,R1
        SWAP A
        MOV ODO2,A
        AJMP SALIDA
CEN1:  MOV ODO2,#001H
        MOV A,ODO3
        SWAP A
        INC A
        MOV R1,A
        ADD A,R0
        JBC AC,MIL1
        MOV A,R1
        SWAP A
        MOV ODO3,A
        AJMP SALIDA
MIL1:  MOV ODO3,#001H
        MOV A,ODO4
        SWAP A
        INC A
        MOV R1,A
        ADD A,R0
        JBC AC,CMIL
        MOV A,R1
        SWAP A
        MOV ODO4,A
        AJMP SALIDA
CMIL:  MOV ODO4,#001H
    
```

```

        MOV A,ODO5
        SWAP A
        INC A
        MOV R1,A
        ADD A,R0
        JBC AC,CEROS
        MOV A,R1
        SWAP A
        MOV ODO5,A
        AJMP SALIDA
CEROS: MOV ODO5,#001H
SALIDA: MOV A,C5
        SWAP A
        INC A
        MOV R1,A
        ADD A,R0
        JBC AC,DEC2
        MOV A,R1
        SWAP A
        MOV C5,A
        AJMP SAL1
DEC2:  MOV C5,#00H
        MOV A,C4
        SWAP A
        INC A
        MOV R1,A
        ADD A,R0
        JBC AC,CEN2
        MOV A,R1
        SWAP A
        MOV C4,A
        AJMP SAL1
CEN2:  MOV C4,#00H
        MOV A,C3
        SWAP A
        INC A
        MOV R1,A
        ADD A,R0
        JBC AC,CER
        MOV A,R1
        SWAP A
        MOV C3,A
        AJMP SAL1
CER:   MOV C3,#00H
SAL1:  POP R0
        POP R1
        POP A
        RET
    
```

```

;.....
;..... SUBROUTINA DE ESCRITURA EN LA EEPROM .....
;.....
    
```

```

WROM:  PUSH R3 ;SUB. DE ESCRITURA EN LA EEPROM
        PUSH R2
        PUSH R1
        MOV A,#40H ;PALABRA WRITE DE LA EEPROM
        ORL A,R6 ;UNE WRITE Y LA DIREC. MANDADA
        MOV R5,#00H ; APUNTA DOR DEL CONTEO
        SETB P1.0 ; HABILITA EL CHIP SELECT
        MOV R7,#70H ; AJUSTE DE TIEMPO
        MOV R1,#030H ; ENVIA UN EWEN
        ACALL SEND ; LLAMA SUB. ENVIO DE DATOS
        CLR P1.0
        ACALL DELAY
        SETB P1.0
    
```

	<pre> JC N1      , SI HAY CARRY CONTINUA INC R2    , SI NO INCREMENTA EL APUNTAOOR AJMP REPEAT  , REGRESA A SUMAR N1: CJNE R2,#00H,N2 ,COMP. APUNTAOOR DEL 10** MOV LED5A,#080H MOV LED5B,#080H AJMP EX5 N2: CJNE R2,#01H,N3 ,COMP. APUNTAOOR DEL 20** MOV LED5A,#080H MOV LED5B,#050H AJMP EX5 N3: CJNE R2,#02H,N4 ,COMP. APUNTAOOR DEL 30** MOV LED5A,#080H MOV LED5B,#030H AJMP EX5 N4: CJNE R2,#03H,N5 ,COMP. APUNTAOOR DEL 40** MOV LED5A,#080H MOV LED5H,#070H AJMP EX5 N5: CJNE R2,#04H,N6 ,COMP. APUNTAOOR DEL 50** MOV LED5A,#080H MOV LED5B,#010H AJMP EX5 N6: CJNE R2,#05H,N7 ,COMP. APUNTAOOR DEL 60** MOV LED5A,#080H MOV LED5B,#0F0H AJMP EX5 N7: CJNE R2,#06H,N8 ,COMP. APUNTAOOR DEL 70** MOV LED5A,#050H MOV LED5B,#0F0H AJMP EX5 N8: CJNE R2,#07H,N9 ,COMP. APUNTAOOR DEL 80** MOV LED5A,#030H MOV LED5B,#0F0H AJMP EX5 N9: CJNE R2,#08H,N10 ,COMP. APUNTAOOR DEL 90** MOV LED5A,#070H MOV LED5B,#0F0H AJMP EX5 N10: CJNE R2,#09H,EX5 ,COMP. APUNTAOOR 100** MOV LED5A,#010H MOV LED5H,#0F0H EX5: RET                 </pre>	<pre> MOV A12,#030H MOV A13,#0F0H MOV A14,#0F0H AJMP EX6 Y4: CJNE R2,#03H,Y5 ,COMP. APUNTAOOR DEL 36** MOV A12,#070H MOV A13,#0F0H MOV A14,#0F0H AJMP EX6 Y5: CJNE R2,#04H,Y6 ,COMP. APUNTAOOR DEL 45** MOV A12,#010H MOV A13,#0F0H MOV A14,#0F0H AJMP EX6 Y6: CJNE R2,#05H,Y7 ,COMP. APUNTAOOR DEL 54** MOV A12,#0F0H MOV A13,#080H MOV A14,#0F0H AJMP EX6 Y7: CJNE R2,#06H,Y8 ,COMP. APUNTAOOR DEL 63** MOV A12,#0F0H MOV A13,#0F0H MOV A14,#010H AJMP EX6 Y8: CJNE R2,#07H,Y9 ,COMP. APUNTAOOR DEL 72** MOV A12,#0F0H MOV A13,#0F0H MOV A14,#070H AJMP EX6 Y9: CJNE R2,#08H,Y10 ,COMP. APUNTAOOR DEL 81** MOV A12,#0F0H MOV A13,#0F0H MOV A14,#030H AJMP EX6 Y10: CJNE R2,#09H,Y11 ,COMP. APUNTAOOR DEL 90** MOV A12,#0F0H MOV A13,#0F0H MOV A14,#050H CJNE R2,#0AH,EX6 MOV A12,#0F0H MOV A13,#0F0H MOV A14,#080H EX6: RET                 </pre>
	<pre> ..... ..... SUBROUTINA 5 ..... .....                 </pre>	<pre> ..... ..... SUBROUTINA 6 ..... .....                 </pre>
<pre> SUB6: MOV R3,ADC3 ,SUB. AHORRO DE ENERGIA MOV A,R3 ,ALMACENA VALOR REG. AHORRO MOV R2,#00H ,INICIALIZA UN APUNTAOOR REP: ADD A,#17H ,SUMA UN 9** DEL VALOR MAXIMO JC Y1 ,SI HAY CARRY CONTINUA INC R2 ,INCREMENTA EL APUNTAOOR AJMP REP ,QUEDA EN LOOP HASTA EXISTIR C Y1: CJNE R2,#00H,Y2 ,COMP. APUNTAOOR DEL 9** MOV A12,#080H MOV A13,#0F0H MOV A14,#0F0H AJMP EX6 Y2: CJNE R2,#01H,Y3 ,COMP. APUNTAOOR DEL 18** MOV A12,#050H MOV A13,#0F0H MOV A14,#0F0H AJMP EX6 Y3: CJNE R2,#02H,Y4 ,COMP. APUNTAOOR DEL 27**                 </pre>	<pre> SUB7: MOV C7,#00H ,SUBROUTINA DE DESPLEGADO MOV DPTR,#2002H ,DIREC. PUERTO C DEL PPI MOV A,#02H ,HABILITACION DEL DISPLAY MOVX @DPTR,A MOV R7,C8 CJNE R7,#00H,PARA2 ,VERIFICA A. ODOMETRO JNB P3.0,DOS ,SI APRETO BOTON SALTA DOS AJMP PARA1 ,SI NO SALTA A PARA1 UNO: INC C7 ,LIMPIA APUNTAOOR SI QUEDA 5 SEG. MOV R6,C7 ,SALTA Y SIGUE DESPLEGANDO MOV C8,#00H ACALL PARA3 ACALL ESPERA ACALL ESPERA CJNE R6,#0AFH,PA ACALL CLEAR AJMP PARA PA: JNB P3.0,UNO                 </pre>	



```

MOV R2,A
MOV C6,R2
MOV @R0,C6 ;ALMACENA EL DATO LEIDO
CLR P1.0
ACALL DELAY ;LLAMA SUB. DE RETARDO
SETB P1.0
INC R0
INC R5
CJNE R5,#05H,THIS
MOV R1,#001H ;ENVIA UN EWDS
ACALL SEND ;LLAMA SUB ENVIO DE DATOS
CLR P1.0
ACALL DELAY ;LLAMA SUB. DE RETARDO
SETB P1.0
MOV R7,#70H ;AJUSTE DE TIEMPO
CLR P1.0
POP R4
POP R3
POP R2
POP R1
RET

;.....
;.....* AUTOPRUEBA *.....
;.....

AUTO: MOV A,#0AAH ;VERIFICACION DE LA RAM
MOV R1,#0AH ;GUARDA EN RAM EL AAH
L0: MOV @R1,A
INC R1
CJNE R1,#0801H,L0
MOV R0,#07FH
L1: MOV A,#55H ;TOMA LOS DATOS DE LA RAM
ANL A,@R0 ;REALIZA UNA OR LOGICA
CJNE A,#001EH ;SI OR NO ES 0 MANDA ERROR
DEC R0
CJNE R0,#09H,L1
MOV A,#055H ;AHORA MANDA EL 55H RAM
MOV R1,#0AH
L10: MOV @R1,A
INC R1
CJNE R1,#0801H,L10
MOV R0,#07FH
L11: MOV A,#0AAH ;TOMA LOS DATOS DE LA RAM
ANL A,@R0 ;REALIZA UNA OR LOGICA
CJNE A,#001EH ;SI OR NO ES 0 MANDA ERROR
DEC R0
CJNE R0,#09H,L11
AJMP ROM
E: AJMP E8
ROM: MOV DPTR,#00B0H ;VERIFICACION DE LA ROM
MOV R0,#00H ;INICIALIZA LOS REG. DE APOYO
MOV R1,#00H
MOV R2,#80H
MOV R3,#00H
MOV R4,#00H
LR: MOV A,#00H ;TOMAN VALORES DEL PROC.
CLR C ;DE LA EEPROM
MOVC A,@A+DPTR
ADD A,R1 ;SUMA EL VALOR OBTENIDO
JNC SM ;SI HAY CARRY
INC R3 ;INCREMENTA EL REG R3
CLR C
CJNE R3,#0FFH,SM ;VERIFICA EL REG R3
INC R4 ;SI ESTA LLENO INCR. EL REGISTRO R4
SM: MOV R1,A ;SI NO HUBO CARRY

INC DPTR ;INCREMENTA LA DIREC. DE LEC.
INC R2
CJNE R2,#001H,LR
INC R0
CJNE R0,#07H,LR ;REALIZA ESTO HASTA
MOV A,#001H ;LA DIRECCION 700H
MOV DPTR,#1FFDH
MOVC A,@A+DPTR
XRL A,R3
CJNE A,#001H,CM3 ;COMP. EL RES. DE LA SUMA
AJMP E8 ;SI NO ES IGUAL MANDA ERROR
CM3: INC DPTR
MOVC A,@A+DPTR
XRL A,R3
CJNE A,#001H,CM2 ;LOGICA NEGADA CAMBIAR
AJMP E8 ;SI NO ES IGUAL MANDA ERROR
CM2: MOV DPTR,#1FFDH
MOVC A,@A+DPTR
XRL A,R1
CJNE A,#001H,EP
AJMP E8 ;SI NO ES IGUAL MANDA ERROR
EP: MOV TADC0,#55H ;VERIFICACION DE EEPROM
MOV TADC1,#55H
MOV TADC2,#55H
MOV TADC3,#55H
MOV TADC4,#55H
MOV R6,#10H ;TIENE DIREC. DE GRAB EEPROM
MOV R0,#53H ;TIENE DIREC. DE DATO
ACALL WRROM
MOV R6,#10H ;DIRECCION DE LA EEPROM
MOV R0,#72H ;DIRECCION DEL DATO A LEER
ACALL LEEPROM
MOV R0,#72H
LEEP: ANL A,@R0
INC R0
CJNE A,#001EH,E8 ;SI DATOS NO SON IGUALES
CJNE R0,#771H,LEEP ;MANDA ERROR
AJMP PRINC1
AUTO1: MOV TADC0,#00H
MOV TADC1,#00H
MOV TADC2,#00H
MOV IEN0,#0C0H ;VERIFI. CONVERTIDOR A/D
MOV R2,#03H
MOV R0,#05FH
REGIS: CLR F0
MOV ADCON,R2
ORL ADCON,#08H
WOW: JNB F0,WOW
ACALL ESPERA
MOV @R0,ADCH
INC R2
INC R0
MOV ADCON,#00H
CJNE R2,#08H,REGIS
CLR C
MOV R0,#5DH ;REFERENCIA
MOV A,@R0
ADD A,#01H
JC E8
CLR C
MOV R0,#5FH ;GASOMETRO
MOV A,@R0
SUBB A,#19H
JC E8
CLR C
MOV R0,#60H ;VELOCIDAD
    
```

```

MOV A,@R0
ADD A,#0F6H
JC E8
FAU: RET
E8: MOV TADCO,#08H
ACALL FALLA
AJMP FAU
    
```

```

.....
SUBROUTINA DE FALLA
.....
    
```

```

FALLA: MOV A,TADCO
ANL A,TADC1
ANL A,TADC2
C11: CJNE A,#00H,C12
AJMP S1
C12: CJNE A,#02H,C13
AJMP S2
C13: CJNE A,#04H,C14
AJMP S3
C14: CJNE A,#08H,C15
AJMP S4
C15: CJNE A,#06H,C16
AJMP S5
C16: CJNE A,#0EH,C17
AJMP S6
C17: CJNE A,#0AH,C18
AJMP S7
C18: CJNE A,#0CH,C19
AJMP S8
C19: AJMP S9
S1: MOV A15,#0F0H
AJMP SN
S2: MOV A15,#0C0H
AJMP SN
S3: MOV A15,#060H
AJMP SN
S4: MOV A15,#0D0H
AJMP SN
S5: MOV A15,#10H
AJMP SN
S6: MOV A15,#80H
AJMP SN
S7: MOV A15,#20H
AJMP SN
S8: MOV A15,#50H
AJMP SN
S9: MOV A15,#0F0H
SN: RET
    
```

```

.....
SUBROUTINA FINAL
.....
    
```

```

SUBF: MOV R6,#00H ;TIENE DIREC. DE LA EEPROM
MOV R0,#72H ;TIENE LA DIRECCION DE OJOS
ACALL WRR0M ;LLAMA SUB. ESCR. EEPROM
MOV R0,#68H
MOV @R0,CM10
INC R0
MOV @R0,CM10
MOV R6,#10H ;TIENE DIREC. DE LA EEPROM
MOV R0,#68H ;TIENE DIREC. DE ODO. DE VIAJE
ACALL WRR0M ;LLAMA SUB. ESCR. DE EEPROM
    
```

```

SETB P3.3 ;SEÑAL DE AS
ACALL ESPERA
SETB P3.2 ;SEÑAL DE RF
ACALL ESPERA
SETB P3.1 ;SEÑAL DE RUN
ACALL ESPERA
MOV PCON,#01H ;ACTIVA BAJO CONSUMO
RET ;ESPERANDO QUE SE APAGUE
    
```

```

.....
SERVICIO DE INTERRUPCIONES
.....
    
```

```

ORG 03H ;INTERRUPCION T1
MOV PCON,#00H
RET

ORG 23H ;INTERRUPCION CONVERTIDOR A/D
RET

ORG 53H ;INTERRUPCION CONVERTIDOR A/D
SETB FO
RET

ORG 5BH ;INTERRUPCION DE CONTADOR T2
MOV TM2IR,#00H
ACALL ATN
MOV CM10,#02FH
MOV CM10,#040H
MOV TM2CON,#03H
RET
    
```

```

ORG 1FFDH ; CONTEO PARA CHECKSUM
DB 38H
DB 24H
DB 3DH
FINI: END ;FIN DEL PROGRAMA
    
```

---

## **APENDICE D HOJAS DE ESPECIFICACIONES**

- 80C552
  - 82C55A
  - NM93C46
  - LM2917
  - DS4E-SDC12V
  - LM329
  - LM35
  - AD10-D1205-12, AS10-24-12
  - 74LS47
  - LM725
  - MOC 8021
-

Single-chip 8-bit microcontroller

80C552/83C552/87C552

Single-chip 8-bit microcontroller with 10-bit A/D, capture/compare timer, high-speed outputs, PWM

DESCRIPTION

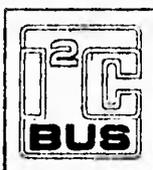
The 80C552/83C552/87C552 (hereafter generically referred to as 8XC552) Single-Chip 8-Bit Microcontroller is manufactured in an advanced CMOS process and is a derivative of the 80C51 microcontroller family. The 8XC552 has the same instruction set as the 80C51. Three versions of the derivative exist:

- 83C552 — 8k bytes mask programmable ROM
- 80C552 — ROMless version of the 83C552
- 87C552 — 8k bytes EPROM

The 8XC552 contains a non-volatile 8k x 8 read-only program memory (80C552) EPROM (87C552), a volatile 256 x 8 read/write data memory, five 8-bit I/O ports, one 8-bit input port, two 16-bit timer/event counters (identical to the timers of the 80C51), an additional 16-bit timer coupled to capture and compare latches, a 15-source, two-priority-level, nested interrupt structure, an 8-input A/D, a dual DAC pulse width modulated interface, two serial interfaces (UART and I<sup>2</sup>C-bus), a "watchdog" timer and on-chip oscillator and timing circuits. For systems that require extra capability, the 8XC552 can be expanded using standard TTL compatible memories and logic.

In addition, the 8XC552 has two software selectable modes of power reduction — idle mode and power-down mode. The idle mode freezes the CPU while allowing the RAM, timers, serial ports, and interrupt system to continue functioning. The power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, causing all other chip functions to be inoperative.

The device also functions as an arithmetic processor having facilities for both binary and BCD arithmetic plus bit-handling capabilities. The instruction set consists of over 100 instructions: 49 one-byte, 45 two-byte, and 17 three-byte. With a 16MHz (24MHz) crystal, 58% of the instructions are executed in 0.75µs (0.6µs) and 40% in 1.5µs (1.1µs). Multiply and divide instructions require 3µs (2µs).



FEATURES

- 80C51 central processing unit
- 8k x 8 ROM expandable externally to 64k bytes
- An additional 16-bit timer/counter coupled to four capture registers and three compare registers
- Two standard 16-bit timer/counters
- 256 x 8 RAM, expandable externally to 64k bytes
- Capable of producing eight synchronized, timed outputs
- A 10-bit ADC with eight multiplexed analog inputs
- Two 8-bit resolution, pulse width modulation outputs
- Five 8-bit I/O ports plus one 8-bit input port shared with analog inputs
- I<sup>2</sup>C-bus serial I/O port with byte-oriented master and slave functions
- Full-duplex UART compatible with the standard 80C51
- On-chip watchdog timer
- Three speed ranges:
  - 16MHz
  - 24MHz
  - 30MHz (in preparation)
- Extended temperature ranges
- OTP package available

PIN CONFIGURATIONS

Pin	Function	Pin	Function
1	P0.0 A/D0	26	XTAL1
2	VDD	27	VDD
3	BTADC	28	VSS
4	PWR0	29	NC
5	PWR1	30	P2.0 A/D1
6	EW	31	P2.1 A/D2
7	P4.0 C/M/S R0	32	P2.2 A/D0
8	P4.1 C/M/S R1	33	P2.3 A/D1
9	P4.2 C/M/S R2	34	P2.4 A/D2
10	P4.3 C/M/S R3	35	P2.5 A/D3
11	P4.4 C/M/S R4	36	P2.6 A/D4
12	P4.5 C/M/S R5	37	P2.7 A/D5
13	P4.6 C/M/S R6	38	P2.7 A/D6
14	P4.7 C/M/S R7	39	ALE/P[16:0]
15	RST	40	EA/Vpp
16	P1.0 C/T0	41	P0.7 A/D7
17	P1.1 C/T1	42	P0.6 A/D6
18	P1.2 C/T2	43	P0.5 A/D5
19	P1.3 C/T3	44	P0.4 A/D4
20	P1.4 T2	45	P0.3 A/D3
21	P1.5 R/T2	46	P0.2 A/D2
22	P1.6 SCL	47	P0.1 A/D1
23	P1.7 SDA	48	P0.0 A/D0
24	P0.14 I/O	49	A/D6+
25	P2.14 I/O	50	A/D5+
26	P1.2 W/T0	51	A/D4
27	P1.3 W/T1	52	P5.7 A/D7
28	P1.4 T0	53	P5.6 A/D6
29	P1.5 T1	54	P5.5 A/D5
30	P1.6 W/T2	55	P5.4 A/D4
31	P1.7 W/T3	56	P5.3 A/D3
32	NC	57	P5.2 A/D2
33	NC	58	P5.1 A/D1
34	XTAL2	59	P5.0 A/D0

FALLA DE ORIGEN

Single-chip 8-bit microcontroller

80C552/83C552/87C552

PIN DESCRIPTION

MNEMONIC	PIN NO.		TYPE	NAME AND FUNCTION
	PLCC	QFP		
V <sub>DD</sub>	2	72	I	Digital Power Supply: +5V power supply pin during normal operation, idle and power-down mode
STADC	3	74	I	Start ADC Operation: Input starting analog to digital conversion (ADC operation can also be started by software)
PW0	4	75	O	Pulse Width Modulation: Output 0
PW1	5	76	O	Pulse Width Modulation: Output 1
EW	6	77	I	Enable Watchdog Timer: Enable for T3 watchdog timer and disable power-down mode
P0.0-P0.7	57-60	58-51	IO	Port 0: Port 0 is an 8-bit open-drain bidirectional I/O port. Port 0 pins that have 1s written to them float and can be used as high-impedance inputs. Port 0 is also the multiplexed low-order address and data bus during accesses to external program and data memory. In this application it uses strong internal pull-ups when emitting 1s. Port 0 is also used to input the code byte during programming and to output the code byte during verification.
P1.0-P1.7	16-23	10-17	IO	Port 1: 8-bit I/O port. Alternate functions include: (P1.0-P1.8): Quasi-bidirectional port pins (P1.6, P1.7): Open-drain port pins CT0-CT3 (P1.0-P1.3): Capture timer input signals for timer T2 T2 (P1.4): T2 event input RT2 (P1.5): T2 timer reset signal. Rising edge triggered SCL (P1.6): Serial port clock line (PC bus) SDA (P1.7): Serial port data line (PC bus) Port 1 is also used to input the lower-order address byte during EPROM programming and verification. A0 is on P1.0, etc.
	18-21	10-15	IO	
	22-23	16-17	IO	
	18-19	10-13	I	
	20	14	I	
	21	15	I	
	22	16	IO	
	23	17	IO	
	P2.0-P2.7	39-46	38-42, 45-47	
P3.0-P3.7	24-31	18-20, 23-27	IO	Port 3: 8-bit quasi-bidirectional I/O port. Alternate functions include: RxD (P3.0): Serial input port TxD (P3.1): Serial output port INTD (P3.2): External interrupt INTT (P3.3): External interrupt T0 (P3.4): Timer 0 external input T1 (P3.5): Timer 1 external input WR (P3.6): External data memory write strobe RD (P3.7): External data memory read strobe
	24	18		
	25	19		
	26	20		
	27	23		
	28	24		
	29	25		
	30	26		
	31	27		
	P4.0-P4.7	7-14	60, 1-2, 4-8	
7-12		60, 1-2, 4-8	O	
13, 14		7, 8	O	
P5.0-P5.7	68-62, 1	71-64	I	Port 5: 8-bit input port. ADCO-ADC7 (P5.0-P5.7): Alternate function: Eight input channels to ADC
RST	15	9	IO	Reset: Input to reset the 8XC552. It also provides a reset pulse as output when timer T3 overflows.
XTAL1	35	32	I	Crystal Input 1: Input to the inverting amplifier that forms the oscillator, and input to the internal clock generator. Reverses the external clock signal when an external oscillator is used.
XTAL2	34	31	O	Crystal Input 2: Output of the inverting amplifier that forms the oscillator. Left open-circuit when an external clock is used.

FALLA DE ORIGEN

Single-chip 8-bit microcontroller

80C552/83C552/87C552

PIN DESCRIPTION (Continued)

MNEMONIC	PIN NO.		TYPE	NAME AND FUNCTION
	PLCC	QFP		
V <sub>SS</sub>	36, 37	34-36	I	Digital ground.
PSEN	47	48	O	Program Store Enable: Active-low read strobe to external program memory.
ALE/PROG	48	49	O	Address Latch Enable: Latches the low byte of the address during accesses to external memory. It is activated every six oscillator periods. During an external data memory access, one ALE pulse is supplied. ALE can drive up to eight LS TTL inputs and handles CMOS inputs without an external pull-up. This pin is also the program pulse input (PROG) during EPROM programming.
EA/V <sub>PP</sub>	49	50	I	External Access: When EA is held at TTL level high, the CPU executes out of the internal program ROM provided the program counter is less than 8192. When EA is held at TTL low level, the CPU executes out of external program memory. EA is not allowed to float. This pin also receives the 12.75V programming supply voltage (V <sub>PP</sub> ) during EPROM programming.
AV <sub>REF-</sub>	58	59	I	Analog to Digital Conversion Reference Resistor: Low end.
AV <sub>REF+</sub>	59	60	I	Analog to Digital Conversion Reference Resistor: High end.
AV <sub>SS</sub>	60	61	I	Analog Ground.
AV <sub>DD</sub>	61	63	I	Analog Power Supply.

NOTE:

1. To avoid "latch-up" effect at power-on, the voltage on any pin at any time must not be higher or lower than V<sub>DD</sub> + 0.5V or V<sub>SS</sub> - 0.5V, respectively.

OSCILLATOR CHARACTERISTICS

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier. The pins can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in the logic symbol, page 424.

To drive the device from an external clock source, XTAL1 should be driven while XTAL2 is left unconnected. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, because the input to the internal clock circuitry is through a divide-by-two flip-flop. However, minimum and maximum high and low times specified in the data sheet must be observed.

RESET

A reset is accomplished by holding the RST pin high for at least two machine cycles (24 oscillator periods), while the oscillator is running. To insure a good power-on reset, the RST pin must be high long enough to allow the oscillator time to start up (normally a few milliseconds) plus two machine cycles. At power-on, the voltage on V<sub>DD</sub> and RST must come up at the same time for a proper start-up.

IDLE MODE

In the idle mode, the CPU puts itself to sleep while all of the on-chip peripherals stay active. The instruction to invoke the idle mode is the last instruction executed in the normal operating mode before the idle mode is entered. The CPU contents, the on-chip RAM, and all of the special function registers

remain intact during this mode. The idle mode can be terminated either by any enabled interrupt (at which time the process is picked up at the interrupt service routine and continued), or by a hardware reset which starts the processor in the same manner as a power-on reset.

POWER-DOWN MODE

In the power-down mode, the oscillator is stopped and the instruction to invoke power-down is the last instruction executed. Only the contents of the on-chip RAM are preserved. A hardware reset is the only way to terminate the power-down mode. The control bits for the reduced power modes are in the special function register PCON. Table 1 shows the state of the I/O ports during low current operating modes.

Table 1. External Pin Status During Idle and Power-Down Modes

MODE	PROGRAM MEMORY	ALE	PSEN	PORT 0	PORT 1	PORT 2	PORT 3	PORT 4	PWM 0, PWM 1
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data	Data	High
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data	Data	High
Power-down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data	Data	High
Power-down	External	0	0	Float	Data	Data	Data	Data	High

FALLA DE ORIGEN



## 82C55A CHMOS PROGRAMMABLE PERIPHERAL INTERFACE

- Compatible with all Intel and Most Other Microprocessors
- High Speed, "Zero Wait State" Operation with 8 MHz 8086/88 and 80186/188
- 24 Programmable I/O Pins
- Low Power CHMOS
- Completely TTL Compatible
- Control Word Read-Back Capability
- Direct Bit Set/Reset Capability
- 2.5 mA DC Drive Capability on all I/O Port Outputs
- Available in 40-Pin DIP and 44-Pin PLCC
- Available in EXPRESS
  - Standard Temperature Range
  - Extended Temperature Range

The Intel 82C55A is a high-performance, CHMOS version of the industry standard 8255A general purpose programmable I/O device which is designed for use with all Intel and most other microprocessors. It provides 24 I/O pins which may be individually programmed in 2 groups of 12 and used in 3 major modes of operation. The 82C55A is pin compatible with the NMOS 8255A and 8255A-5.

In MODE 0, each group of 12 I/O pins may be programmed in sets of 4 and 8 to be inputs or outputs. In MODE 1, each group may be programmed to have 8 lines of input or output. 3 of the remaining 4 pins are used for handshaking and interrupt control signals. MODE 2 is a strobed bi-directional bus configuration.

The 82C55A is fabricated on Intel's advanced CHMOS III technology which provides low power consumption with performance equal to or greater than the equivalent NMOS product. The 82C55A is available in 40-pin DIP and 44-pin plastic leaded chip carrier (PLCC) packages.

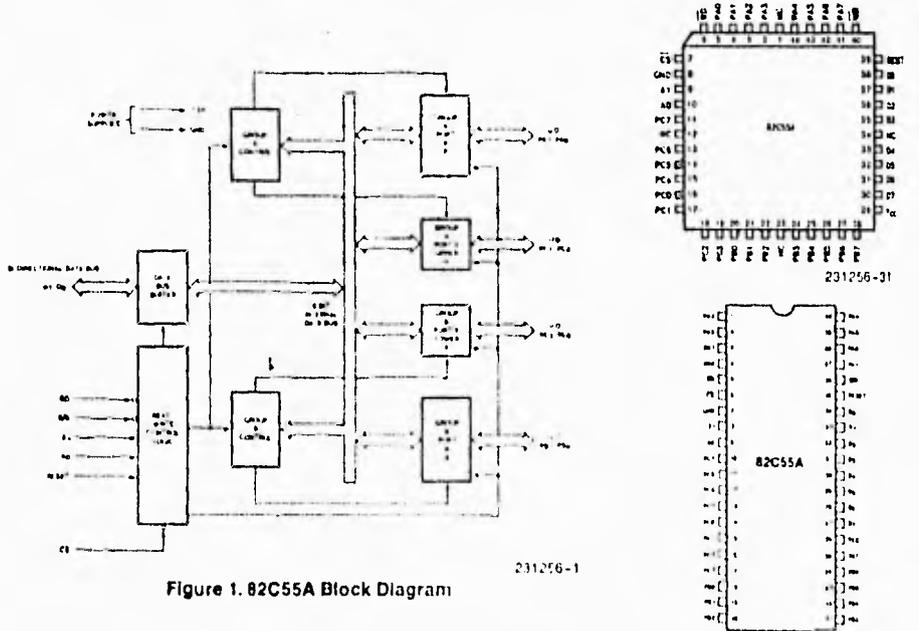


Figure 1. 82C55A Block Diagram

Table 1. Pin Description

Symbol	Pin Number		Type	Name and Function
	Dip	PLCC		
PA <sub>3-0</sub>	1-4	2-5	I/O	PORT A, PINS 0-3: Lower nibble of an 8-bit data output latch/buffer and an 8-bit data input latch.
$\overline{RD}$	5	6	I	READ CONTROL: This input is low during CPU read operations.
$\overline{CS}$	6	7	I	CHIP SELECT: A low on this input enables the 82C55A to respond to $\overline{RD}$ and $\overline{WR}$ signals. $\overline{RD}$ and $\overline{WR}$ are ignored otherwise.
GND	7	8		System Ground
A <sub>1-0</sub>	8-9	9-10	I	ADDRESS: These input signals, in conjunction $\overline{RD}$ and $\overline{WR}$ , control the selection of one of the three ports or the control word registers.
				<b>Input Operation (Read)</b>
				A <sub>1</sub> A <sub>0</sub> $\overline{RD}$ $\overline{WR}$ $\overline{CS}$ Input Operation (Read)
				0   0   0   1   0   Port A - Data Bus
				0   1   0   1   0   Port B - Data Bus
				1   0   0   1   0   Port C - Data Bus
				1   1   0   1   0   Control Word - Data Bus
				<b>Output Operation (Write)</b>
				0   0   1   0   0   Data Bus - Port A
				0   1   1   0   0   Data Bus - Port B
				1   0   1   0   0   Data Bus - Port C
				1   1   1   0   0   Data Bus - Control
				<b>Disable Function</b>
X   X   X   X   1   Data Bus - 3 - State				
X   X   1   1   0   Data Bus - 3 - State				
PC <sub>7-4</sub>	10-13	11,13-15	I/O	PORT C, PINS 4-7: Upper nibble of an 8-bit data output latch/buffer and an 8-bit data input buffer (no latch for input). This port can be divided into two 4-bit ports under the mode control. Each 4-bit port contains a 4-bit latch and it can be used for the control signal outputs and status signal inputs in conjunction with ports A and B.
PC <sub>0-3</sub>	14-17	16-19	I/O	PORT C, PINS 0-3: Lower nibble of Port C.
PB <sub>0-7</sub>	18-25	20-22, 24-28	I/O	PORT B, PINS 0-7: An 8-bit data output latch/buffer and an 8-bit data input buffer.
V <sub>CC</sub>	26	29		SYSTEM POWER: + 5V Power Supply.
D <sub>7-0</sub>	27-34	30-33, 35-38	I/O	DATA BUS: Bi-directional, tri-state data bus lines, connected to system data bus.
RESET	35	39	I	RESET: A high on this input clears the control register and all ports are set to the input mode.
$\overline{WR}$	36	40	I	WRITE CONTROL: This input is low during CPU write operations.
PA <sub>7-4</sub>	37-40	41-44	I/O	PORT A, PINS 4-7: Upper nibble of an 8-bit data output latch/buffer and an 8-bit data input latch.
NC		1, 12, 23, 34		No Connect



## NMC93C06/C46 256-Bit/ 1024-Bit Serial Electrically Erasable Programmable Memory

### General Description

The NMC93C06/NMC93C46 are 256/1024 bits of CMOS electrically erasable memory divided into 16-bit registers. They are fabricated using National Semiconductor's floating gate CMOS process for high speed and low power. They operate from a single 5V supply since Vpp is generated on-board. The serial organization allows the NMC93C06/NMC93C46 to be packaged in an 8-pin DIP or 8-pin SO package to save board space.

The memories feature a serial interface with the instruction address and write data input on the Data In (DI) pin. All read data and device status is output on the Data Out (DO) pin. A low high transition of 50 ns clock (SK) shifts in data in and out. This serial interface is MICROVIREM™ compatible for simple interface to standard microcontroller and time processors. There are 3 instructions: Read, Erase, Write. Erase, Write, Erase All, Write All, Erase All, Write All, Erase All, Write All. The NMC93C06/NMC93C46 do not require an erase cycle prior to the Write and Write All instructions. The Erase and Erase All instructions are available to maintain compatibility and programming compatibility with the NMC93C46. All programming cycles are completely self-terminating operation. The busy status is available on the DI pin to indicate the completion of a programming cycle. EEPROMs are shipped in the erased state where all bits are logical 1's.

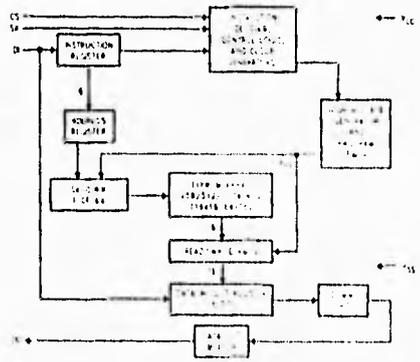
### Compatibility with Other Devices

These memories are pin compatible to National Semiconductor's NMC93C06 EEPROMs, NMC93C06 and NMC93C46. The NMC93C06/NMC93C46 are both pin and function compatible with the NMC93C06 256-bit EEPROM and the NMC93C46 1024-bit EEPROM with the one exception that both of these EEPROMs require two additional address bits.

### Features

- Typical active current: 10 uA, typical standby current: 20 uA
- Floating gate CMOS floating gate technology
- Write operation in all modes
- MicroVIREM™ compatible serial I/O
- Self and program erase cycle
- Erase status signal during programming mode
- Clear 10 write data retention
- Low power floating write cycles

### Block Diagram



NMC93C06/NMC93C46

2

FALLA DE ORIGEN

NMC93C06/NMC93C46

**Functional Description**

The NMC93C06/NMC93C46 has 7 instructions as described below. Note that the MSB of any instruction is a "1" and is viewed as a start bit in the interface sequence. The next 6 bits carry the opcode and the 6 bit address (selection of 1 of 16 of 64 16-bit registers).

**Read (READ):**

The Read (READ) instruction outputs serial data on the DO pin. After a READ instruction is received, the instruction and address are decoded, followed by data transfer from the selected memory register into a 16-bit serial-out shift register. A dummy bit (logical "0") precedes the 16-bit data outputting. Output data changes are initiated by a low-to-high transition of the SK clock.

**Erase/Write Enable (EWEN):**

When V<sub>CC</sub> is applied to the part, it "powers up" in the Erase/Write Disable (EWDS) state. Therefore, all programming modes must be preceded by an Erase/Write Enable (EWEN) instruction. Once an Erase/Write Enable instruction is executed, programming remains enabled until an Erase/Write Disable (EWDS) instruction is executed or V<sub>CC</sub> is removed from the part.

**Erase (ERASE):**

The ERASE instruction will program all bits in the specified register to the logical "1" state. CS is brought low following the leading of the first address bit. The falling edge of the CS pin initiates the self-timed programming cycle.

The DO pin indicates the READY/BUSY status of the chip if CS is brought high after a minimum of 250 ns (t<sub>CS</sub>). DO = logical "0" indicates that programming is still in progress. DO = logical "1" indicates that the register at the address specified in the instruction has been erased, and the part is ready for another instruction.

**Write (WRITE):**

The Write (WRITE) instruction is followed by 16 bits of data to be written into the specified address. After the last bit of data has been written on the data input pin, CS must be brought low before the next rising edge of the SK clock. The falling edge of the CS initiates the self-timed programming cycle. The DO pin indicates the READY/BUSY status of the chip if CS is brought high after a minimum of 250 ns (t<sub>CS</sub>). DO = logical "0" indicates that programming is still in progress. DO = logical "1" indicates that the register at the address specified in the instruction has been written with the data pattern specified in the instruction and the part is ready for another instruction.

**Erase All (ERALL):**

The ERALL instruction will simultaneously program all registers in the memory array and set each bit to the logical "1" state. The Erase All cycle is identical to the ERASE cycle except for the different opcode.

As in the ERASE mode, the DO pin indicates the READY/BUSY status of the chip if CS is brought high after a minimum of 250 ns (t<sub>CS</sub>).

**Write All (WRALL):**

The WRALL instruction will simultaneously program all registers with the data pattern specified in the instruction. As in the WRITE mode, the DO pin indicates the READY/BUSY status of the chip if CS is brought high after a minimum of 50 ns (t<sub>CS</sub>).

**Erase/Write Disable (EWDS):**

To protect against accidental data disturb, the Erase/Write Disable (EWDS) instruction disables all programming modes and should follow all programming operations. Execution of a READ instruction is independent of both the EWEN and EWDS instructions.

**Instruction Set for the NMC93C06/46**

Instruction	SB	Op Code	Address	Data	Comments
READ	1	10	A5-A0		Reads data stored in memory.
EWEN	1	00	1XXXXX		Write enable must precede all programming modes.
ERASE	1	11	A5-A0		Erase register A5A4A3A2A1A0.
WRITE	1	01	A5-A0	D15-D0	Writes register.
ERALL	1	00	10XXXX		Erase all registers.
WRALL	1	00	01XXXX	D15-D0	Writes all registers.
EWDS	1	00	00XXXX		Disables all programming instructions.

2

FALLA DE ORIGEN



Industrial/Automotive/Functional  
Blocks/Telecommunications

## LM2907, LM2917 Frequency to Voltage Converter

### General Description

The LM2907, LM2917 series are monolithic frequency to voltage converters with a high gain op amp comparator designed to operate a relay, lamp, or other load when the input frequency reaches or exceeds a selected rate. The tachometer uses a charge pump technique and offers frequency doubling for low ripple, full input protection in two versions (LM2907-B, LM2917-B) and its output swings to ground for a zero frequency input.  
(Continued on page 983)

### Advantages

- Output swings to ground for zero frequency input
- Easy to use,  $V_{OUT} = f_{IN} \times V_{CC} \times R1 \times C1$
- Only one RC network provides frequency doubling
- Zener regulator on chip allows accurate and stable frequency to voltage or current conversion. (LM2917)

### Features

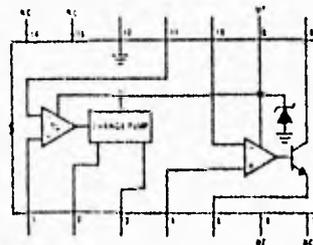
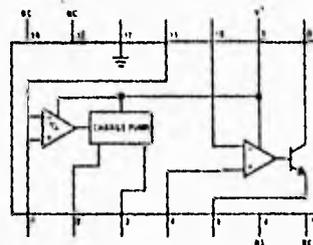
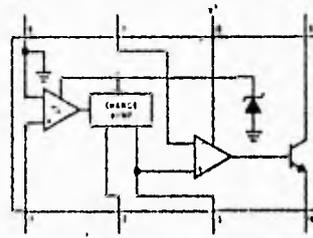
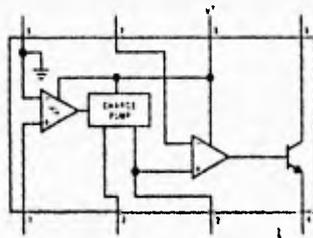
- Ground referenced tachometer input interfaces directly with variable reluctance magnetic pickups
- Op amp/comparator has floating transistor output
- 50 mA sink or source to operate relays, solenoids, meters, or LEDs

- Frequency doubling for low ripple
- Tachometer has built-in hysteresis with either differential input or ground referenced input
- Built-in zener on LM2917
- $\pm 0.3\%$  linearity typical
- Ground referenced tachometer is fully protected from damage due to swings above  $V_{CC}$  and below ground

### Applications

- Over/under speed sensing
- Frequency to voltage conversion (tachometer)
- Speedometers
- Breaker point dwell meters
- Hand held tachometer
- Speed governors
- Cruise control
- Automotive door lock control
- Clutch control
- Horn control
- Touch or sound switches

### Block and Connection Diagrams Dual-In-Line Packages, Top Views



FALLA DE ORIGEN

**Absolute Maximum Ratings (Note 1)**

Supply Voltage	28V	Input Voltage Range	
Supply Current (Zener Option)	25 mA	Tachometer: LM2907-B, LM2917-B	±28V
Collector Voltage	28V	LM2907, LM2917	0.0V to +28V
Differential Input Voltage		Op Amp/Comparator	0.0V to +28V
Tachometer	28V	Power Dissipation	500 mW
Op Amp/Comparator	28V	Operating Temperature Range	-40°C to +85°C
		Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
		Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C

**Electrical Characteristics**  $V_{CC} = 12 V_{DC}$ ,  $T_A = 25^\circ C$ , see test circuit

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>TACHOMETER</b>					
Input Thresholds	$V_{IN} = 250 \text{ mVp-p @ } 1 \text{ kHz (Note 2)}$	±10	±15	±40	mV
Hysteresis	$V_{IN} = 250 \text{ mVp-p @ } 1 \text{ kHz (Note 2)}$		30		mV
Offset Voltage	$V_{IN} = 250 \text{ mVp-p @ } 1 \text{ kHz (Note 2)}$				
LM2907/LM2917			3.5	10	mV
LM2907-B/LM2917-B			5	15	mV
Input Bias Current	$V_{IN} = +50 \text{ mV}_{DC}$		0.1	1	µA
$V_{OH}$	$V_{IN} = +125 \text{ mV}_{DC}$ (Note 3)		8.3		V
$V_{OL}$ Pin 2	$V_{IN} = -125 \text{ mV}_{DC}$ (Note 3)		2.3		V
Output Current, $I_2, I_3$	$V_2 = V_3 = 6.0V$ (Note 4)	140	180	240	µA
Leakage Current, $I_3$	$I_2 = 0, V_3 = 0$			0.1	µA
Gain Constant, K	(Note 3)	0.9	1.0	1.1	
Linearity	$f_{IN} = 1 \text{ kHz, } 5 \text{ kHz, } 10 \text{ kHz, (Note 5)}$	-1.0	0.3	+1.0	%
<b>OP/AMP COMPARATOR</b>					
$V_{OS}$	$V_{IN} = 6.0V$		3	10	mV
$I_{BIAS}$	$V_{IN} = 6.0V$		50	500	nA
Input Common Mode Voltage		0		$V_{CC} - 1.5V$	V
Voltage Gain			200		V/mV
Output Sink Current	$V_C = 1.0$	40	50		mA
Output Source Current	$V_E = V_{CC} - 2.0$		10		mA
Saturation Voltage	$I_{SINK} = 5 \text{ mA}$		0.1	0.5	V
	$I_{SINK} = 20 \text{ mA}$			1.0	V
	$I_{SINK} = 50 \text{ mA}$		1.0	1.5	V
<b>ZENER REGULATOR</b>					
Regulator Voltage	$R_{DROP} = 470\Omega$		7.56		V
Series Resistance			10.5	15	Ω
Temperature Stability			+1		mV/C
TOTAL SUPPLY CURRENT			3.8	6	mA

FALLA DE ORIGEN





Aromat

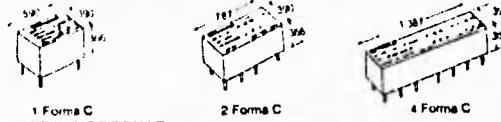
RELEVADORES

SERIE DS (2 AMP)

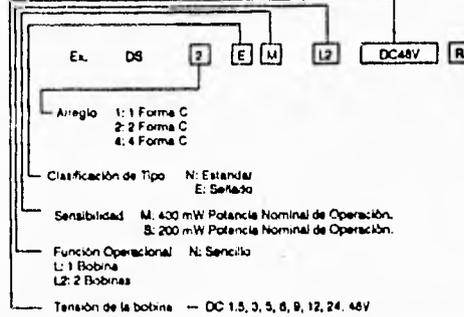
- Alta sensibilidad 200 mV (S) 400mV (M)
- Alta capacidad de switcheo 60W, 125 VA
- UL/CSA.

CARACTERISTICAS

Arreglo	1 Forma C	2 Forma C	4 Forma C
Materia de contacto	Oro-Plata		
Resistencia de contacto inicial	50 mΩ		
Potencia máxima de switcheo	125 VA, 60W		
Tensión máxima de switcheo	250VCA 220VCC		
Corriente máxima de switcheo	2 A (VCA VCC)		
Vida Útil	Mecánica	10 <sup>5</sup>	
	Eléctrica	2A, 30VCC	1 x 10 <sup>5</sup>
Velocidad máxima de operación	2 x 10 <sup>4</sup>		
Tempo de operación	25 cpm		
Tempo de liberación	3 ms		
Resistencia de aislamiento	1,000 MΩ		
Tensión de	Entre contactos abiertos	900 Vrms	1,000 Vrms
de	Entre juego de contactos	1,000 Vrms	
Ruptura	Entre contactos y bobinas	1,000 Vrms	



COMO ORDENAR

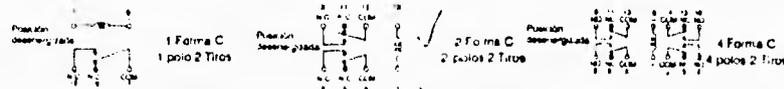


Código Dicotel	Nombre Comercial	Descripción	Resistencia de la bobina Ω (± 10%)	Potencia nominal (mW)	Arreglo
045-0245	DS1E M DC5V		62.5		
045-0250	DS1E M DC6V		90		
045-0255	DS1E M DC9V		203	400	1 Forma C
045-0260	DS1E M DC12V	1 solo estado	360		
045-0265	DS1E M DC24V		1,440		
045-0270	DS1E M DC48V		5,760		
045-0275	DS1E ML2 DC5V		69.4		
045-0280	DS1E ML2 DC6V	2 bobinas en amarré	100		
045-0285	DS1E ML2 DC9V		225	360	1 Forma C
045-0290	DS1E ML2 DC12V		400		
045-0295	DS1E ML2 DC24V		1,600		
045-0300	DS1E ML2 DC48V		6,400		
045-0305	DS1E S DC5V		125		
045-0310	DS1E S DC6V	1 solo estado	180		
045-0315	DS1E S DC9V		405	200	1 Forma C
045-0320	DS1E S DC12V		720		
045-0325	DS1E S DC24V		2,880		
045-0330	DS1E S L2 DC5V	2 bobinas en amarré	136		
045-0335	DS1E S L2 DC6V		200	180	1 Forma C
045-0340	DS1E S L2 DC9V		450		
045-0345	DS1E S L2 DC12V		800		
045-0350	DS1E S L2 DC24V		3,200		
045-0355	DS2E M DC5V		62.5		
045-0360	DS2E M DC6V		90		
045-0365	DS2E M DC9V	1 solo estado	203	400	2 Forma C
045-0370	DS2E M DC12V		360		
045-0375	DS2E M DC24V		1,440		
045-0380	DS2E M DC48V		5,760		
045-0385	DS2E ML2 DC5V		69.4		
045-0390	DS2E ML2 DC6V	2 bobinas en amarré	100		
045-0395	DS2E ML2 DC9V		225	360	2 Forma C
045-0400	DS2E ML2 DC12V		400		
045-0405	DS2E ML2 DC24V		1,600		
045-0410	DS2E ML2 DC48V		6,400		

Código Dicotel	Nombre Comercial	Descripción	Resistencia de la bobina Ω (± 10%)	Potencia nominal (mW)	Arreglo
045-0415	DS2E S DC5V		125		
045-0420	DS2E S DC6V		180		
045-0425	DS2E S DC9V	1 solo estado	405	200	2 Forma C
045-0430	DS2E S DC12V		720		
045-0435	DS2E S DC24V		2,880		
045-0440	DS2E S DC48V		11,520		
045-0445	DS2E S L2 DC5V		136		
045-0450	DS2E S L2 DC6V	2 bobinas en amarré	200		
045-0455	DS2E S L2 DC9V		450	180	2 Forma C
045-0460	DS2E S L2 DC12V		800		
045-0465	DS2E S L2 DC24V		3,200		
045-0470	DS2E S L2 DC48V		12,800		
045-0475	DS4E M DC5V		62.5		
045-0480	DS4E M DC6V		90		
045-0485	DS4E M DC9V	1 solo estado	203	400	4 Forma C
045-0490	DS4E M DC12V		360		
045-0495	DS4E M DC24V		1,440		
045-0500	DS4E M DC48V		5,760		
045-0505	DS4E S L2 DC5V		69.4		
045-0510	DS4E S L2 DC6V	2 bobinas en amarré	100		
045-0515	DS4E S L2 DC9V		225	300	4 Forma C
045-0520	DS4E S L2 DC12V		400		
045-0525	DS4E S L2 DC24V		1,600		
045-0530	DS4E S L2 DC48V		6,400		
045-0535	DS4E S DC5V		125		
045-0540	DS4E S DC6V		180		
045-0545	DS4E S DC9V	1 solo estado	405	200	4 Forma C
045-0550	DS4E S DC12V		720		
045-0555	DS4E S DC24V		2,880		
045-0560	DS4E S DC48V		11,520		
045-0565	DS4E S L2 DC5V		136		
045-0570	DS4E S L2 DC6V	2 bobinas en amarré	200		
045-0575	DS4E S L2 DC9V		450	180	4 Forma C
045-0580	DS4E S L2 DC12V		800		
045-0585	DS4E S L2 DC24V		3,200		
045-0590	DS4E S L2 DC48V		12,800		

APLICACIONES

Equipos de telecomunicaciones, equipos de oficinas, computadoras, periféricos, instrumentación, mediciones, etc.



FALLA DE ORIGEN



## LM129/LM329 Precision Reference

### General Description

The LM129 and LM329 family are precision multi-current temperature-compensated 6.9V zener references with dynamic impedances a factor of 10 to 100 less than discrete diodes. Constructed in a single silicon chip, the LM129 uses active circuitry to buffer the internal zener allowing the device to operate over a 0.5 mA to 15 mA range with virtually no change in performance. The LM129 and LM329 are available with selected temperature coefficients of 0.001, 0.002, 0.005 and 0.01%/°C. These new references also have excellent long term stability and low noise.

A new subsurface breakdown zener used in the LM129 gives lower noise and better long-term stability than conventional IC zeners. Further the zener and temperature compensating transistor are made by a planar process so they are immune to problems that plague ordinary zeners. For example, there is virtually no voltage shift in zener voltage due to temperature cycling and the device is insensitive to stress on the leads.

The LM129 can be used in place of conventional zeners with improved performance. The low dynamic impedance

simplifies biasing and the wide operating current allows the replacement of many zener types.

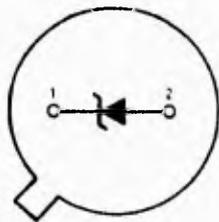
The LM129 is packaged in a 2-lead TO-46 package and is rated for operation over a -55°C to +125°C temperature range. The LM329 for operation over 0°C to 70°C is available in both a hermetic TO-46 package and a TO-92 epoxy package.

### Features

- 0.6 mA to 15 mA operating current
- 0.6Ω dynamic impedance at any current
- Available with temperature coefficients of 0.001%/°C
- 7μV wideband noise
- 5% initial tolerance
- 0.002% long term stability
- Low cost
- Subsurface zener

### Connection Diagrams

Metal Can Package



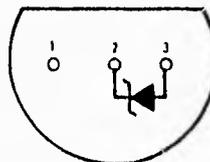
Bottom View

Pin 2 is electrically connected to case

TL1105714-6

Order Number LM129AH, LM129BH, LM129CH,  
LM329AH, LM329BH, LM329CH or LM329DH  
See NS Package H02A

Plastic Package



Bottom View

Order Number LM329BZ,  
LM329CZ or LM329DZ  
See NS Package Z03A

TL1105714-4

FALLA DE ORIGEN

## LM35/LM35A/LM35C/LM35CA/LM35D Precision Centigrade Temperature Sensors

### General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  at room temperature and  $\pm 1/2^\circ\text{C}$  over a full  $-55$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only  $60\ \mu\text{A}$  from its supply, it has very low self-heating, less than  $0.1^\circ\text{C}$  in still air. The LM35 is rated to operate over a  $-55^\circ$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range, while the LM35C is rated for a  $-40^\circ$  to  $+110^\circ\text{C}$  range ( $-10^\circ$  with improved accuracy). The LM35 series is

available packaged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C is also available in the plastic TO-92 transistor package.

### Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear  $+10.0\ \text{mV}/^\circ\text{C}$  scale factor
- $0.5^\circ\text{C}$  accuracy guaranteeable (at  $+25^\circ\text{C}$ )
- Rated for full  $-55^\circ$  to  $+150^\circ\text{C}$  range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than  $60\ \mu\text{A}$  current drain
- Low self-heating,  $0.08^\circ\text{C}$  in still air
- Nonlinearity only  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  typical
- Low impedance output,  $0.1\ \Omega$  for  $1\ \text{mA}$  load

### Connection Diagrams

TO-46  
Metal Can Package\*



TL/H/5516-1

\*Case is connected to negative pin

Order Number LM35H, LM35AH,  
LM35CH, LM35CAH or LM35DH  
See NS Package Number H03H

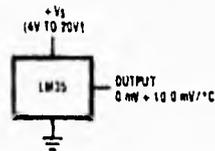
TO-92  
Plastic Package



TL/H/5516-2

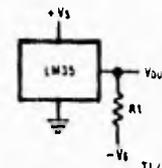
Order Number LM35CZ or LM35DZ  
See NS Package Number Z03A

### Typical Applications



TL/H/5516-3

FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor ( $\pm 2^\circ\text{C}$  to  $+150^\circ\text{C}$ )



Choose  $R_1 = -V_s/50\ \mu\text{A}$

$V_{OUT} = +1.500\ \text{mV}$  at  $+150^\circ\text{C}$   
 $= +250\ \text{mV}$  at  $+25^\circ\text{C}$   
 $= -550\ \text{mV}$  at  $-55^\circ\text{C}$

TL/H/5516-4

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

FALLA DE ORIGEN

## LAMBDA'S A SERIES

### Efficiency (Typical)

Minimum for AS25 Series  
 60% on 5V models of AS2 Series  
 65% on 12V and 15V models of AS2 Series, 5V models of AS3 Series, -1205, -1505 and dual 5V models of AD5 Series  
 AD10-D505-S  
 68% on 5V AD10 models (12, 24 and 48V inputs)  
 70% on 12V and 15V models of AS3 Series, 5V models of AS4 Series; A6-5-S; dual 12V and 15V models of AD Series  
 72% on 12V, 15V, and 24V models of AS6 Series (5V input), 5V models of AS6 Series (12V, 24V, and 48V inputs)  
 74% on 12V and 15V models of AS25 Series  
 75% on 12V, 15V, and 24V models of AS6 Series (12V, 24V, and 48V inputs)  
 77% on 5V, 12V, 15V, and 24V models of AS10 Series (5V input)  
 79% on 5V, 12V, 15V, and 24V models of AS10 Series (12V inputs)  
 81% on 5V, 12V, 15V, and 24V models of AS10 Series (24V and 48V inputs)

### DC Output

Voltage range shown in tables

### Regulated Voltage

regulation, line regulation 0.4% for input variations over entire input range, 0.1% for AS25 Series  
 regulation, load regulation 0.6% for load variations from no load to full load and full load to no load with constant line regulation 0.4% for AS25 Series, 0.5% for 24V models of AS6 and AS10 Series  
 ripple and noise (100MHz Bandwidth) 100mV pk-pk for 5V models of AS25 Series, 120mV pk-pk for 5V models of AS2, AS3, AS6, AS10 Series and AD Series, 150mV pk-pk for 12V and 15V models of AS2, AS3, AS6, AD10 and AS25 Series, 20mV pk-pk for 24V models of AS6 and AS10 Series  
 temperature coefficient 0.03%/°C

### Overload Protection Electrical

External overload protection. Automatic electronic current limiting circuit limits the output current to a preset value, thereby providing protection for the load as well as the power supply. Should an overload condition on the AS6 or AS10 last for longer than 5 seconds, the unit will automatically shut down the output voltage. Avoid operating the AD Series in overload or short circuit for longer than 30 seconds.

### Overshoot

No overshoot at turn-on, turn-off, or power failure

### Series Operation

AS2, AS3, AS6, AD6, AS10 and AD10 models are capable of series operation.

### Isolation Rating

50VDC output to ground  
 500VDC input to output for 12V input models of AS25 Series  
 1500VDC input to output for 48V input models of AS25 Series  
 1500VDC input to ground for AS25 Series

### Cooling

All units are convection cooled. No fans or blowers needed.

### Operating Temperature Range

AS2, AS3 and AD6 Series, continuous duty -20°C to +71°C with suitable derating below -10°C and above 50°C.  
 AS6, AS10 and AD10 Series, continuous duty -20°C to +60°C with suitable derating above 50°C.  
 AS25 Series, -10°C to +65°C with suitable derating above 40°C.

### Input and Output Connections

Input and outputs are via pin-type connections.

### Mounting

PC board mountable

### Physical Data

Package Model	lbs. Net	lbs. Ship	Size Inches
AS2	0.05	0.10	1.30 x 0.35 x 0.87
AS3	0.06	0.12	1.78 x 0.35 x 1.18
AS6, AD6	0.07	0.15	1.85 x 0.35 x 1.85
AS10	0.07	0.15	1.85 x 0.35 x 2.28
AS25	0.20	0.40	2.10 x 0.55 x 1.40

### Guarantee

One year guarantee includes labor as well as parts.

DC-to-DC Converters

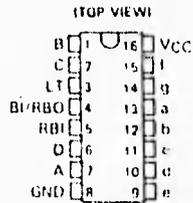
FALLA DE ORIGEN

SN5446A, '47A, '48, SN54LS47, 'LS48, 'LS49,  
SN7446A, '47A, '48, SN74LS47, 'LS48, 'LS49  
BCD-TO-SEVEN-SEGMENT DECODERS/DRIVERS

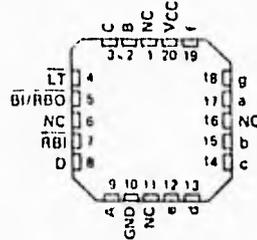
MARCH 1974 - REVISED MARCH 1988

46A, '47A, LS47 feature	48, 'LS48 feature	'LS49 feature
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Open-Collector Outputs Drive Indicators Directly</li> <li>• Lamp-Test Provision</li> <li>• Leading/Trailing Zero Suppression</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Internal Pull-Ups Eliminate Need for External Resistors</li> <li>• Lamp-Test Provision</li> <li>• Leading/Trailing Zero Suppression</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Open-Collector Outputs</li> <li>• Blanking Input</li> </ul>

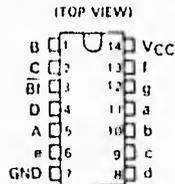
SN5446A, SN5447A, SN54LS47, SN5448  
SN54LS48 J PACKAGE  
SN7446A, SN7447A,  
SN7448 N PACKAGE  
SN74LS47, SN74LS48 D OR N PACKAGE



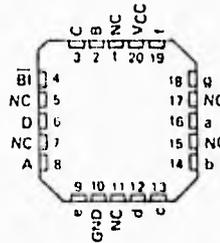
SN54LS47, SN54LS48 FK PACKAGE  
(TOP VIEW)



SN54LS49 J OR W PACKAGE  
SN74LS49 D OR N PACKAGE



SN54LS49 FK PACKAGE  
(TDP VIEW)



14C No internal connection

2  
TTL Devices



Operational Amplifiers/Buffers

LM725/LM725A/LM725C (Instrumentation) Operational Amplifier

General Description

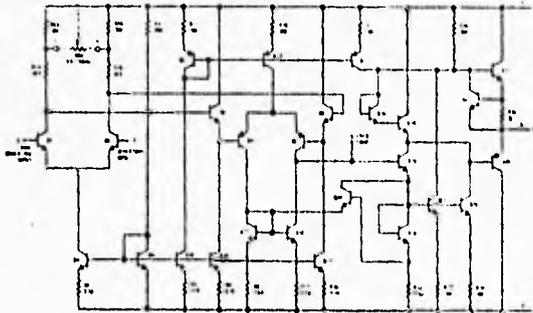
The LM725/LM725A/LM725C are operational amplifiers featuring superior performance in applications where low noise, low drift, and accurate closed-loop gain are required. With high common mode rejection and offset null capability, it is especially suited for low level instrumentation applications over a wide supply voltage range.

The LM725A has tightened electrical performance with higher input accuracy and like the LM725, is guaranteed over a  $-55^{\circ}\text{C}$  to  $+125^{\circ}\text{C}$  temperature range. The LM725C has slightly relaxed specifications and has its performance guaranteed over a  $0^{\circ}\text{C}$  to  $70^{\circ}\text{C}$  temperature range.

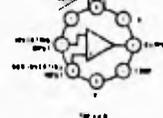
Features

- High open loop gain 3,000,000
- Low input voltage drift  $0.6 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
- High common mode rejection 120 dB
- Low input noise current  $0.15 \text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
- Low input offset current 2 nA
- High input voltage range  $\pm 14\text{V}$
- Wide power supply range  $\pm 3\text{V}$  to  $\pm 22\text{V}$
- Offset null capability
- Output short circuit protection

Schematic and Connection Diagrams



Metal Can Package



Order Number LM725H or LM725AH or LM725CH See NS Package H08C

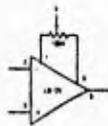
Dual In-Line Package



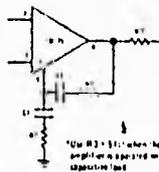
Order Number LM725CN See NS Package H08B

Auxiliary Circuits

Voltage Offset Null Circuit



Frequency Compensation Circuit



Compensation Component Values

$A_{vcl}$	R1 (k)	C1 (pF)	R2 (k)	C2 (pF)
10,000	10	50		
1,000	470	100		
100	47	10		
10	27	100	270	100
1	10	100	27	10

FALLA DE ORIGEN

**MOTOROLA  
SEMICONDUCTOR  
TECHNICAL DATA**



**6-Pin DIP Optoisolators  
Darlington Output  
(No Base Connection)**

The MOC8020 and MOC8021 devices consist of a gallium arsenide infrared emitting diode optically coupled to a monolithic silicon photodarlington detector.

- No Base Connection for Improved Noise Immunity
- High Sensitivity to Low Input Drive Current

**Applications**

- Appliances, Measuring Instruments
- I/O Interfaces for Computers
- Programmable Controllers
- Portable Electronics
- Interfacing and coupling systems of different potentials and impedances
- Solid State Relays

**MAXIMUM RATINGS** (T<sub>A</sub> = 25° C unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
--------	--------	-------	------

**INPUT LED**

Reverse Voltage	V <sub>R</sub>	3	Volts
Forward Current -- Continuous	I <sub>F</sub>	60	mA
LED Power Dissipation @ T <sub>A</sub> = 25° C with Negligible Power in Output Detector Derate above 25° C	P <sub>D</sub>	120	mW
		1.41	mW/°C

**OUTPUT DETECTOR**

Collector-Emitter Voltage	V <sub>CEO</sub>	50	Volts
Emitter-Collector Voltage	V <sub>ECO</sub>	5	Volts
Detector Power Dissipation @ T <sub>A</sub> = 25° C with Negligible Power in Input LED Derate above 25° C	P <sub>D</sub>	150	mW
		1.76	mW/°C

**TOTAL DEVICE**

Isolation Surge Voltage (1) (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 sec Duration)	V <sub>ISO</sub>	7500	Vac
Total Device Power Dissipation @ T <sub>A</sub> = 25° C Derate above 25° C	P <sub>D</sub>	250	mW
		2.94	mW/°C
Ambient Operating Temperature Range (2)	T <sub>A</sub>	-55 to +100	°C
Storage Temperature Range	T <sub>stg</sub>	-55 to +150	°C
Soldering Temperature (10 sec, 1/16" from case)	T <sub>L</sub>	210	°C

(1) Isolation surge voltage is an internal device dielectric breakdown rating. For the test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.  
(2) Refer to Quality and Reliability Section for test information.

**MOC8020**  
(CTR = 500% Min)  
**MOC8021**  
(CTR = 1000% Min)  
STYLE 3 PLASTIC



STANDARD THRU HOLE  
CASE 730A-04



"T" LEADFORM  
WIDE SPACED 0.4"  
CASE 730D-05

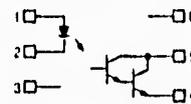


"S"/"F" LEADFORM  
SURFACE MOUNT  
CASE 730C-04  
(STANDARD PROFILE)



CASE 730F-04  
(LOW PROFILE)

**SCHEMATIC**



- PIN 1 LED ANODE
- 2 LED CATHODE
- 3 NC
- 4 EMITTER
- 5 COLLECTOR
- 6 NC

FALLA DE ORIGEN