

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

TAXIMETRO CON RELOJ BASADO EN EL
MICROCONTROLADOR 8749

TESIS PREVIA LA OBTENCION DEL TITULO EN
INGENIERIA EN LA ESPECIALIZACION DE
ELECTRONICA Y CONTROL

MARCO VINICIO RODRIGUEZ, RODRIGUEZ

QUITO, ABRIL DE 1993

*Certifico que el presente
trabajo de tesis ha sido
realizado en su totalidad
por el señor:*

Marco Vinicio Rodriguez R.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'B. Ledesma G.', written in a cursive style.

Ing. Bolívar Ledesma G.
DIRECTOR DE TESIS

AGRADECIMIENTO

De manera muy especial al Sr. Ing. Bolívar Ledesma G. Director de tesis por su valioso aporte humano y científico tanto en las aulas como durante el desarrollo del presente Tema de tesis.

DEDICATORIA

A mis padres, por que todo el esfuerzo diario realizado para mi educación se vea recompensado en este trabajo.

INDICE

INTRODUCCION

CAPITULO I ESPECIFICACIONES Y DISEÑO

INTRODUCCION	1
1.1. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA	13
1.1.1. Requerimientos de operación	14
1.2. DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA	
1.2.1. Diagrama de bloques	15
1.2.2. Descripción del sistema	17
1.3. CIRCUITO PRINCIPAL DE CONTROL	
1.3.1. Distribución de los recursos del microcontrolador	20
1.3.2. Interfaz para el encendido de los displays	22
1.3.3. Interfaz para el encendido de las barras luminosas	28
1.3.4. Sensor de impulsos	32
1.3.5. Decodificación de teclado	36
1.4. CIRCUITOS AUXILIARES Y DE PROTECCION	
1.4.1. Diseño de la fuente de poder	37
1.4.2. Protecciones	38
1.5. DISEÑO DE CIRCUITOS IMPRESOS	39
1.6. DISEÑO MECANICO DEL EQUIPO	41

CAPITULO II DESARROLLO DE SOFTWARE

2.1. REQUERIMIENTOS DEL SOFTWARE DEL MICROCONTROLADOR	45
2.2. DESCRIPCION GENERAL DE LOS PROGRAMAS	
2.2.1. Diagrama secuencial de estados	53
2.2.2. Programa principal	55
2.2.3. Diagrama de flujo general	56
2.2.4. Diagrama de flujo de las subrutinas	58
2.2.4.1. Subrutina de enceramamiento	58

2.2.4.2.	Subrutina Minuto de espera	58
2.2.4.3.	Subrutina para incrementar	61
2.2.4.4.	Subrutina para encendido de display	61
2.2.4.5.	Subrutina Reloj	64
2.2.4.6.	Subrutina de encendido de barras	66
2.2.4.7.	Subrutina teclado	66
2.2.4.8.	Subrutina de llamado a interrupción	70
2.2.4.9.	Subrutina contador de pulsos y kilómetros	70
2.2.4.10.	Funciones de las teclas en los diferentes estados	72
2.3.	DESARROLLO DE LAS RUTINAS EN ASSEMBLER DEL 8749	97
2.4.	REPROGRAMACION DE TARIFAS	97

CAPITULO III PRUEBAS Y RESULTADOS

3.1.	OPERACION DEL TAXIMETRO	
3.1.1.	Conexiones del taxímetro	102
3.1.2.	Puesta en marcha	103
3.1.2.1.	Inicio de una carrera	104
3.1.2.2.	Adición de extras	105
3.1.2.3.	Entrada a memorias	106
3.2.	CONTRASTACION DE LAS MEDICIONES DEL EQUIPO	106
3.3.	PRUEBA DE RESISTENCIA DEL EQUIPO	107
3.4.	ALCANCES Y LIMITACIONES DEL SISTEMA	109
3.5.	VERIFICACION TECNOLOGICA DEL TAXIMETRO	111
3.6.	FOTOS DEL EQUIPO	116

CAPITULO IV CONCLUSIONES

4.1.	ANALISIS DE RESULTADOS	120
4.2.	ANALISIS TECNICO ECONOMICO	123
4.3.	ANALISIS COMPARATIVO CON OTROS EQUIPOS	125
4.4.	CONCLUSIONES	128
4.5.	RECOMENDACIONES	130

BIBLIOGRAFIA

ANEXO A	CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS ELEMENTOS
ANEXO B	LISTADO DEL PROGRAMA DEL TAXIMETRO EN ASSEMBLER
ANEXO C	LISTADO DEL PROGRAMA EN QUICK BASIC
ANEXO D	MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

INTRODUCCION

Todo taxímetro que se comercialice e instale en el ECUADOR debe, por decreto, cumplir los requerimientos y normas dictados por el Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, en lo referente a características de operación, tolerancias en las medidas y formas de instalación.

En la actualidad, en nuestro país se comercializa una variedad de taxímetros que incorporan distintas tecnologías y de los cuales, solamente dos marcas corresponden a diseño y fabricación nacional. Todos, en mayor o menor medida, cumplen las normas impuestas por el INEN, aunque en algunos de sus acápite han pasado a ser obsoletas debido a los avances tecnológicos que han llevado a que todos los taxímetros modernos incorporen tecnología digital microprocesada.

En este trabajo de tesis se desarrolla el diseño y construcción del prototipo de un taxímetro digital basado en un microcontrolador en el que se busca como objetivo fundamental la reducción del costo del aparato sin dejar de cumplir las normas del INEN, a fin de poder ofrecer en el mercado local una alternativa que sea competitiva

tecnológicamente y a un precio reducido.

Este trabajo incluye el desarrollo de todo el soporte de software, tanto a nivel de lenguaje ensamblador del microcontrolador utilizado (INTEL 8749H), así como a nivel de un lenguaje de programación de alto nivel (QBASIC) que permita desde un computador personal realizar la tarea de reprogramación de tarifas del taxímetro. Adicionalmente se incluye la reseña y resultados obtenidos en todas las pruebas a las que se ha sometido al prototipo, en los laboratorios de la Escuela Politécnica Nacional, que demuestran la solvencia técnica del aparato y permiten garantizar su buena operación bajo cualquier condición externa de vibración, humedad o temperatura que esté dentro de las especificaciones del equipo.

Para lograr los objetivos planteados ha sido necesario dividir el desarrollo de este trabajo en cuatro capítulos:

En el primer capítulo, se detallan los requerimientos de hardware y se desarrolla el diseño de los circuitos que constituyen el equipo.

En el segundo capítulo, se detallan los requerimientos de software y se desarrolla el diseño del software para el funcionamiento del equipo. Se explican en detalle todas las rutinas desarrolladas en el microcontrolador.

El tercer capítulo, resume los resultados experimentales de

las pruebas a las que fue sometido el equipo para comprobar su confiabilidad.

Finalmente, el capítulo cuarto muestra una serie de conclusiones y recomendaciones que pueden ayudar al desarrollo de futuros trabajos relacionados con el presente tema.

CAPITULO I

ESPECIFICACIONES Y DISEÑO

INTRODUCCION

A continuación se reproduce en forma textual los requisitos de operación, instalación y uso de taxímetros aprobado por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

" REGULACION RG43

 REQUISITOS PARA LA INSTALACION
 Y USO DE TAXIMETROS

El Director General del Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, en uso de la atribuciones que le confiere la Ley de Pesas y Medidas vigente, emite la siguiente:

 REGULACION

 TITULO I
 CAPITULO 1
 TERMINOLOGIA

Art.1 Taxímetros: Son instrumentos de medición instalados en vehículos de ser-

vicio público que progresivamente suman e indican en todo instante el valor que debe pagar el usuario en términos de distancia recorrida y tiempo de funcionamiento, independiente de cualquier valor extra autorizado.

Constante K del taxímetro.
Es una cantidad característica del taxímetro que indica el tipo y el número de señales que el instrumento recibe para determinar correctamente la distancia de 1 Km, recorrida. Esta constante K se expresa de la siguiente manera:

a) En revoluciones por Km indicado (rev/Km), cuando el dato relacionado a la distancia recorrida por el vehículo es introducido en el taxímetro en forma de un número de revoluciones de su mecanismo de operación; y,

b) En impulso de kilómetro indicado (im/km), si éste es introducido en forma de señales eléctricas.

Coefficiente característico W del vehículo. W es el coeficiente característico del vehículo e indica el tipo y el número de señales entregadas al mecanismo de operación del taxímetro por un (1) km de distancia recorrida y debe aparecer enmarcado en la parte correspondiente del taxímetro.

El coeficiente W se expresa:

a) En revoluciones por km recorrido (rev/km); o,

b) En impulsos por km recorrido (imp/km), de manera que la información de la distancia cubierta por el vehículo aparezca como un número de revoluciones del componente que acciona el taxímetro, mediante señales eléctricas.

Circunferencia efectiva U de las ruedas. La circunferencia efectiva U de la rueda motriz del vehículo a la cual se acopla el taxímetro, es la distancia recorrida al término de una revolución completa de dicha rueda. Cuando el taxímetro se acopla a las dos ruedas motrices, la circunferencia efectiva será el promedio de la circunferencia efectiva de ellas.

La circunferencia efectiva (U) se relaciona con el coeficiente característico W del vehículo; es inversamente proporcional y son inversamente proporcionales entre sí.

Mecanismo de ajuste. Es el dispositivo que permite el ajuste de K y W, de manera que W difiera en menos del uno por ciento con respecto de K.

Error del taxímetro. Son los errores instrumentales de éste.

Velocidad crítica. Es aquella que establece el punto de equilibrio entre las tarifas por distancia recorrida y tiempo transcurrido, dando iguales valores para pagar.

Se calculará de la si-

guiente manera:

$$Vc = \frac{\text{tarifa.de.tiempo}}{\text{tarifa.de.distancia}}$$

CAPITULO 2 CONDICIONES NORMALES DEL VEHICULO PARA ENSAYO

Art.2 Se entenderá por condiciones normales de ensayo: la carga en el vehículo corresponda al peso de dos personas adultas, incluyendo al chofer; las llantas estén infladas a la presión especificada por el fabricante y en buenas condiciones; el vehículo esté en buenas condiciones eléctricas y mecánicas de operación y completo en sus partes básicas; y, que marche en línea recta, a una velocidad de 35 a 40 Km/h.

CAPITULO 3 UNIDADES DE MEDICION

Art.3 Las unidades de medición autorizadas para taxímetros son:

- Metro o kilómetro para distancias;
- segundo, minuto u hora para tiempo; y,
- sucres, como unidad monetaria.

CAPITULO 4 DEL SISTEMA DE MEDICION Y CALCULO

Art.4 El taxímetro calculará y marcará el valor a pagar únicamente en base de:

La distancia recorrida, cuando el vehículo viaje a una velocidad igual o mayor que la velocidad crítica;

El tiempo transcurrido, cuando el vehículo viaje a una velocidad menor que la velocidad crítica, o haya detenido su marcha por una señal, congestión de tránsito u otro obstáculo.

Art.5 El sistema de indicación del valor a pagar será susceptible de avanzar, con respecto al mecanismo de distancia, únicamente por la rotación de las ruedas del vehículo. En marcha atrás no causará reducción en la indicación del valor a pagar ni en la distancia recorrida.

Art.6 El sistema de indicación del valor a pagar será susceptible de avanzar, con respecto del mecanismo de tiempo, únicamente por la acción del reloj de trabajo, el cual será activado sólo por el mecanismo interno del taxímetro.

Art.7 Cuando el reloj de trabajo sea de tipo mecánico y operado por cuenta manual,

debe trabajar por lo menos 8 horas sin darle cuerda nuevamente; si es necesario activarlo en cada operación manual antes de la puesta en funcionamiento del taxímetro, debe durar por lo menos 2 horas.

Si el reloj de trabajo es de tipo eléctrico, debe funcionar permanentemente.

Art.8 El valor de la arrancada corresponderá a una distancia recorrida o a un tiempo transcurrido, cualquiera que se cumpla primero.

Los mecanismos de distancia y tiempo comenzarán a actuar sobre el sistema de indicación del valor a pagar, sólo después de haber cumplido la distancia o el tiempo especificados en las regulaciones de tarifas.

Los siguientes aumentos del sistema de indicación del valor a pagar corresponderán a iguales distancias o tiempos iguales de incremento, dependiendo del mecanismo que esté actuando sobre el sistema.

Independiente de la tarifa usada, la relación entre la distancia inicial de arrancada y los siguientes intervalos de

distancia será la misma entre el tiempo inicial de arrancada y los siguientes intervalos de tiempo.

El ajuste tarifario sólo podrá realizar la cantidad delegada para tal efecto.

CAPITULO 5 DEL MECANISMO DE CONTROL

Art.9 Los componentes del taxímetro se activarán únicamente al acoplarse a un solo mecanismo de control, en una de las siguientes posiciones autorizadas:

- a) Posición libre
- b) Posición de trabajo, y
- c) Posición pagar.

Art.10 En posición LIBRE:
No habrá indicación de ningún valor a ser pagado, o si lo hay, esta indicación debe marcar cero (0);

Los mecanismos de distancia y tiempo no deben operar al sistema de indicación del valor a pagar;

El totalizador que indica la distancia recorrida debe permanecer apagado;

y, el indicador del valor correspondiente a extras debe estar vacío o indicar cero.

Art.11 En posición de trabajo:
El mecanismo de control debe estar diseñado de tal manera que, comenzando en la posición libre, pueda ser puesto sucesivamente en las diferentes posiciones de trabajo, correspondientes a las diferentes tarifas en vigencia, de acuerdo al orden de magnitud;

La secuencia de las diferentes posiciones de trabajo podría ser efectuado automáticamente, como función de cierta distancia recorrida, o de cierto tiempo transcurrido, especificados por las regulaciones de las tarifas;

En esta posición, los mecanismos de tiempo y distancia estarán conectados y también los extras, si los hay.

Art.12 En la posición PAGAR:
Debe indicar el valor final del alquiler que pagará el pasajero, independiente de otros extras; en esta posición, el mecanismo de tiempo debe ser desconectado.

CAPITULO 6 DE LA OPERACION DEL MECANISMO DE CONTROL

Art.13 La operación del mecanismo de control está sujeta a

las siguientes restricciones:

a) Iniciado desde la posición de trabajo para cualquier tarifa, no será posible poner el taxímetro en posición libre, sin ir a través de la posición PAGAR.

b) Iniciando desde la posición PAGAR, no será posible poner el taxímetro en la posición de trabajo sobre alguna tarifa, sin ir a través de la posición libre;

c) Los cambios de tarifas efectuados a través de la posición libre, será posible cuando se cumplan las condiciones de encerado de los sistemas de indicación del mecanismo de control para dicha posición; y,

d) No será posible colocar el mecanismo de control en otra posición que no sean las señaladas en los literales anteriores.

CAPITULO 7 DEL SISTEMA DE INDICACION

Art.14 El dial o la carátula de lectura del taxímetro debe estar diseñado de tal manera que el usuario pueda leer fácilmente el tipo de tarifa, el valor a pagar y los extras autorizados.

Art.15 El valor a ser pagado, independiente de extras, será la simple lectura de los caracteres numéricos del sistema de indicación que tendrán una altura mínima de 10mm.

Art.16 Tan pronto como el taxímetro sea puesto en operación desde la posición libre, la tapa del indicador del valor a pagar, si la hay, debe retraerse y mostrar un valor fijo, correspondiente al valor de arrancada del vehículo.

Art.17 El indicador del valor a pagar se incrementará sucesivamente en un valor monetario constante, tan pronto como el valor fijado para la arrancada haya sido igualado.

Art.18 El taxímetro será provisto de un mecanismo de indicación que permita leer en cualquier momento el valor a pagar e incluirá totalizadores de una altura mínima de 4mm, para indicar:

a) la distancia total recorrida por el vehículo.

b) El número total de contratos; y,

c) El monto en sucres del total de extras cobrados.

Art.19 El taxímetro debe estar

provisto de un adecuado sistema de iluminación que facilite leer las indicaciones que aparecen sobre la carátula e instalado de tal manera que su cambio se realice sin abrir las partes selladas.

Art.20 El taxímetro podrá estar equipado, entre otros, con aparatos adicionales, como:

a) Indicadores de extras que automáticamente regresan a cero en la posición libre;

b) Medidores de control a pedido de los propietarios de los vehículos;

c) Impresor del valor a pagar; y,

d) Repetidores del mecanismo de control que indiquen en el exterior del vehículo la posición de trabajo o la tarifa usada, etc.

TITULO II
CAPITULO 1
CONSTRUCCION

Art.21 Las partes esenciales del taxímetro serán construídas de materiales resistentes.

Las carcazas, el elemento

de ajuste y la cubierta del piñón de transporte, deber ser herméticas, a fin de que las partes esenciales del mecanismo estén protegidas de manipulación no autorizada, del polvo y la humedad.

Art.22 El mecanismo de ajuste podrá estar ubicado dentro o fuera de la carcasa del instrumento y debe permitir el ajuste de la constante K al número W característico del vehículo en el cual es instalado, con la tolerancia del uno por ciento.

Art.23 El taxímetro será diseñado de tal manera que permita el ajuste necesario, para ponerlo en conformidad con los cambios de tarifas impuestos por nuevas Reguleciones. Cuando el número de indicadores de tarifas en el instrumento sea mayor que el de tarifas en vigencia, el excedente de indicadores de tarifas debe desconectarse.

CAPITULO 2 IDENTIFICACION

Art.24 Todo taxímetro debe tener obligatoriamente las siguiente inscripciones:

a) Nombre y dirección del fabricante y su marca registrada;

b) Modelo y número de producción;

c) La marca INEN de aprobación del modelo;

d) La constante K, en rev/km o imp/km.

Art.25 Todo taxímetro debe llevar una placa que permita anotar:

a) Indicaciones relativas al instrumento, o al vehículo;

b) Fijación de las marcas de verificación inicial y periódicas.

Art.26 **Inscripciones Especiales:**
En las cercanías de los diales del sistema de indicación debe existir una leyenda en idioma castellano que identifique, en forma clara y legible, a que corresponde cada indicación.

El signo sures debe estar escrito junto a la indicación del valor a pagar por recorrido y extras.

CAPITULO 3 TOLERANCIAS

Art.27 Las tolerancias para el taxímetro, como instrumento de medida en el momento de su calibración, serán las que se detallan a con-

tinuación:

a) Para la distancia inicial correspondiente al valor de arrancada, el dos por ciento del valor real (2%).

b) Para los tiempos subsiguientes, el tres por ciento del valor real (3%).

Art.28 Tolerancias para el ajuste de los instrumentos:

La constante W característica del vehículo debe diferir, en uno por ciento o menos, de la constante K del taxímetro.

Art.29 Tolerancias para taxímetro instalados:

Para la verificación de taxímetros bajo condiciones normales de ensayo, las tolerancias serán las siguientes:

Para distancia:

a) Para indicaciones, en más: el uno por ciento, de la distancia de ensayo.

b) Para indicaciones, en menos: el dos por ciento, de la distancia de ensayo.

Para tiempo:

a) Para indicaciones, en más: 3 segundos por minuto,

b) Para indicaciones, en menos: 6 segundos por minuto.

CAPITULO 4 DE LOS SELLOS DE PROTECCION Y GARANTIA

Art.30 Los mecanismos del taxímetro estarán construidos de tal manera que permitan ser sellados con sistema de pasador o por marcas de garantía:

a) La carcasa que encierra el mecanismo interno del taxímetro;

b) El casco del mecanismo de ajuste, si el aparato es exterior a la carcasa del taxímetro;

c) Las cubiertas y cables de los aparatos eléctricos o mecánicos que forman las conexiones entre la entrada del taxímetro y las correspondientes partes provistas sobre el vehículo para conexión con el instrumento, incluyendo las partes desechables del mecanismo de ajuste.

CAPITULO 5 DE LOS CONTROLES METROLOGICOS

Art.31 El Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, realizará los siguientes controles, en los taxímetros a instalarse:

a) Aprobación del modelo y sus modificaciones;

b) Verificación inicial de los taxímetros nuevos;

c) El sello de control, en lo que se refiere a material y a su colocación.

Art.32 El INEN elaborará y aprobará los métodos y procedimientos para control de exactitud.

Art.33 Los taxímetros reparados o reajustados serán verificados de acuerdo a lo que establecerá el INEN.

Art.34 Sello de control:
Los resultados de los controles serán autenticados con uno o más sellos de control que se colocarán en los instrumentos que cumplan con los requisitos establecidos en esta Regulación. Estos sellos serán fijados únicamente por funcionarios autorizados por el INEN.

CAPITULO 6

INSTALACION DEL TAXIMETRO

Art.35 El taxímetro debe estar colocado de tal manera que el pasajero, sentado en el asiento posterior del vehículo, tenga visibilidad directa al sistema de indicación y de los mecanismos de control.

Art.36 El taxímetro se sujetará adecuadamente a partes fijas del vehículo, de tal manera que no sea afectado por cualquier otro movimiento que no sea del mismo; el sistema de identificación estará protegido de la incidencia directa de la luz solar que dificulte la lectura de los valores; será ubicado en un lugar que reúna condiciones adecuadas de: iluminación, temperatura, humedad y vibración.

Permitirá el acceso directo y fácil a la placa de identificación y control metrológico, así como a los mecanismos que deban ser sellados; las conexiones eléctricas y mecánicas serán cubiertas y sujetas de tal manera que no se produzcan en forma accidental deterioros o desconexiones que afecten el correcto funcionamiento del instrumento.

CAPITULO 7

INSPECCION Y ENSAYOS

Art.37 Previo a los ensayos de exactitud, distancia y tiempo, se constatará los siguientes requisitos:

a) Instalación

b) Placas de inscripción de marca y verificación

	c) Facilidades para la colocación de los sellos.	Art.39	Los ensayos de campo se realizarán en los sitios y lugares que el INEN califique como aptos y los acondicione para este fin.
Art.38	Mediante ensayos de campo se verificarán los siguientes aspectos:		
	Lo = Distancia inicial de arrancada.		Para la realización de los ensayos de campo se solicitará la colaboración y presencia de funcionarios de la Policia de Tránsito."
	to = Tiempo inicial de arrancada.		
	L = Distancia recorrida.		
	t = Tiempo transcurrido.		

Como se puede apreciar, estas normas definen todo lo que debe tener un taxímetro, pero además se tienen otros términos que no se utilizaron y son de mucha ayuda como son:

Extras. Permite añadir al importe a pagar una cantidad fija considerada como extra, un número de veces máximo. Así por ejemplo si su valor es de \$ 200, y el número máximo de extras es 3, al momento de obtener el importe a pagar se podrá añadir por concepto de extras una cantidad de \$ 200, \$ 400 ó \$ 600 al valor normalmente obtenido por la carrera. El valor de extra se lo puede utilizar, por ejemplo, para valorar cada maleta o persona adicional a partir de una cantidad mínima de maletas o personas.

Suplementos. Permite añadir al importe a pagar un porcentaje de esa cantidad, considerado como suplementario bajo condiciones especiales bajo las cuales se ha realizado la carrera, como por ejemplo días festivos o en la madrugada.

La tarifa para la utilización de los taxímetros la regula el Consejo Nacional de Tránsito y está compuesta de los siguientes valores:

Un valor de ARRANCADA que es el valor inicial con el que empieza a contar el taxímetro, ya sea por distancia o por tiempo.

Un valor en sucres por el KILOMETRO RECORRIDO por el vehículo, cuando sobrepase la velocidad crítica.

Un valor de TIEMPO DE ESPERA POR MINUTO, cuando el vehículo vaya a una velocidad inferior a la velocidad crítica o cuando esté detenido.

Un valor de INCREMENTOS fijos, para incrementar el valor de la carrera ya sea por tiempo o por distancia.

Así por ejemplo si consideramos una Tarifa 1 con la que permite al taxímetro arrancar con valor de "ARRANCADA" (A_1) e ir incrementando el importe a pagar en base a INCREMENTOS de (I_1) sucres y en función de las tarifas N^o 1, de MINUTO DE ESPERA (M_1) y de costo de KILOMETRO RECORRIDO (K_1), se define una velocidad crítica (V_{km1}) que es determinada en base a la siguiente relación:

$$V_{km1} = (M_1 / K_1) * 60 [Km/h]$$

El intervalo de tiempo T_1 entre cada incremento en el taxímetro cuando está operando bajo tarifa de MINUTO DE ESPERA se determina internamente de acuerdo a la siguiente relación:

$$T_1 = (I_1 / M_1) * 60 [seg]$$

De esta manera, si se considera como ejemplo el siguiente conjunto de parámetros para la tarifa 1, que son los que están vigentes actualmente (Enero de 1993) por el Consejo Nacional de Tránsito.

Arrancada	$A_1 =$	\$ 260
Minuto de espera	$M_1 =$	\$ 60
Kilómetro recorrido	$K_1 =$	\$ 260
Incrementos	$I_1 =$	\$ 5

Se procesa esta información y el taxímetro opera en base a los siguientes parámetros auxiliares:

Velocidad crítica	$V_{km1} =$	13.85	Km/h.
Intervalos	$T_1 =$	5.0	seg.

Para la Tarifa 2, con parámetros diferentes de ARRANCADA, INCREMENTOS, MINUTO DE ESPERA y costo de KILOMETRO RECORRIDO, a los de la tarifa 1, se define otra velocidad crítica (V_{km2}) y otros intervalos de tiempos (T_2), en base a las mismas relaciones anteriores.

1.1 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

Partiendo de los requerimientos que indica el INEN para los taxímetros se propone en este trabajo de tesis: diseñar y construir un taxímetro de bajo costo basado en un microcontrolador. El equipo deberá realizar el trabajo de procesar la señal enviada por un módulo intercalado en la cadena del velocímetro del automóvil para establecer el costo de una carrera en función de las tarifas vigentes.

Los resultados se muestran en una pantalla digital de 5 displays tipo LED. Se dispondrán los indicadores necesarios para visualizar la posición de trabajo del aparato.

El Taxímetro deberá tener implementadas las subrutinas que permitan realizar el siguiente conjunto de funciones:

- Dos tarifas independientes
- Extras

7 memorias, para guardar información sobre:

- El dinero total realizado
- Número de carreras
- Kilómetros recorridos en "libre" (resolución = 0,1 Km)
- Kilómetros recorridos en "ocupado" (resolución = 0,1 Km)
- Número de serie del taxímetro
- Constante del automóvil
- Calibración de la constante

- Reloj
- El taxímetro deberá ser lo más pequeño posible, y se desea que haya facilidad de llevarlo a todas partes, es decir que sea portátil.
- Debe alimentarse con 12V, con variaciones que estén entre 8 y 16V, que corresponde al voltaje que puede tenerse en un automóvil.
- Tendrá un solo conector posterior por donde entren y salgan todas las señales eléctricas que necesite el aparato.

Adicionalmente se tendrán las protecciones y fuentes reguladas de polarización necesarias para el adecuado funcionamiento del equipo.

De la misma forma se deberá diseñar el software necesario en Quick Basic por medio del cual un computador personal pueda realizar la reprogramación de las tarifas que el Consejo Nacional de Tránsito apruebe.

1.1.1 Requerimientos de operación

En base a lo expuesto por el INEN en el Art.9 hasta el Art.20 sobre la operación del taxímetro en las diferentes posiciones, en el diagrama de flujo de la figura N° 1.1 se muestran las diferentes posiciones del taxímetro, y la secuencia de

operación que en este trabajo se propone, incluyendo la posición "reloj", la cual no afecta en nada a lo impuesto por el INEN.

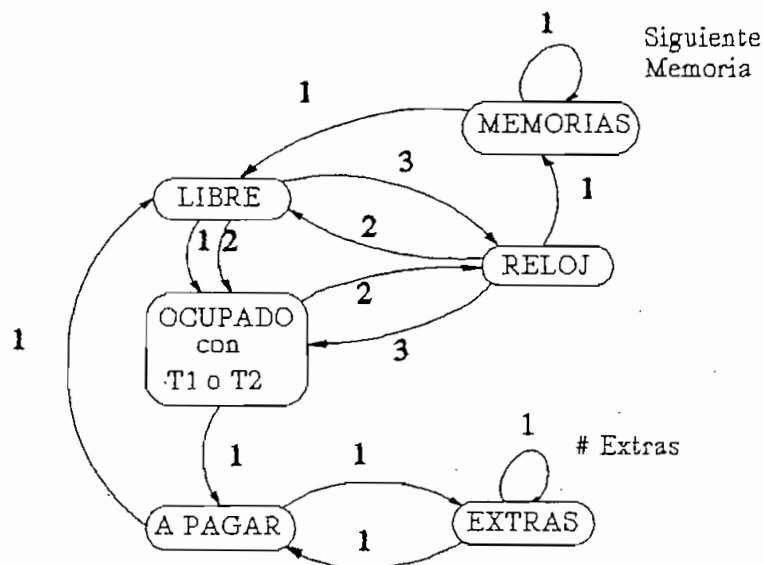


Figura 1.1 Diagrama de operación del Taxímetro

Por facilidad de descripción se define estado del taxímetro como la posición en la que se encuentra. Por ejemplo, posición libre, de trabajo y pagar, corresponde a los estados LIBRE, OCUPADO y A PAGAR, además se tiene otros estados que son definidos en el CAPITULO II.

1.2 DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA

1.2.1 Diagrama de bloques

En el diagrama de bloques generalizado de la figura N° 1.2 se puede visualizar las diferentes etapas necesarias para lograr

el diseño de un taxímetro:

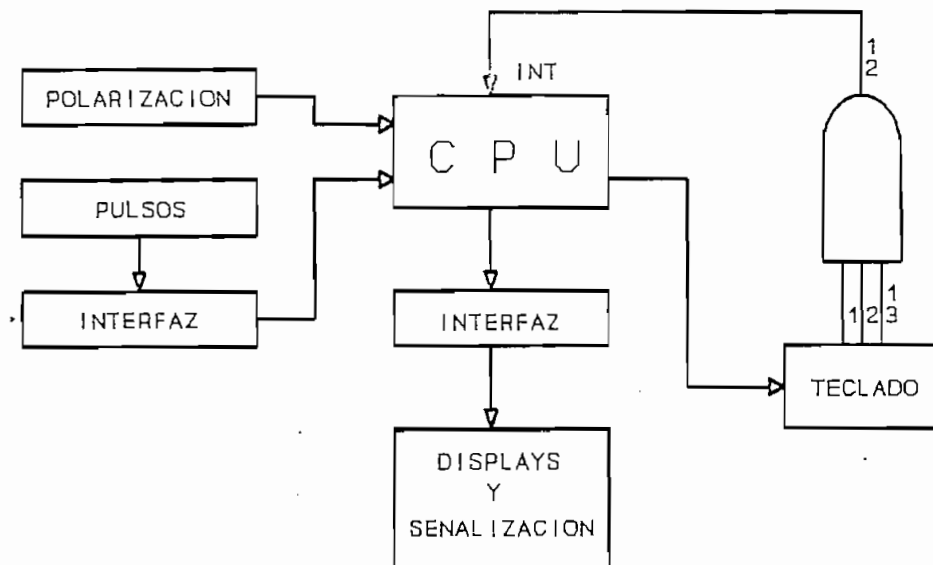


Figura 1.2 Diagrama de bloques

- El circuito de polarización se alimentará directamente de la batería del automóvil y deberá tener una regulación de voltaje tal que ante el rango de variación del voltaje de entrada pueda garantizar un voltaje de salida constante de 5 voltios para que el circuito de control pueda operar apropiadamente. Todos los componentes del equipo se polarizarán con este voltaje.

- El módulo sensor de impulsos, intercalado en la cadena del velocímetro del automóvil, envía pulsos al microcontrolador por medio de un interfaz que mejora la calidad de la señal para su adecuado procesamiento. Estos pulsos permitirán al microcontrolador evaluar la distancia recorrida y la velocidad del automóvil.

- La unidad central de proceso, cuyas funciones serán: evaluar el costo de una carrera, actualizar las memorias, manejar directamente el display y el teclado, así como los indicadores de estado y, generar las bases de tiempo para el reloj.

Las señales para el encendido de los displays y los indicadores de señalización salen del microcontrolador y pasan a través de un interfaz para su adecuado funcionamiento.

1.2.2 Descripción del sistema

Con el objetivo de bajar costos con respecto a otros taxímetros similares se utiliza la mínima cantidad de componentes pero, buscando que se cumplan los requerimientos especificados por el INEN.

Así por ejemplo, es suficiente utilizar cinco displays para la pantalla, que tengan una adecuada visibilidad en ambientes de mucha claridad, ya que permiten tener una capacidad de indicación de hasta \$ 99999 que será suficiente para cualquier importe a pagar, desde la fecha actual hasta después de muchos años.

El número de barras luminosas tipo LED a ser utilizado depende de los estados que requieren ser mostrados. Así por ejemplo: El estado LIBRE no se indica con barras de LED; se muestra el mensaje "Libre" escrito en el display. En el estado OCUPADO, se indica en qué tarifa está la carrera, sea esta "tarifa 1" o

"tarifa 2" lo que debe hacerse con indicadores diferentes para que el usuario sepa en cualquier momento en qué tarifa se encuentra la carrera con los mensajes a mostrarse "T1" y "T2" respectivamente. El estado A PAGAR se indica en una barra con el mensaje "TOTAL". El estado RELOJ se lo indica con una barra luminosa que lleva el dibujo de un reloj. El estado de EXTRAS no se muestra con indicador, debido a que en nuestro medio esta opción no es utilizada, y además el INEN se refiere a éste como opcional. El estado de MEMORIAS no se lo indica con barras de LEDs; se lo realiza por medio de los displays indicando claramente el número de memoria en la que se encuentra. Por lo expuesto se utiliza un total de 4 barras luminosas tipo LED para indicar el estado del taxímetro.

Para saber el número de teclas que se necesita se parte del diagrama de flujo de operación del taxímetro que se muestra en la figura N° 1.1, en el que se puede ver claramente que se requiere de tres vías para ir a cada uno de los estados, esto se lograría con una combinación de dos teclas, pulsando la tecla 1, tecla 2 y ambas teclas. Sin embargo el pulsar ambas teclas al mismo tiempo podría ocasionar problemas, porque en algunos casos no se llegaría a pulsar las dos teclas, entrando en algún estado de la tecla 1 o de la tecla 2, por lo que se opta por colocar 3 teclas que funcionan en forma independiente y no en combinación de éstas.

De lo expuesto anteriormente, la figura N° 1.3 resume la constitución mínima del taxímetro, con los elementos de indicación y maniobra requeridos:

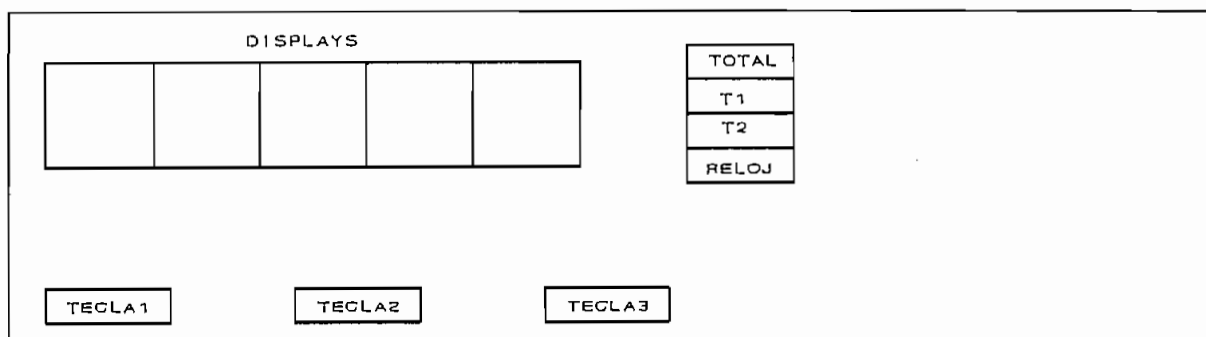


Figura 1.3 Distribución de elementos

1.3 CIRCUITO PRINCIPAL DE CONTROL

Para empezar el diseño del circuito de control, primeramente se debió escoger el microcontrolador con el cual se podía trabajar, ya que éste es el que va a comandar prácticamente a todo el sistema.

Observando los diferentes microcontroladores que ofrece el mercado, se escogió el 8749H de Intel, ya que éste ofrece excelentes características técnico-económicas para la aplicación en el taxímetro que se va a construir.

Para mayor información y el set de instrucciones del microcontrolador referirse al anexo A.

A más de todas las facilidades técnicas que presta el microcontrolador 8749H, es de fácil adquisición en el mercado local a precios relativamente convenientes.

Otra de las circunstancias que llevó a utilizar este elemento es la facilidad de conseguir los simuladores correspondientes,

los cuales se encuentran implementados en un computador personal y en general se cuenta con las herramientas necesarias que facilitan el desarrollo de proyectos en base a este microcontrolador.

1.3.1 Distribución de los recursos del microcontrolador

Aprovechando que el microcontrolador tiene dos pórtricos (P1 y P2) y un bus de datos (P0) se ha realizado la distribución de la siguiente manera:

El pórtrico P0 es el encargado de generar la señal de barrido de los cinco displays y de tres indicadores luminosos; el pórtrico dos será el encargado de la habilitación de los diferentes segmentos de los displays; tres líneas del pórtrico uno manejarán el teclado, una línea adicional de este pórtrico encenderá un indicador luminoso, y otra línea habilitará los diferentes puntos de los displays; a la entrada T1 del microcontrolador llegará la señal de los pulsos del módulo para efectuar el conteo de los mismos.

Por último, al presionar cualquier tecla se generará una señal en la entrada INT, la cual el microcontrolador leerá periódicamente para detectar si una tecla ha sido presionada y realizar la función que esté asignada a la misma.

En base a esta distribución de los pórtricos del microcontrolador, la figura N^o 1.4 muestra el circuito total propuesto para el funcionamiento del taxímetro.

1.3.2 Interfaz para el encendido de los displays

Los Displays HDSP 5501 son de ánodo común y alta eficiencia luminosa diseñados para brindar una visibilidad excelente a una distancia de hasta cinco metros y aún en ambientes de mucha claridad. Han sido seleccionados por poseer las características más apropiadas para este tipo de aplicación, para mayor información refiérase al anexo A. Con estos displays el dígito mostrado es de 14.22 mm lo que satisface las normas del INEN, aunque con un costo relativamente alto.

En la figura N^o 1.4 se observa que el p^ortico P0 genera las señales para tener un barrido secuencial en los ánodos de los displays; el p^ortico dos (P2) comanda el activado de los segmentos de los displays. El encendido de los displays se realiza por medio de un barrido secuencial, ésto es, primero se prende el uno y se lo apaga, luego el siguiente y se lo apaga, y así sucesivamente; si este proceso se lo hace rápido el efecto visual es como si se prendieran todos los displays al mismo tiempo.

El microcontrolador no tiene la suficiente capacidad de corriente para encender los displays por lo que se coloca un buffer (amplificador) de corriente que tenga la capacidad necesaria. Como el microcontrolador tampoco puede absorber mucha corriente se coloca otro buffer de corriente que sirve para cerrar la circulación de corriente de cada segmento del display. (Véase circuito equivalente figura N^o 1.5).

Para que un segmento de un display se vea con una adecuada brillantez se necesita una corriente media de 10 mA; de acuerdo a las rutinas desarrolladas (Véase CAPITULO II) para la operación del taxímetro, se tiene una relación de trabajo (duty cycle) $\delta \approx 1/10$. Entonces, se necesitará un pulso de corriente pico de 100 mA por segmento. Como cada display tiene 7 segmentos y punto decimal (dp) que se pueden encender al mismo tiempo, se necesitará una corriente pico de 800 mA que deberá ser provista por el buffer que alimenta cada ánodo común de los displays. La corriente media por display será de 80 mA. Como se tiene 5 displays se necesitará una corriente media de 400 mA, que deberá ser provista por la fuente regulada del aparato.

"Sprague" ofrece dentro de la serie de drivers UDN-2980A, el C.I. UDN-2981A que es un "buffer" que entrega corriente con la suficiente capacidad para nuestro caso, que se puede utilizar como un interfaz entre niveles de lógica digital de baja potencia y relés, solenoides, motores de paso y leds; también es compatible con la tecnología TTL, DTL y CMOS operando a un voltaje de 5V. Para mayor información sobre este integrado referirse al anexo A.

En el manual "Sprague" se encontró la serie ULN-2000A que son drivers que reciben corriente. El ULN-2003A es un arreglo de transistores darlington de alta capacidad de corriente, suficiente para el manejo de los diferentes segmentos de los displays. Este driver de corriente tiene una resistencia de base en cada arreglo darlington la cual permite una operación

directa con tecnología TTL y CMOS si opera a un voltaje de 5V. El ULN-2003A puede manejar una corriente de hasta 500 mA. Para mayor información sobre este integrado referirse al anexo A.

El cálculo de la resistencia limitadora de corriente para tener una adecuada iluminación de los displays teniendo en cuenta el circuito equivalente de la figura N° 1.5 es:

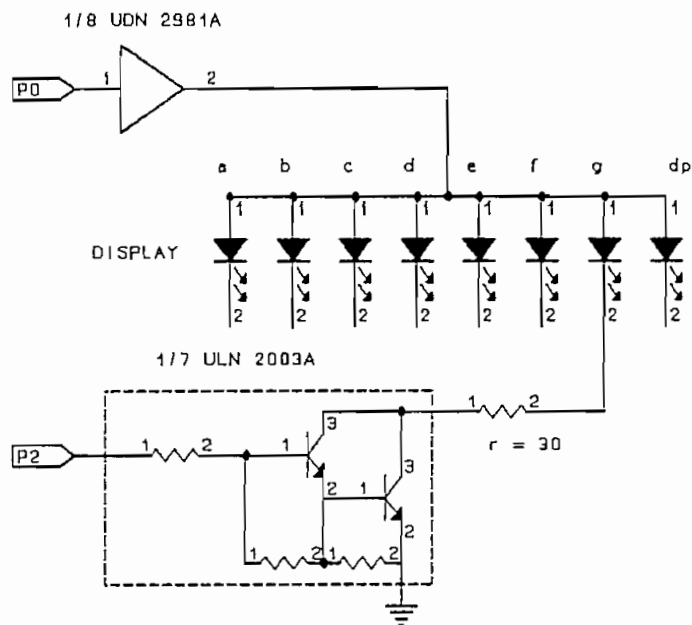


Figura 1.5 Circuito equivalente

$$I = \frac{V_{CC} - V_{satUDN} - V_{satULN} - V_F}{I_{pico}}$$

en donde:

$$V_{CC} = 5V$$

$$V_{satUDN} = 0.2 V$$

$$V_{satULN} = 0.2 V$$

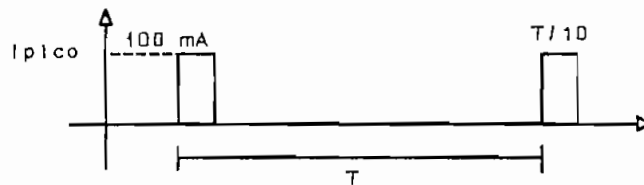
$$V_F = 1.8 V = \text{Voltaje que cae en cada led rojo}$$

$$I_{pico} = 100 \text{ mA}$$

Reemplazando estos valores se tiene que $r = 28 \text{ Ohm}$ por lo que se utilizará resistencia de:

$$r = 30 \text{ Ohm.}$$

La potencia que disipa cada resistencia se calcula en base al valor RMS de la corriente. Así se tiene que:



$$P = I_{RMS}^2 * r$$

la corriente RMS se calcula

$$I_{RMS} = I_{pico} * \sqrt{\delta}$$

en donde:

$$I_{pico} = 100 \text{ mA}$$

$$\delta = 1/10$$

$$r = 30 \text{ Ohm}$$

Reemplazando tenemos

$$P = 0.03 \text{ W, por lo que se usarán resistencias de } 1/4 \text{ W.}$$

Además se tiene que colocar una resistencia integrada de "pullup" en el bus de datos (P0 del microcontrolador) debido a las características propias del 8749H (refiérase al anexo A). La resistencia integrada de "pullup" es de 10 K.

El encendido de los diferentes puntos decimales (dp) de los displays se realiza mediante el pórtico uno (P1.6). Se necesita una corriente pico de 100 mA, tal como en el caso de los segmentos de los displays. Esto se logra mediante un amplificador de corriente con un transistor NPN de propósito general. Observando los diferentes transistores que ofrece el mercado se encontró que el ECG 123AP es capaz de manejar una corriente de 600 mA, con un voltaje colector-emisor de 60 V, por lo que satisface por demás los requerimientos de corriente y voltaje. En la figura N  1.6 se puede apreciar el diseño de esta etapa.

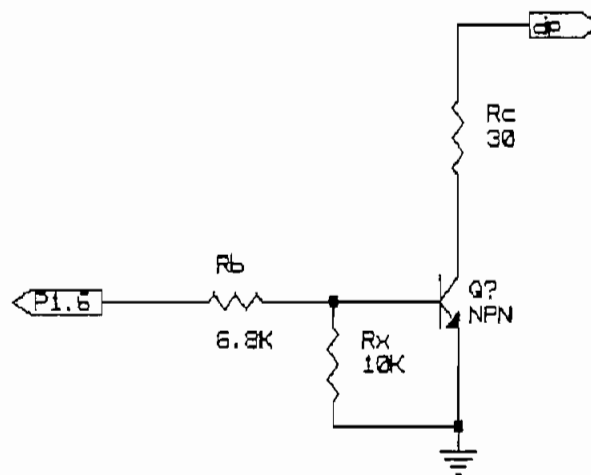


Figura 1.6 Amplificador

El cálculo de las diferentes resistencias del circuito es el siguiente:

$$R_c = \frac{V_{CC} - V_{satUDN} - V_{satCE} - V_P}{I_{pico}}$$

en donde:

$$V_{CC} = 5 \text{ V}$$

$$V_{\text{sat CE}} = 0.2 \text{ V}$$

$$V_{\text{satUDN}} = 0.2 \text{ V}$$

$$V_F = 1.8 \text{ V} = \text{Voltaje que cae en el dp.}$$

$$I_{\text{pico}} = I_c = 100 \text{ mA}$$

Reemplazando estos valores se tiene que $R_c = 28 \text{ Ohm}$ y se usará una resistencia de:

$$R_c = 30 \text{ Ohm}$$

Para la resistencia de base se tiene:

La corriente de base con la que se satura el transistor es:

$$I_b = \frac{I_c}{h_{FE}}$$

en donde:

$$h_{FE} = 200$$

$$I_c = 100 \text{ mA}$$

Reemplazando tenemos

$$I_b = 500 \text{ } \mu\text{A}$$

La resistencia R_b se calcula:

$$R_b = \frac{V_{P1.6} - V_{be}}{I_b}$$

en donde:

$$V_{P1.6} \approx 4 \text{ V} = \text{voltaje de salida del microcontrolador}$$

$$V_{be} = 0.6 \text{ V}$$

Reemplazando estos valores se tiene que

$$R_b = 6.8 \text{ K}$$

Para ayudar a que el transistor pase de saturación a corte más rápidamente se coloca una resistencia R_x entre la base y el emisor. Por esta resistencia se hace circular una corriente mucho menor a la corriente de base por lo que se tiene:

$$\frac{V_{be}}{R_x} \ll I_b$$

en donde:

$$I_b = 500 \mu\text{A}$$

$$V_{be} = 0.6 \text{ V}$$

Reemplazando tenemos

$$R_x = 10 \text{ K}$$

1.3.3 Interfaz para el encendido de las barras luminosas

La barra luminosa utilizada (HLMP 2620) de color rojo es un arreglo de 4 indicadores con dos leds cada indicador, que se utiliza para mostrar los diferentes estados en que se encuentra el taxímetro, para mayor información de la barra refiérase al anexo A.

Para tener una adecuada brillantez por cada led debe circular una corriente de 15 mA. Entonces, debe circular una corriente de 30 mA por cada indicador, ya que los dos leds del mismo deben colocarse en paralelo debido a que la fuente de alimentación es tan solo de 5 V.

Se debe utilizar un buffer de corriente para encender los indicadores porque el microcontrolador no es capaz de entregar la corriente necesaria.

Como para el encendido de los displays se utilizó un buffer de corriente, el UDN-2981A de ocho salidas de las cuales se utilizarón cinco, las tres restantes se utilizan para encender tres indicadores. En la figura N° 1.7 se observa el circuito equivalente de la interfaz para el encendido de las barras luminosas.

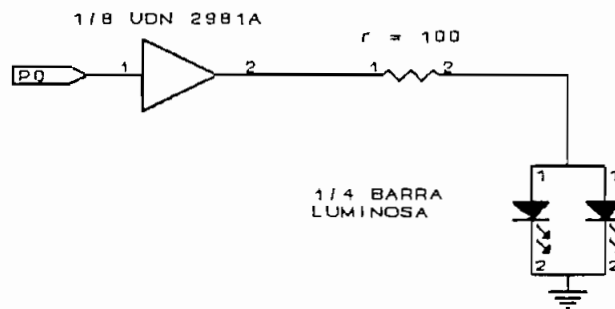


Figura 1.7 Circuito equivalente

La resistencia para lograr la corriente de 30 mA se la calcula de la siguiente manera:

$$I = \frac{V_{CC} - V_{satUDN} - V_F}{R}$$

en donde:

$$V_{CC} = 5.0 \text{ V}$$

$$V_F = 2.0 \text{ V} = \text{Votaje que cae en cada led}$$

$$V_{satUDN} = 0.2 \text{ V}$$

$$I = 30 \text{ mA}$$

Reemplazando estos valores se tiene $r = 93 \text{ Ohm}$, por lo que se usará resistencia de:

$$r = 100 \text{ Ohm}$$

La disipación de potencia en esta resistencia se calcula de la siguiente manera:

$$P_r = I^2 * r$$

en donde:

$$I = 30 \text{ mA}$$

$$r = 100 \text{ Ohm}$$

Reemplazando tenemos

$$P = 0.03 \text{ W}, \text{ por lo que se usarán resistencias de } 1/4 \text{ W.}$$

Para el encendido del otro indicador se utiliza el pÓrtico uno (P1.7), y también se necesita una corriente de 30 mA. Esto se logra mediante un amplificador de corriente con un transistor PNP de propósito general. Observando los diferentes transistores que ofrece el mercado se encontró que el ECG 159 es capaz de manejar una corriente de 1000 mA, con un voltaje colector-emisor de 60 V, por lo que satisface por demás los requerimientos de corriente y voltaje. En la figura NQ 1.8 se puede apreciar el diseño de esta etapa.

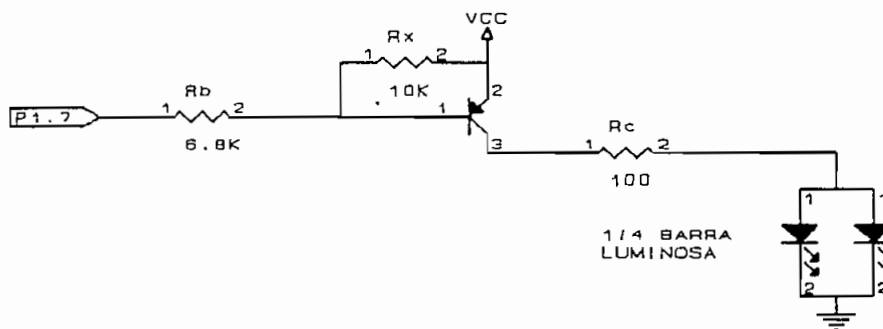


Figura 1.8 Amplificador

El cálculo de las diferentes resistencias del circuito es el siguiente:

$$R_c = \frac{V_{CC} - V_{satCE} - V_F}{I_c}$$

en donde:

$$V_{CC} = 5 \text{ V}$$

$$V_{satCE} = 0.2 \text{ V}$$

$$V_F = 2.0 \text{ V} = \text{voltaje que cae en cada led}$$

$$I_c = 30 \text{ mA}$$

Reemplazando estos valores se tiene que

$$R_c \approx 100 \text{ Ohm.}$$

La corriente de base con la que se satura el transistor es:

$$I_b = \frac{I_c}{h_{FE}}$$

en donde:

$$h_{FE} = 50$$

$$I_c = 30 \text{ mA}$$

Reemplazando tenemos

$$I_b = 600 \mu A$$

La resistencia R_b se calcula:

$$R_b = \frac{V_{CC} - V_{be} - V_{P1.7(O.L)}}{I_b}$$

en donde:

$$V_{CC} = 5 \text{ V}$$

$$V_{P1.7(O.L)} \approx 0.5 \text{ V}$$

$$V_{be} = 0.6 \text{ V}$$

Reemplazando estos valores se tiene que $R_b = 6.5 \text{ K}$, por lo que se usará una resistencia de:

$$R_b = 6.8 \text{ K}$$

Para ayudar a que el transistor pase de saturación a corte más rápidamente se coloca una resistencia R_x entre la base y el emisor. Por esta resistencia se hace circular una corriente mucho menor a la corriente de base por lo que se tiene:

$$\frac{V_{be}}{R_x} \ll I_b$$

en donde:

$$I_b = 600 \mu A$$

$$V_{be} = 0.6 \text{ V}$$

Por lo tanto

$$R_x = 10 \text{ K}$$

1.3.4 Sensor de impulsos

Existen algunas maneras de detectar el giro de la cadena del

velocímetro, lo cual está directamente asociado al movimiento del automóvil. Así por ejemplo:

- Se pueden generar pulsos por medio de una burbuja magnética que es un switch que abre y cierra su contacto ante la cercanía de un imán. Un eje con un imán intercalado en la cadena del automóvil, gira sobre la burbuja, por lo que ésta se abre y se cierra generando los pulsos.
- Por medio de un transistor célula efecto hall: un eje con un imán gira sobre el transistor, produciendo el corte y saturación del transistor generando los pulsos.
- Por medio de un optoacoplador interrumpible que es un arreglo de diodo emisor de luz y un foto-transistor receptor. Un eje con un disco sólido con agujeros distribuidos simétricamente, gira dentro del optoacoplador, lo que corta y satura ciclicamente al foto-transistor generando los pulsos.

El método que se usará en este prototipo para generar los pulsos es el del optoacoplador interrumpible. Incrementando el número de agujeros se tendrá más pulsos por vuelta de la cadena y por lo tanto es fácil mejorar la precisión. En los otros casos se tendría que por cada vuelta se genera un solo pulso. Además, los optoacopladores se pueden conseguir fácilmente en el mercado.

Se comprobó que las constantes de los vehículos oscilan entre 400 revoluciones/kilómetro para autos de 8 cilindros y 1000 rev/km para Fiat y Lada.

Según el INEN la tolerancia para distancia es del 1% en más y del 2% en menos en un kilómetro recorrido; esto es de 10 y 20 metros respectivamente. Si se tiene un automóvil con una constante tan baja como 400 rev/km, esto significa que por cada revolución de la cadena, el automóvil recorrerá 2,5 m, con lo cual se ve que con un pulso por revolución se cumple con la tolerancia.

Para nuestro caso se utilizará cuatro agujeros simétricamente distribuidos, por razones de espacio físico, generando cuatro pulsos por revolución de la cadena del automóvil, mejorando así la precisión. Los pulsos generados son acondicionados por un "schmitt-trigger" para ingresar al microcontrolador y ser procesados.

Observando en los manuales se encontró que el H21A3 es un optoacoplador interrumpible que reúne las características físicas para su montaje en el módulo sensor. En la Figura N^o 1.9 se muestra el diseño para sensar los pulsos.

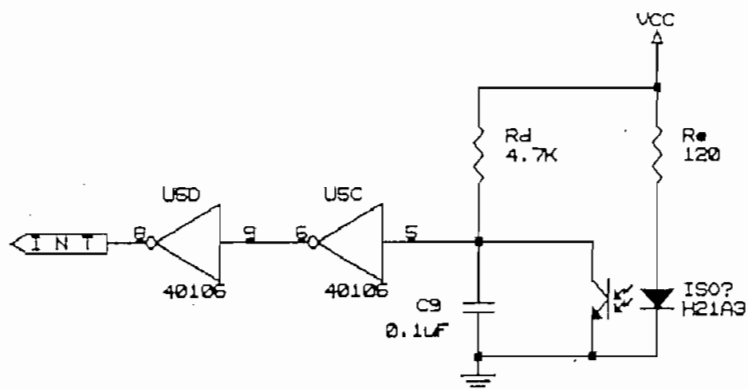


Figura 1.9 Sensor de impulsos

Las resistencias para que el optoacoplador funcione adecuadamente se calculan de la siguiente manera:

Para calcular la resistencia del emisor de luz se parte de:

$$R_e = \frac{V_{CC} - V_F}{I_e}$$

en donde:

$$V_{CC} = 5 \text{ V}$$

$$V_F = 1.4 \text{ V} = \text{voltaje que cae en el diodo emisor}$$

$$I_e = 30 \text{ mA}$$

Reemplazando estos valores se tiene

$$R_e = 120 \text{ Ohm}$$

Cálculo de la resistencia para el detector:

$$R_d = \frac{V_{CC} - V_{satCE}}{I_d}$$

en donde:

$$V_{CC} = 5 \text{ V}$$

$$V_{satCE} = 0.2 \text{ V}$$

$$I_d = 1 \text{ mA}$$

Reemplazando estos valores se tiene

$$R_a = 4.7 \text{ K}$$

Dado que el agujero pasa por el optoacoplador a una velocidad finita el paso de saturación a corte y viceversa se realiza en forma lenta a través de la región activa. Esto provoca que la señal de salida no sea cuadrada por lo que es necesario cuadrar ó "flanquear" esta señal. Esto se lo realiza con dos compuertas schmitt-trigger de un C.I. (74C14 ó 40106).

1.3.5 Decodificación del teclado

Para activar las diferentes funciones que realiza el taxímetro se necesita de un teclado, el cual será periódicamente leído por el microcontrolador.

Al pulsar cualquiera de las teclas se genera una señal cero lógico en el pin INTO, debidamente "flanqueada" por dos compuertas schmitt-trigger del C.I 74C14. El microcontrolador chequea periódicamente el pin INTO, para leer el pórtico uno (P1) y saber qué tecla ha sido presionada.

La eliminación del rebote producido al pulsar y soltar las diferentes teclas se lo realiza por software.

En la figura N^o 1.4 se puede ver el sistema de decodificación del teclado.

1.4 CIRCUITOS AUXILIARES Y DE PROTECCION

En el circuito principal se colocan condensadores de $0.1\mu\text{F}$ lo más cerca posible de los circuitos integrados entre V_{cc} y tierra para evitar el ruido de alta frecuencia.

Junto al microcontrolador se encuentra su correspondiente cristal de cuarzo destinado a la implementación interna del reloj del aparato. El taxímetro trabaja con un cristal de 6.000000 MHz, debido a que con éste se logra tiempos exactos para el reloj.

1.4.1 Diseño de la fuente de poder

Para poder escoger la fuente de polarización, primeramente se debe realizar un dimensionamiento aproximado de la corriente que el circuito va a necesitar.

Refiriéndose a las especificaciones del anexo A, de los diferentes elementos utilizados, se puede dimensionar la fuente de la siguiente manera:

Microcontrolador	150 mA.
Encendido de displays	400 mA
Encendido de indicadores	120 mA

Estos valores son referenciales, razón por la cual se debe agregar un rango de seguridad.

En total suman 670 mA que, con un buen margen, 1000 mA serán suficientes para la capacidad de la fuente de polarización.

El voltaje de alimentación será 12V y el voltaje de salida del regulador de 5V. La potencia disipada en condiciones nominales será aproximadamente: $(12V - 5V) * 0,67A = 4.8W$.

Observando los diferentes reguladores integrados que ofrece el mercado, se ha escogido el regulador ECG 960 cuyas especificaciones son: voltaje de salida de 5 voltios y capacidad de hasta 1A. Voltaje de entrada desde 7 voltios mínimo hasta 35 voltios máximo de entrada y potencia de disipación de 5 W.

1.4.2 Protecciones

El equipo está protegido contra eventuales fallas de cortocircuitos mediante un fusible de 5A, colocado dentro de un portafusible aéreo externo.

Además el voltaje proveniente de la batería del automóvil es pasado por un supresor de transitorios. La etapa de supresión de transitorios está destinada a eliminar los picos de voltaje generados por la operación de los dispositivos eléctricos del vehículo. Para el efecto se utiliza un varistor de voltaje DC (V18ZA) de 16V que puede soportar un energía de 3,5 joules.

Se tiene además un diodo 1N4002 en conexión directa en serie a la entrada del taxímetro que protege al equipo cuando se

cambia la polaridad de entrada, evitando con este diodo la circulación de corriente.

A la salida del regulador de voltaje se coloca un diodo zener de 5.6 V/1W el cual sirve de protección contra eventuales fallas del regulador, manteniendo un voltaje constante y provocando una sobrecorriente de entrada suficiente para que se funda el fusible.

Además se coloca un diodo zener de 5.6 V/1W en paralelo con un condensador lo más cerca del microprocesador para proteger al mismo contra eventuales sobrevoltajes transitorios.

En la figura N^o 1.10 se puede ver las protecciones y la fuente de poder.

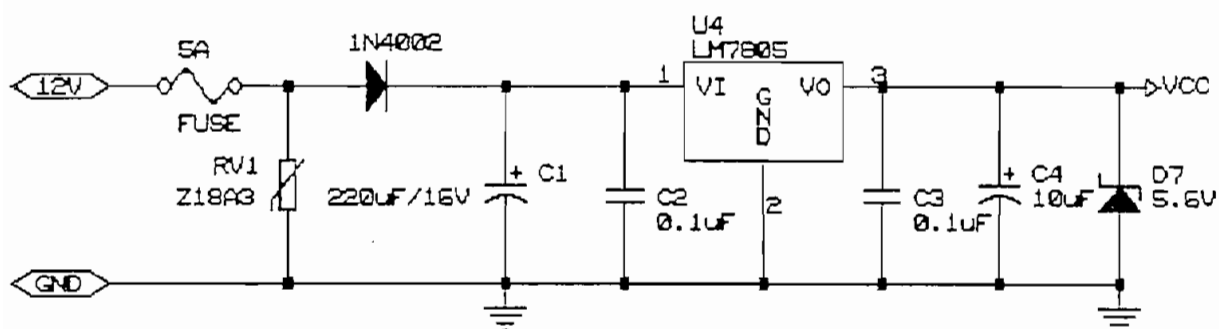


Figura 1.10 Protecciones y fuente de poder

1.5 DISEÑO DE CIRCUITOS IMPRESOS

El circuito impreso se lo ha diseñado de tal manera que tenga el menor tamaño posible. La placa impresa es de dos lados con

los agujeros metalizados, colocando los elementos de los dos lados para brindar una mayor comodidad, puesto que al colocar el microprocesador en el lado posterior de soldadura, cuando se requiera cambiar la tarifa se saca la tapa posterior del taxímetro (caja metálica) y se lo realiza con mayor facilidad. También en este lado se encuentra el conector.

El diseño de la placa impresa se lo realizó en el programa "AUTOROUTE" del TANGO PCB. Los resultados de la misma se muestran a continuación:

En la figura N° 1.11 se puede ver la ubicación de los elementos en la placa.

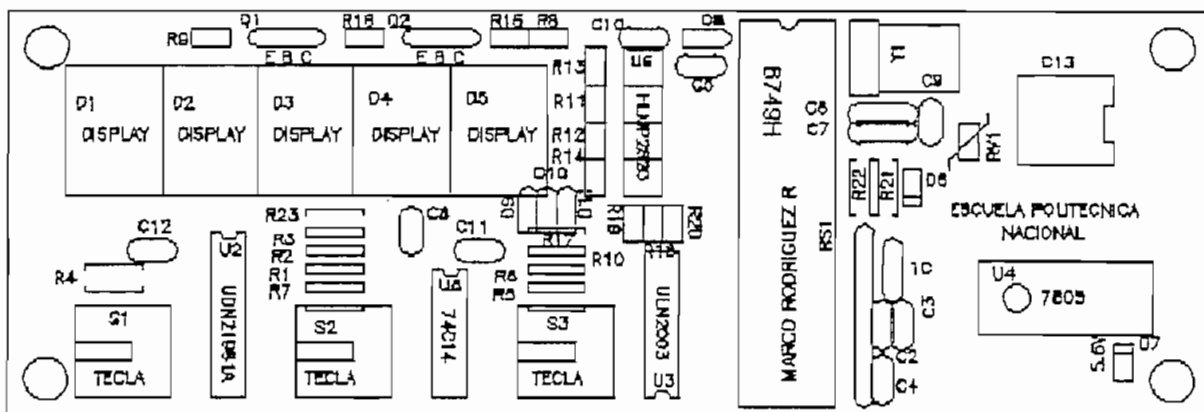


Figura 1.11 Ubicación de elementos

En la figura N° 1.12 se puede ver el diseño de la cara superior de la placa.

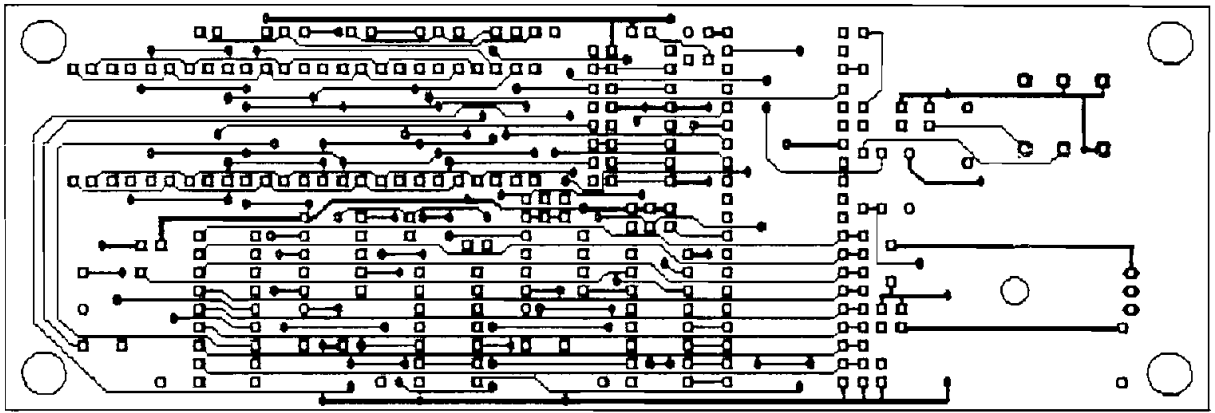


Figura 1.12 Cara superior

En la figura Nº 1.13 se puede ver el diseño de la cara inferior de la placa.

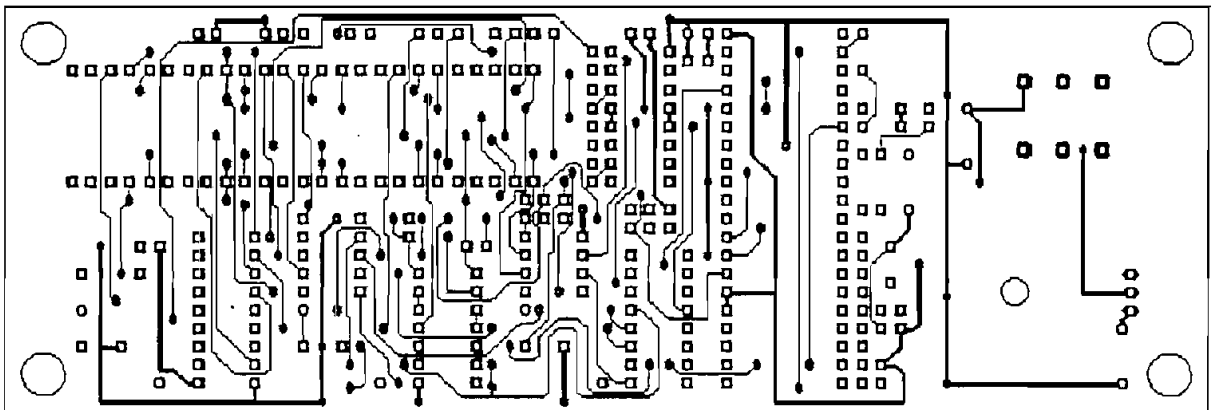


Figura 1.13 Cara inferior

1.6 DISEÑO MECANICO DEL EQUIPO

El diseño del modulo sensor de pulsos con sus accesorios se

muestra en la figura N^o 1.14.

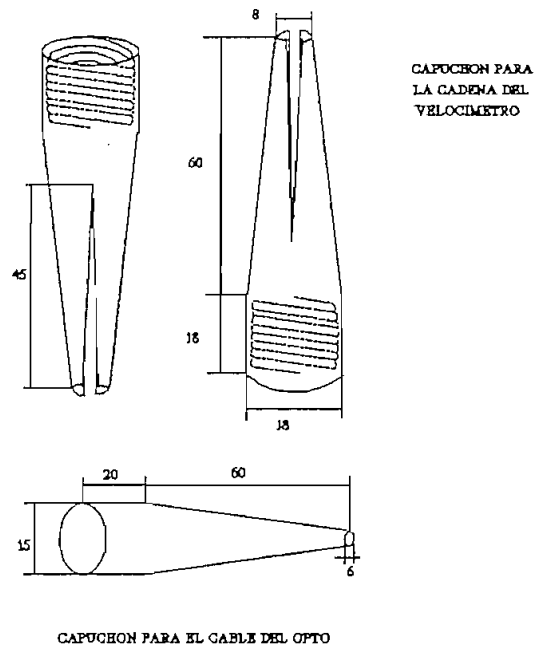
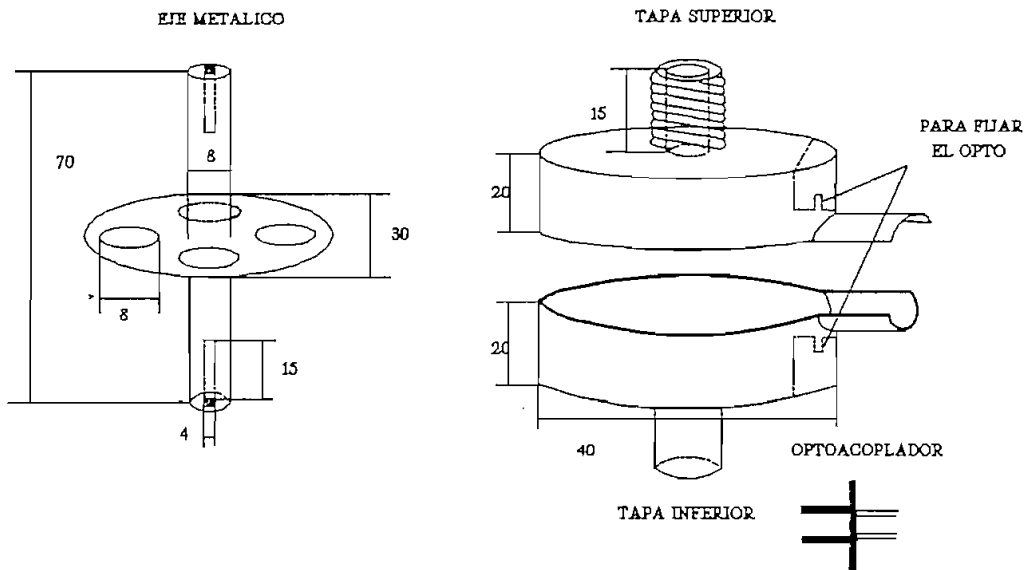


Figura 1.14 Módulo sensor de pulsos

Para dar una mejor visibilidad se utiliza como pantalla un acrílico rojo transparente. En la figura N^o 1.15 se puede apreciar el diseño de este acrílico.

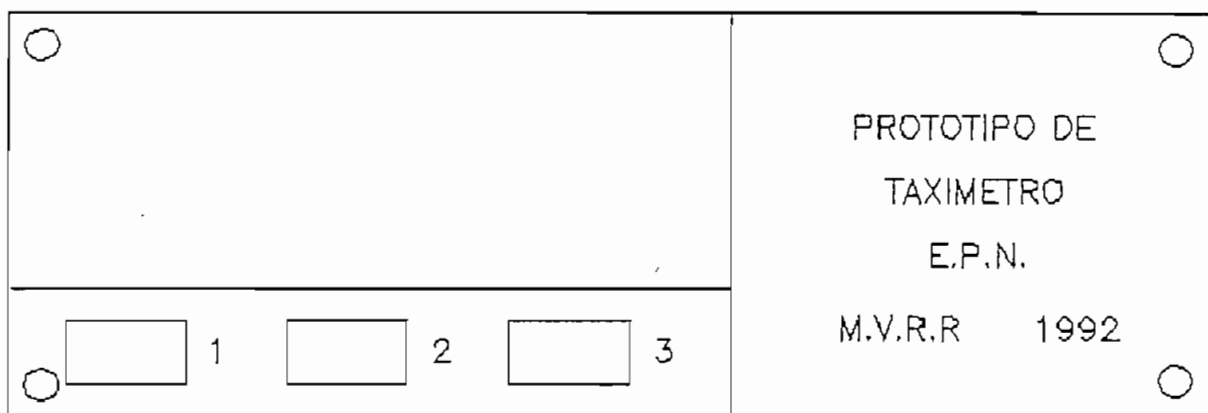


Figura 1.15 Diseño del acrílico

En la parte posterior del acrílico se coloca una lámina adhesiva plastificada, con las diferentes nomenclaturas que se utilizan en el taxímetro. En la figura N^o 1.16 se puede ver la placa adhesiva.

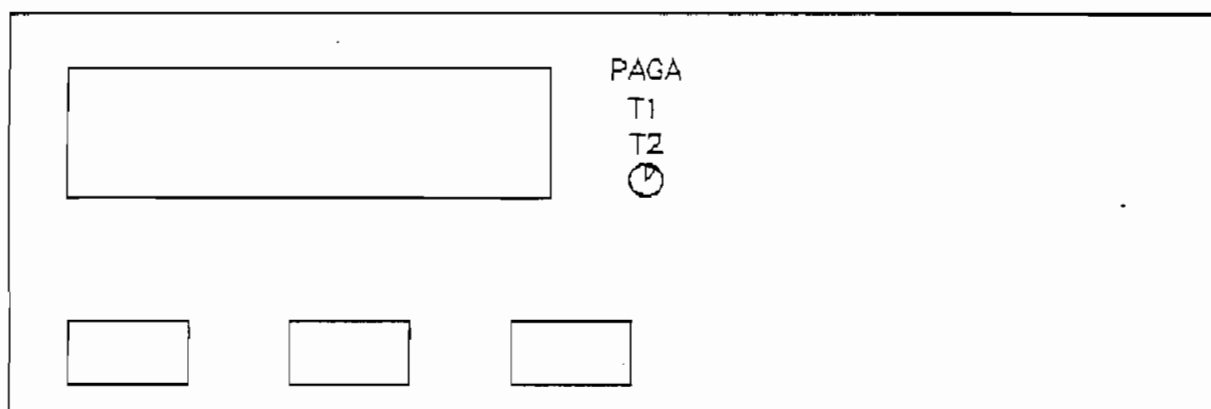


Figura 1.16 Placa adhesiva

La caja para armar el taxímetro es de metal, de un espesor de 0,7mm, que es lo suficientemente resistente; el diseño de la caja metálica con sus respectivas vistas se muestra en la figura N^o 1.17.

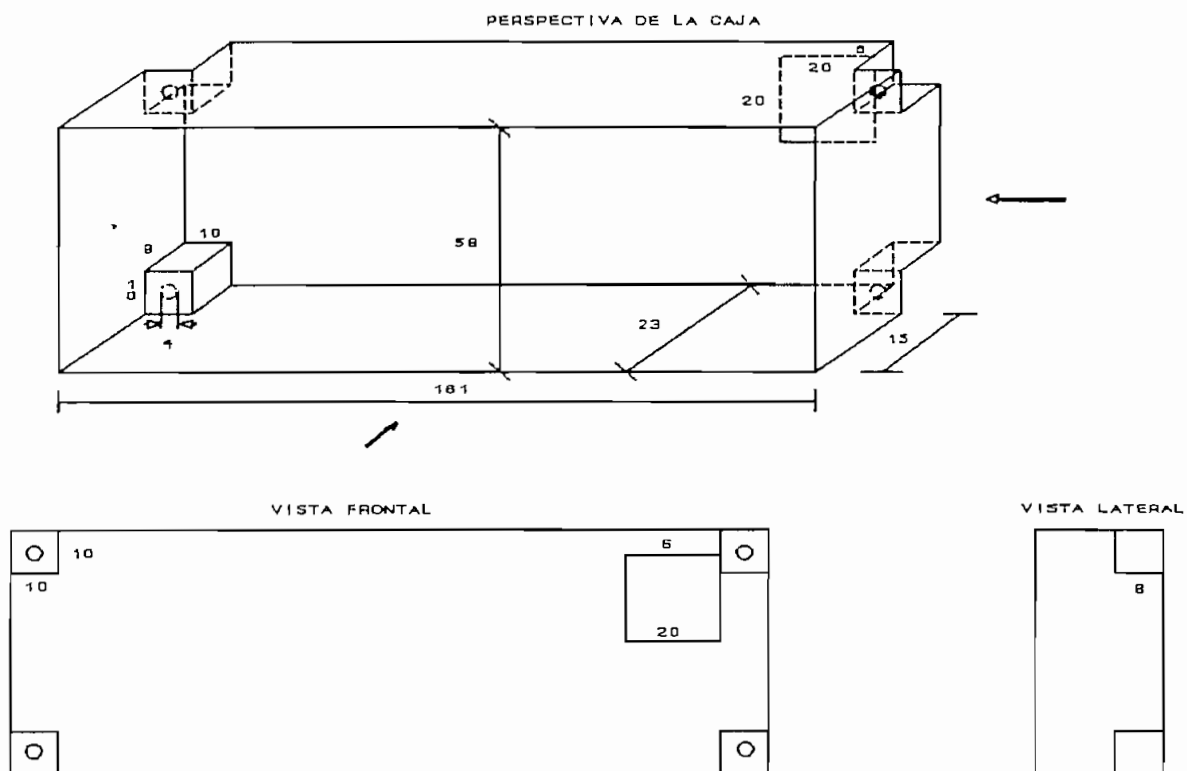


Figura 1.17 Diseño de Caja metálica

CAPITULO II

DESARROLLO DE SOFTWARE

2.1 REQUISITOS DEL SOFTWARE DEL MICROCONTROLADOR

El microcontrolador deberá procesar primeramente la señal enviada por un módulo intercalado en la cadena del velocímetro del automóvil, la misma que es de cuatro pulsos por cada revolución de la cadena, para evaluar:

- El costo de la carrera en función de la tarifa de Km RECORRIDO (K_x).
- Distancia en kilómetros recorridos en OCUPADO.
- Distancia en kilómetros recorridos en LIBRE.
- Calibración de la constante del automóvil.

Para evaluar la tarifa de "kilómetro recorrido" se debe calcular el número de pulsos que debe recibir el microcontrolador para producir un incremento en el taxímetro, en base de la CONSTANTE del automóvil K [rev/km], valor de INCREMENTOS (I_x) [sucres], y el costo del KILOMETRO RECORRIDO

(K_x) [sucres/km]. Esto se logra de la siguiente manera:

$$\begin{array}{lcl} 1 \text{ Km} & \equiv & 4 * K \text{ pulsos} & \text{es a} & K_x \text{ \$} \\ & & x & \text{es a} & I_x \text{ \$} \end{array}$$

despejando se tiene:

$$x = \frac{4 * K * I_x}{K_x} [\text{pulsos}]$$

Para contar los kilómetros recorridos en ocupado ó en tarifa, se debe calcular la cantidad de metros que se deben sumar cuando se produce un incremento en el taxímetro debido a distancia, en base al costo del KILOMETRO RECORRIDO (K_x) y al valor de INCREMENTOS (I_x). Esto se logra de la siguiente manera:

$$\begin{array}{lcl} 1000 \text{ metros} & \text{es a} & K_x \text{ \$} \\ C_x & \text{es a} & I_x \text{ \$} \end{array}$$

despejando se tiene:

$$C_x = \frac{I_x * 1000}{K_x} [\text{metros}]$$

Por lo que cada vez que se produce un incremento en el taxímetro debido a distancia, se sumará una cantidad de metros constantes a la memoria de kilómetros recorridos en ocupado.

Para contar los kilómetros recorridos en libre, se debe calcular la cantidad de metros que se debe sumar por cada revolución cuando el taxímetro no está en ocupado ó tarifa, en

base a la CONSTANTE (K) del automóvil. Esto se logra de la siguiente manera:

$$\begin{array}{lcl} K \text{ rev} & \text{es a} & 1000 \text{ metros} \\ 1 \text{ rev} & \text{es a} & L_x \end{array}$$

despejando se tiene:

$$L_x = \frac{1000}{K} [\text{metros}]$$

Las constantes de los vehículos oscilan entre 400 rev/km y 1000 rev/km (refiérase al CAPITULO I), con lo que L_x tomaría valores entre 2,5 mts y 1 mts.

Como se puede ver, el valor en metros por cada revolución es muy pequeño por lo que se lo debe escalar, teniendo en cuenta que se desea una resolución de 0,1 Km. Así por ejemplo, el caso extremo es la constante de 400; con un valor de escalamiento de 30, se tiene que el valor de metros a sumar es de 0,075 Km, observando que la resolución es mejor a lo requerido. Con constantes más altas la resolución mejora. Entonces, cuando el taxímetro no está en ocupado, cada vez que dé 30 revoluciones la cadena del velocímetro del automóvil, se sumará una cantidad de metros constantes a la memoria de kilómetros recorridos en libre.

Para todas las funciones que se relacionan con la variable tiempo, el microcontrolador deberá generar internamente las "Bases de Tiempo" necesarias para evaluar:

- Costo de la carrera en función de la tarifa de MINUTO DE ESPERA (M_x).
- Reloj.

El intervalo de tiempo (T_x) para que se produzca un incremento cuando el taxímetro esta operando por debajo de la velocidad crítica (refiérase al CAPITULO I), es decir con tarifa de MINUTO DE ESPERA (M_x), se evalua de la siguiente manera:

$$T_x = \frac{I_x}{M_x} * 60 [seg]$$

Todo el procedimiento y cálculos descritos se aplicarán a cada una de las TARIFAS en las que podrá operar el taxímetro.

Además en el microcontrolador se deben desarrollar las subrutinas auxiliares correspondientes al manejo de displays, teclas e indicadores luminosos (Leds).

2.2 DESCRIPCION GENERAL DE LOS PROGRAMAS

Para resolver el problema de elaborar los programas que requiere el taxímetro para realizar todas las funciones requeridas y, además generar la información del reloj, se plantean las siguientes reglas generales, las cuales determinan las estrategias que se seguirán en la escritura de las distintas rutinas:

1.- Dado que se requieren bases de tiempo exactas para las funciones de temporización y reloj, se debe garantizar que la ejecución del programa completo dure un número de ciclos constante, independientemente de las bifurcaciones, saltos, interrupciones o estado en el que se encuentre el microcontrolador.

2.- Independiente de la condición en la que se encuentre el taxímetro (por ejemplo: LIBRE, OCUPADO, MEMORIA, RELOJ, etc.) el microcontrolador debe estar permanentemente ejecutando el mismo programa, el cual consiste en evaluar el costo de una carrera, actualizar los registros de kilómetros recorridos y actualizar el reloj.

3.- Dado que en las distintas condiciones del taxímetro, los displays y las barras luminosas tipo Leds deben mostrar informaciones diferentes y las teclas cumplen funciones diferentes, es conveniente definir "ESTADOS" de operación del taxímetro. Un estado define únicamente qué información se muestra en el display, qué leds se encienden y qué función realiza cada tecla. Para el efecto se asigna un registro que contiene el número de ESTADO en el que se encuentra en un momento dado el taxímetro, y las rutinas de manejo de DISPLAY, LEDS Y TECLADO usan este registro como "PUNTERO" ó apuntador para saber qué información mostrar.

La memoria de datos (RAM) interna del microcontrolador se divide en bloques asignando uno a cada estado. La rutina de manejo de DISPLAY busca, a través del puntero, el bloque

correspondiente de donde saca los datos a ser mostrados. De manera similar se procede con las rutinas de manejo de LEDS y TECLADO.

De esta manera, se garantiza que el programa principal sea único y pueda tener un tiempo de ejecución constante.

En función de los requerimientos planteados y las funciones que debe tener el taxímetro es necesario definir los siguientes estados, que se muestran en la figura N° 2.1:

ESTADO	FUNCION	BLOQUE DE RAM HEX
00	LIBRE	71, 72, 73
01	OCUPADO	74, 75, 76 ,62
02	A PAGAR	77, 78, 79 ,63
03	EXTRAS	80, 81, 82
04	MEMORIA10 1-000	83, 84, 85
05	MEM11. # CARRERAS	86, 87, 88
06	MEMORIA20 2-000	89, 90, 91
07	MEM21. TOTAL DINERO	92, 93, 94
08	MEMORIA30 3-000	95, 96, 97
09	MEM.31 Km-LIBRE	98, 99,100 ,69,70
0A	MEMORIA40 4-000	101,102,103
0B	MEM.41 Km-OCUPADO	104,105,106 ,66,67
0C	MEMORIA50 5-000	107,108,109
0D	MEM.51 # DE SERIE	110,111,112
0E	MEMORIA60 6-000	113,114,115
0F	MEM.61 CTE. AUTO	116,117,118
10	MEM7. CALIBRACION	119,120,121
11	RELOJ	122,123,124 ,59
12	IGUALARELOJ	125,126,127 ,60

Figura 2.1

Algunos estados ocupan más de tres bytes de la RAM; estos bytes se usan como registros auxiliares que dependiendo del estado sirven para contabilizar por ejemplo: millones de sucres en los estados OCUPADO y A PAGAR, metros a sumarse en los estados Km-LIBRE y Km-OCUPADO y, segundos en los estados RELOJ e IGUALARELOJ.

La rutina DISPLAY utiliza tan solo tres bytes de cada bloque para mostrar esa información en la pantalla.

4.- Dado que el microcontrolador debe ejecutar siempre el mismo programa, el cual consiste en evaluar una carrera y actualizar todos los registros, para implementar el estado "LIBRE" se crea una tercera tarifa virtual ó ficticia (Tarifa3), en la cual siempre los parámetros son:

Arrancada = \$ 00

Incrementos = \$ 00

Estos parámetros de tarifa son utilizados siempre que el taxímetro no esté en el estado OCUPADO con tarifa1 ó tarifa2.

5.- Permanentemente el microcontrolador recibe en la entrada del "Timer/Counter" que será programado para trabajar como "contador de eventos", los pulsos provenientes del módulo sensor intercalado en la cadena del velocímetro, los cuales el microcontrolador debe convertirlos en información de distancias recorridas. Cada vez que el microcontrolador calcula que el automóvil ha recorrido la distancia necesaria

para producir un incremento se generará una INTERRUPCION, lo que distrae al microcontrolador de la ejecución del programa principal, introduciendo retardos y desajustes de las bases de tiempo.

Dado que la velocidad del vehículo es variable, el número de interrupciones no es constante y por lo tanto, se deberá incluir una rutina de compensación automática del retardo producido por las interrupciones.

Esta rutina de compensación deberá generar un retardo cuya duración sea función inversa del número de interrupciones que el microcontrolador ha atendido en un intervalo de tiempo dado (por ejemplo: 1 segundo).

En síntesis, el programa principal prevee la atención a un cierto número máximo de interrupciones. Así se garantiza un tiempo de ejecución fijo.

El programa completo de operación del taxímetro se encuentra almacenado en la memoria EPROM incorporada en el microcontrolador INTEL 8749H, ocupando casi la totalidad de los 2 Kbytes disponibles.

Los datos correspondientes a tarifas de arranque, extras, minuto de espera, constantes de kilómetro, número de serie y constante del auto, se encuentran almacenados en la memoria EPROM del microcontrolador. Estos datos se encuentran apropiadamente descompuestos y codificados en código

Hexadecimal ocupando aproximadamente el 5% de la memoria total.

2.2.1 Diagrama secuencial de estados

En el diagrama de la figura N° 2.2 se muestran las diferentes vías que se pueden tomar para ir de un estado a otro, con cada una de las teclas, cumpliendo con las exigencias del INEN.

2.2.2 Programa Principal

El programa principal debe ejecutarse iterativamente y siempre demorar un número de ciclos de máquina constante. La estructura general del programa principal se muestra en la figura Nº 2.3.

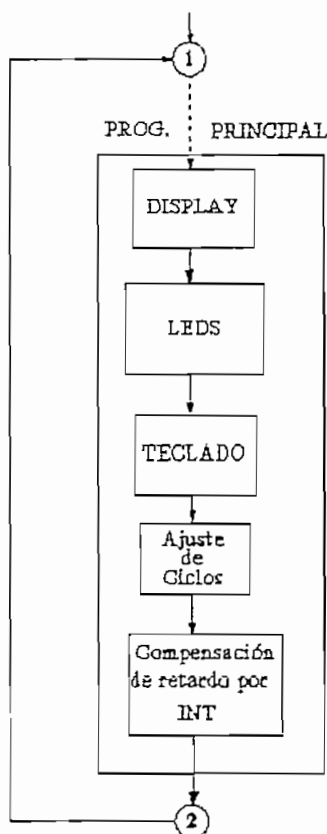


Figura 2.3 Estructura del Programa Principal

Es conveniente que el número de ciclos sea igual a 2000, porque con un cristal de 6,000 000 MHz una pasada (vuelta) del programa principal demora 5 milisegundos (5 msg).

Así, una vuelta constituye de por sí una base de tiempo de 5 msg. Si se desea generar bases de tiempo de mayor duración es necesario definir contadores de vueltas con lo que se podrá generar cualquier cantidad de bases de tiempo que sean

múltiplos de 5 msg, con una estructura como la que se muestra en la figura N^o 2.4.

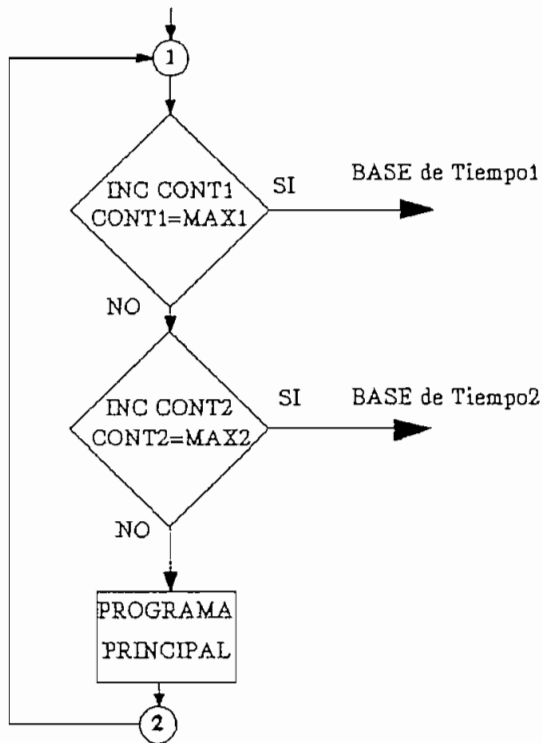


Figura 2.4 Bases de tiempo

2.2.3 Diagrama de flujo general

Como se puede observar en el diagrama de flujo de la figura N^o 2.5, el programa empieza con la asignación de los registros y de la memoria RAM a los diferentes estados y valores requeridos. A continuación se realiza la asignación de localidades adicionales de RAM a diferentes variables que se utilizan, y luego se empieza a llamar a las diferentes subrutinas, las cuales sirven para que funcione el taxímetro (DISPLAY, LEDS, TECLADO). Finalmente, se tiene las rutinas de retardo: una sirve para compensar el retardo que se genera por la atención a las interrupciones y otra de ajuste para

forzar que el programa principal se ejecute en un número de ciclos conveniente (por ejemplo: 2000 ciclos).

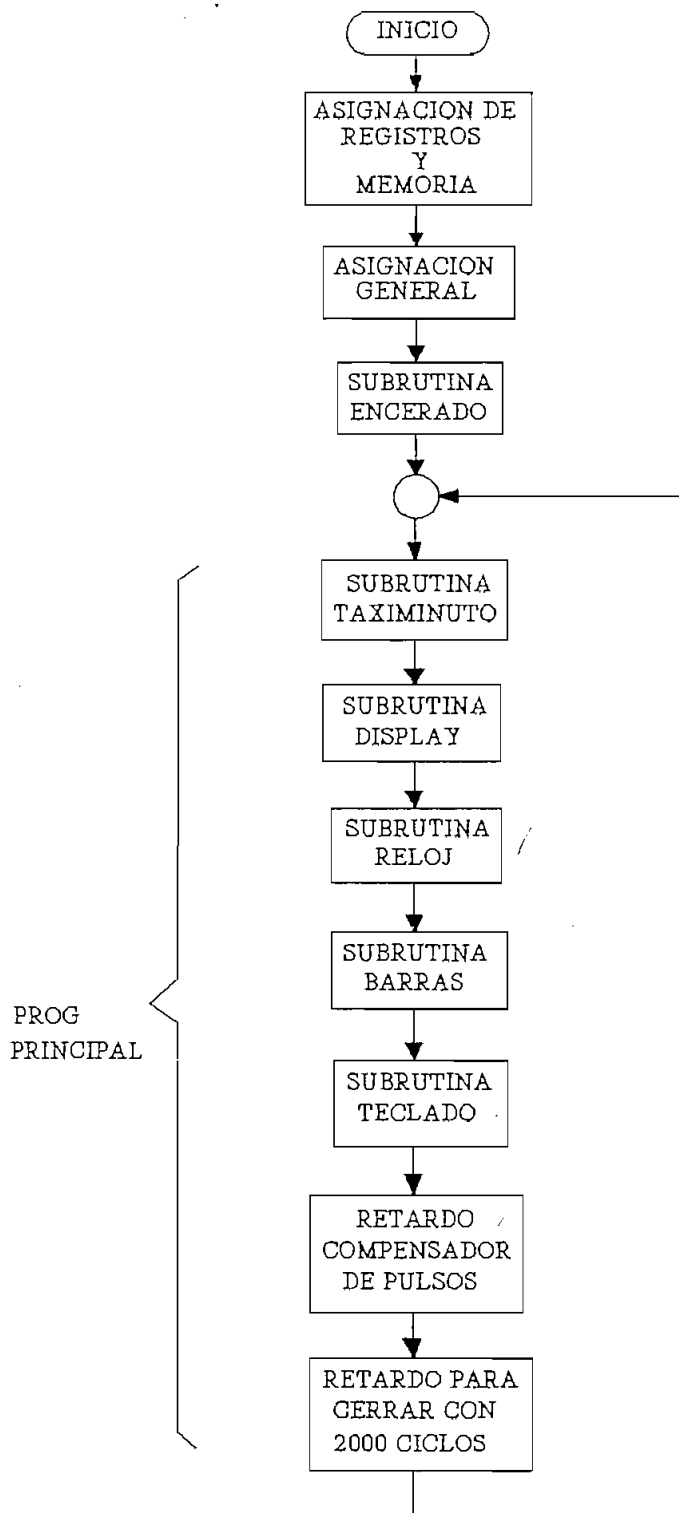


Figura 2.5 Diagrama de flujo general

2.2.4 Diagrama de flujo de las subrutinas

A continuación se explica el funcionamiento de cada una de las subrutinas utilizadas por el taxímetro.

2.2.4.1 Subrutina de enceramiento (ENCERADO)

Esta subrutina sirve para inicializar todos los valores que se requieren para el funcionamiento del taxímetro, esto es: se lee de la EPROM del microcontrolador todos los parámetros descritos en 2.1, y se inicializa los contadores que correspondan a la generación de las diferentes bases de tiempo requeridas (véase 2.2.4.2).

En la figura Nº 2.6 se ve el diagrama de flujo de la subrutina que inicializa los valores (ENCERADO).

2.2.4.2 Subrutina minuto de espera (TAXIMINUTO)

La base de tiempo para el minuto de espera se calcula de la siguiente manera:

Debido a que los tiempos para producir un incremento están en el orden de segundos (actualmente 5 sg para la tarifa), con un solo registro la máxima base de tiempo que se obtiene es de $255 * 5 \text{ msg} = 1,275 \text{ sg}$, por lo que se tiene que definir un contador de vueltas (escalador), con el cual podamos obtener tiempos de hasta 10 sg. El valor de este escalador (contador de vueltas) es 8, obteniéndose una base de tiempo de 40 msg

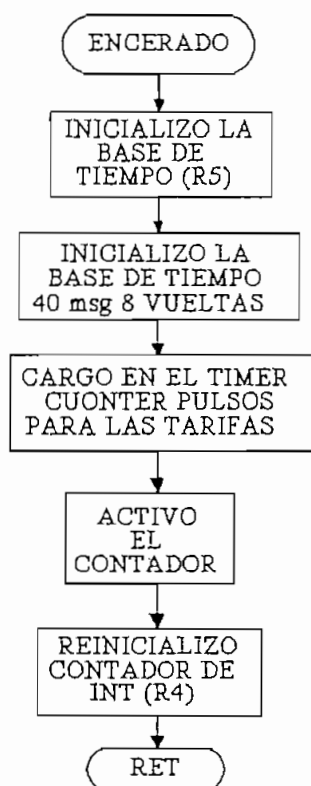


Figura 2.6 Encerado

por vuelta, por lo que el tiempo del minuto de espera es múltiplo de 40 msg. Para tener un retardo de 1 sg a la ecuación que calcula la base de tiempo entre cada incremento se multiplica por 25 teniéndose la siguiente ecuación:

$$T_1 = (I_1 / M_1) * 60 * 25 [\text{vueltas}]$$

La subrutina minuto de espera, en cada vuelta habilita la interrupción del timer/counter, además compara si transcurrió el tiempo necesario para producir un incremento en el taxímetro. Si así ocurre, primeramente encera el conteo de los pulsos (lee las constantes de kilometraje, carga en el timer/counter los pulsos para las tarifas) y reinicializa el "counter"; se reinician las bases de tiempo del minuto de

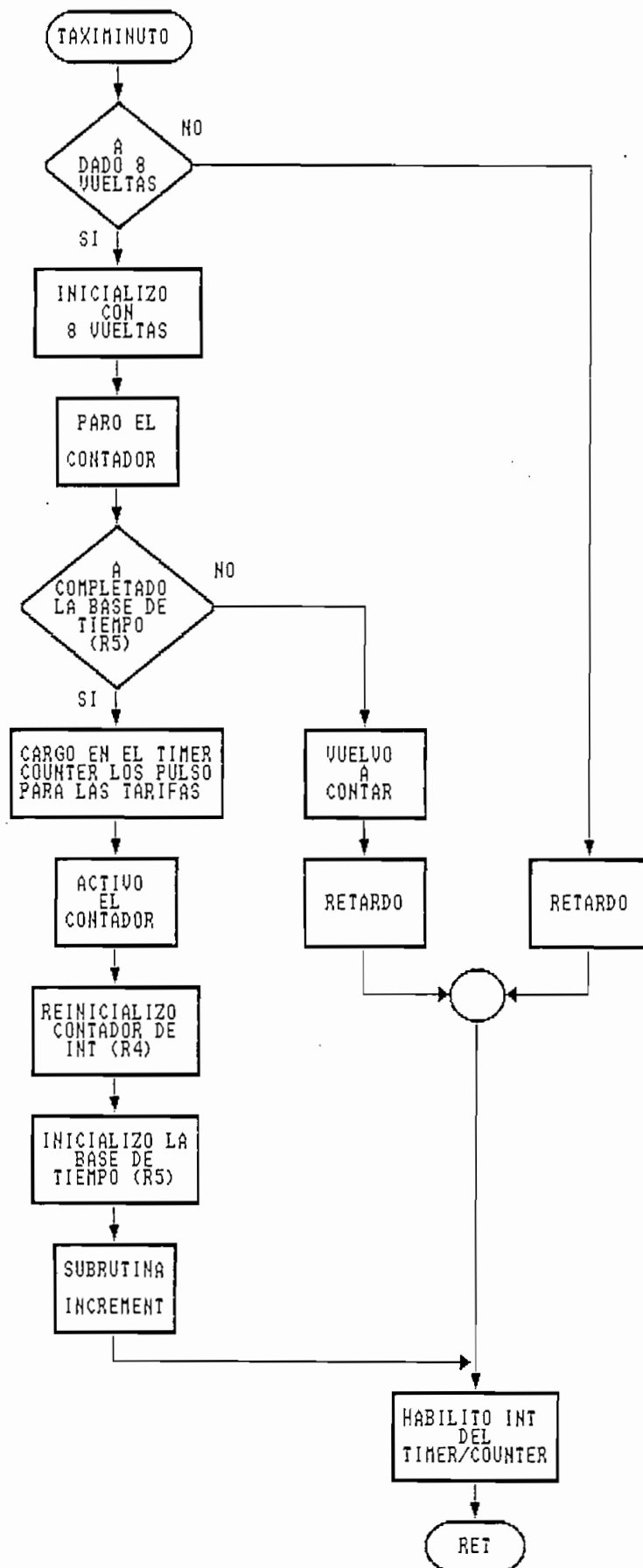


FIGURA 2.7 MINUTO DE ESPERA

espera y se llama a la subrutina INCREMENT que produce un incremento.

En la figura Nº 2.7 se ve el diagrama de flujo de la subrutina del minuto de espera (TAXIMINUTO).

2.2.4.3 Subrutina para incrementar (INCREMENT)

En esta subrutina se realiza la suma de un valor de "incremento" al registro que totaliza el valor de la carrera. El máximo valor de incremento previsto es de \$ 999, que es suficiente ya que actualmente el valor a incrementarse es de \$5. Esto se realiza de la siguiente manera: primero se lee el registro de tarifa sea ésta T1, T2 ó T3, se lee de la EPROM del microcontrolador el valor de sucres a incrementarse y se suma con los sucres que están en pantalla (RAM del estado ocupado). Para la tarifa 3 (T3) el valor a incrementarse es de cero. Finalmente se guarda el valor sumado en la RAM del estado ocupado.

En la figura Nº 2.8 se ve el diagrama de flujo de la subrutina de incrementar los valores (INCREMENT).

2.2.4.4 Subrutina de encendido de display (DISPLAY)

Esta subrutina sirve para el encendido de los diferentes displays. Se empieza haciendo un barrido desde el dígito más significativo hasta llegar al menos significativo, teniendo en cuenta que en los estados tarifa 1, tarifa 2, ocupado, a

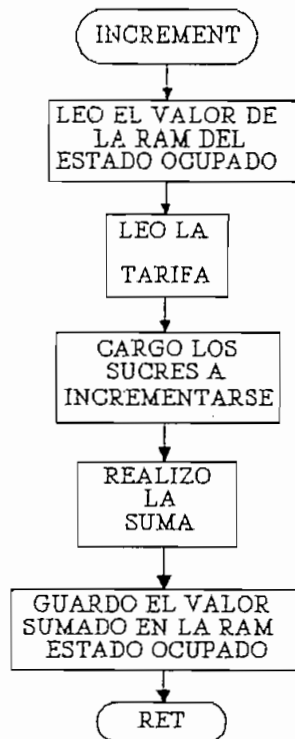


Figura 2.8 Incrementos

pagar, extras y memorias, los dígitos más significativos cuyo valor es cero deben estar apagados. La rutina DISPLAY lee el estado en que se encuentra el taxímetro y decodifica este valor obteniendo la dirección (puntero) de la RAM a mostrarse. Lee el contenido de la RAM direccionada por el puntero y convierte cada dígito en su equivalente a siete segmentos con la ayuda de una tabla de decodificación.

En la figura Nº 2.9 se ve el diagrama de flujo de la subrutina para el encendido de los displays (DISPLAY).

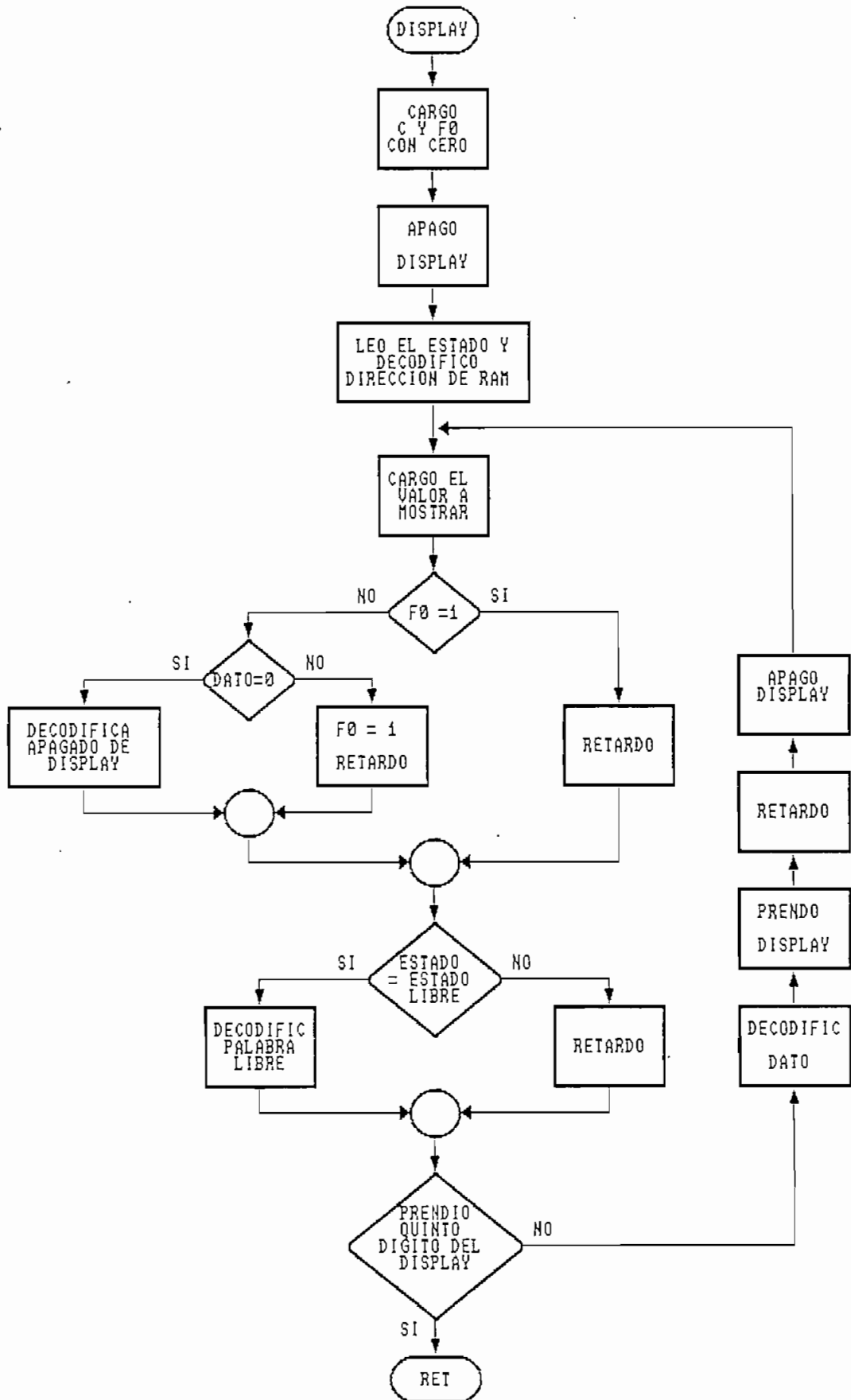


FIGURA 2.9 DISPLAY

2.2.4.5 Subrutina Reloj

Debido a que cada llamada de interrupción del TIMER produce un retardo adicional en el programa principal, es necesario compensar este retardo para que no se desigualen las bases de tiempo.

El número máximo de llamadas a interrupción por segundo dependerá del tipo de vehículo (constante del auto), y de la velocidad del mismo. Se comprobó que las constantes de los vehículos oscilan entre 400 y 1000 rev/km; el caso extremo es la constante de 1000 y suponemos una velocidad máxima de 150 Km/h con lo que se tiene:

$$\begin{array}{rcl} 150 \text{ Km} & & 1\text{h} \\ 150000 \text{ rev} & & 3600 \text{ sg} \\ x \quad \text{rev} & & 1 \quad \text{sg} \\ x = 150000/3600 = 42 \text{ [rev/sg]} \end{array}$$

Se prevee que el máximo número de llamadas a interrupción por segundo sea 50, lo cual es suficiente para nuestros requerimientos, obteniéndose una velocidad máxima de 180 Km/h. Entonces, el retardo del compensador de interrupciones se lo carga con el valor 50.

La subrutina reloj pregunta si ha transcurrido un segundo (200 vueltas) en el programa principal, y de ser así lee el número de llamadas a interrupción producido en ese segundo; resta ese número de interrupciones del máximo prefijado (50) y carga

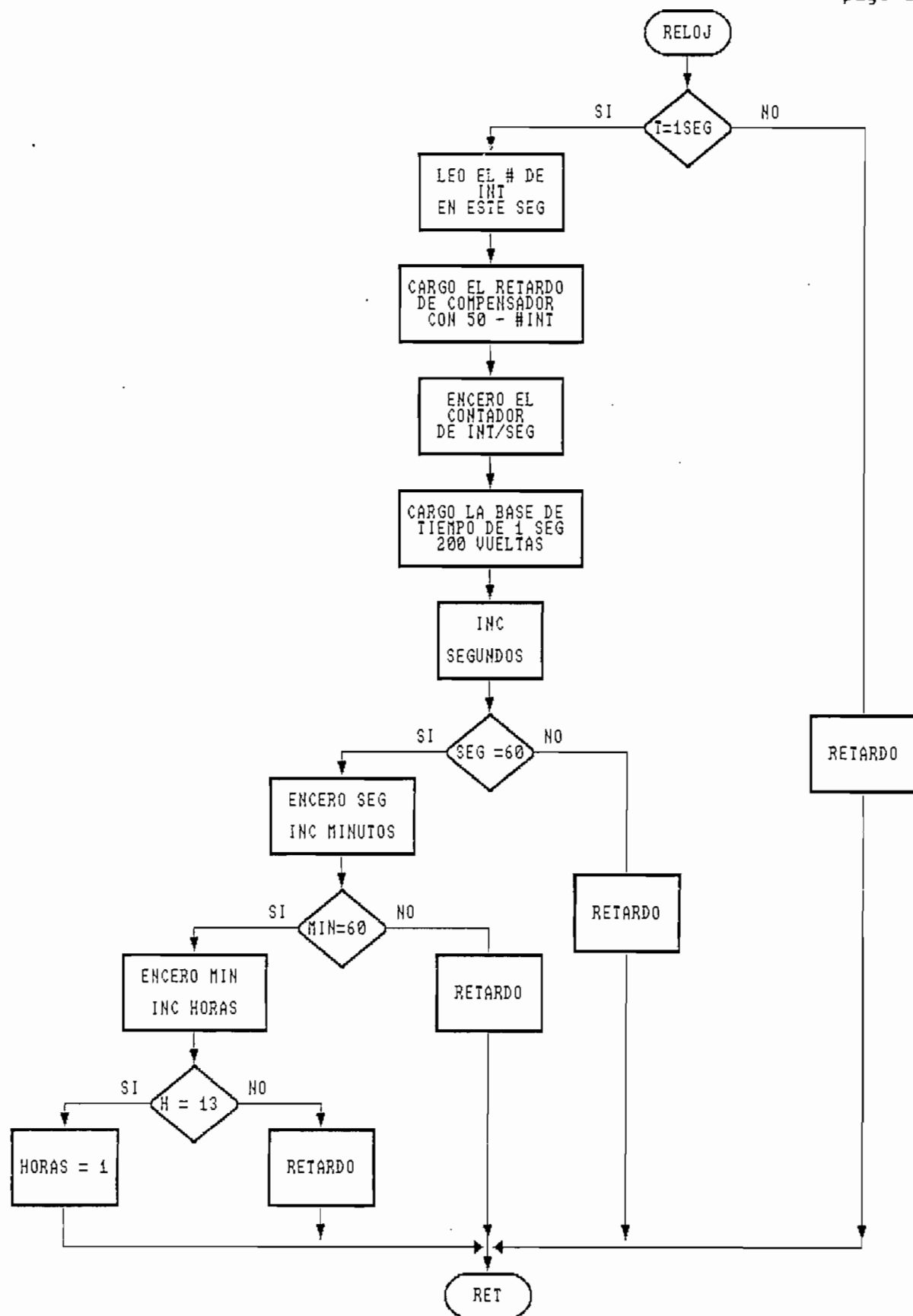


FIGURA 2.10 SUBROUTINA RELOJ

este valor de retardo en el compensador de interrupciones. Se encera el contador de int/sg, se reinicializa la base de tiempo de 1 sg para que de otras 200 vueltas y, se incrementa los registros de segundos, minutos y horas del reloj.

En la figura N^o 2.10 se muestra el diagrama de flujo de la subrutina (RELOJ).

2.2.4.6 Subrutina de encendido de barras (BARRAS)

La subrutina barras realiza la función de prender los diferentes indicadores y también los puntos de los displays. Se empieza leyendo el estado en que se encuentra el taxímetro, se decodifica qué barra ó qué punto se prende y se pregunta mediante el registro de barras en qué tarifa se encuentra: si está en la tarifa 2 se prende la barra T2 y el punto, si está en tarifa 1 se prende la barra T1 y el punto.

En la figura N^o 2.11 se muestra el diagrama de flujo de la rutina de encendido de barras y puntos (BARRAS).

2.2.4.7 Subrutina Teclado

Esta subrutina sirve para saber qué tecla ha sido pulsada y decodificar la función a realizar en función del estado en que se encuentre el taxímetro. Una vez en cada vuelta del programa principal, el microcontrolador chequea si alguna tecla ha sido presionada. Cabe resaltar que el teclado no genera INTERRUPCION y por esta razón se ha previsto que la

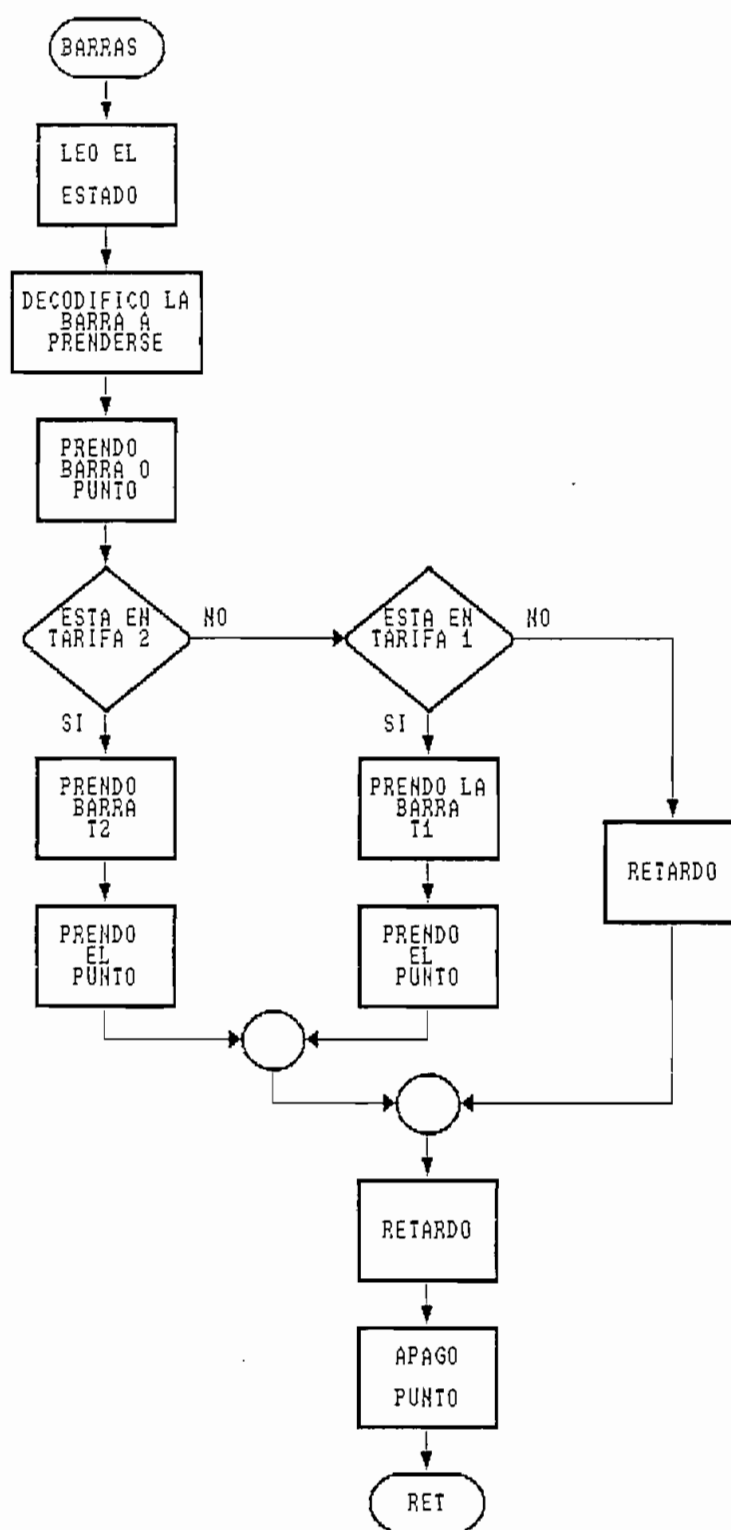


FIGURA 2.11 ENCENDIDO DE BARRAS Y PUNTOS

rutina TECLADO detecte el momento en que se suelta la tecla para realizar cualquier función, evitando de esta manera la atención repetitiva que podría darse en el caso contrario. Está previsto que esta rutina elimine el efecto del rebote, lo cual se logra utilizando el retardo de 5 msg. que representa cada vuelta del programa principal antes de validar las teclas, tanto al presionarlas como al soltarlas.

La tecla presionada es decodificada en función del estado en que se encuentra el taxímetro, para luego buscar la dirección base de la función a realizar. En síntesis, lo que se hace es calcular una dirección en función del número de estado y de la tecla presionada. Esta dirección corresponde a la localidad de la memoria del programa donde el microcontrolador busca la rutina que realiza la función correspondiente a la tecla presionada.

Por lo tanto, con tres teclas para cada estado existen ocho posibilidades que incluyen la opción de presionar 2 ó 3 teclas simultáneamente. En nuestro caso, tan solo se tiene funciones para las teclas presionadas individualmente, pero se debe escribir las rutinas de funciones para las 8 posibilidades. En las combinaciones no utilizadas las rutinas no hacen absolutamente nada y el microcontrolador mantiene el estado anterior.

Todas las rutinas de funciones del teclado deben ejecutarse en un mismo tiempo, para garantizar que se mantenga constante el tiempo de ejecución del programa principal.

En la figura N^o 2.12 se muestra el diagrama de flujo de la subrutina de decodificación del teclado y de eliminación del rebote (TECLADO).

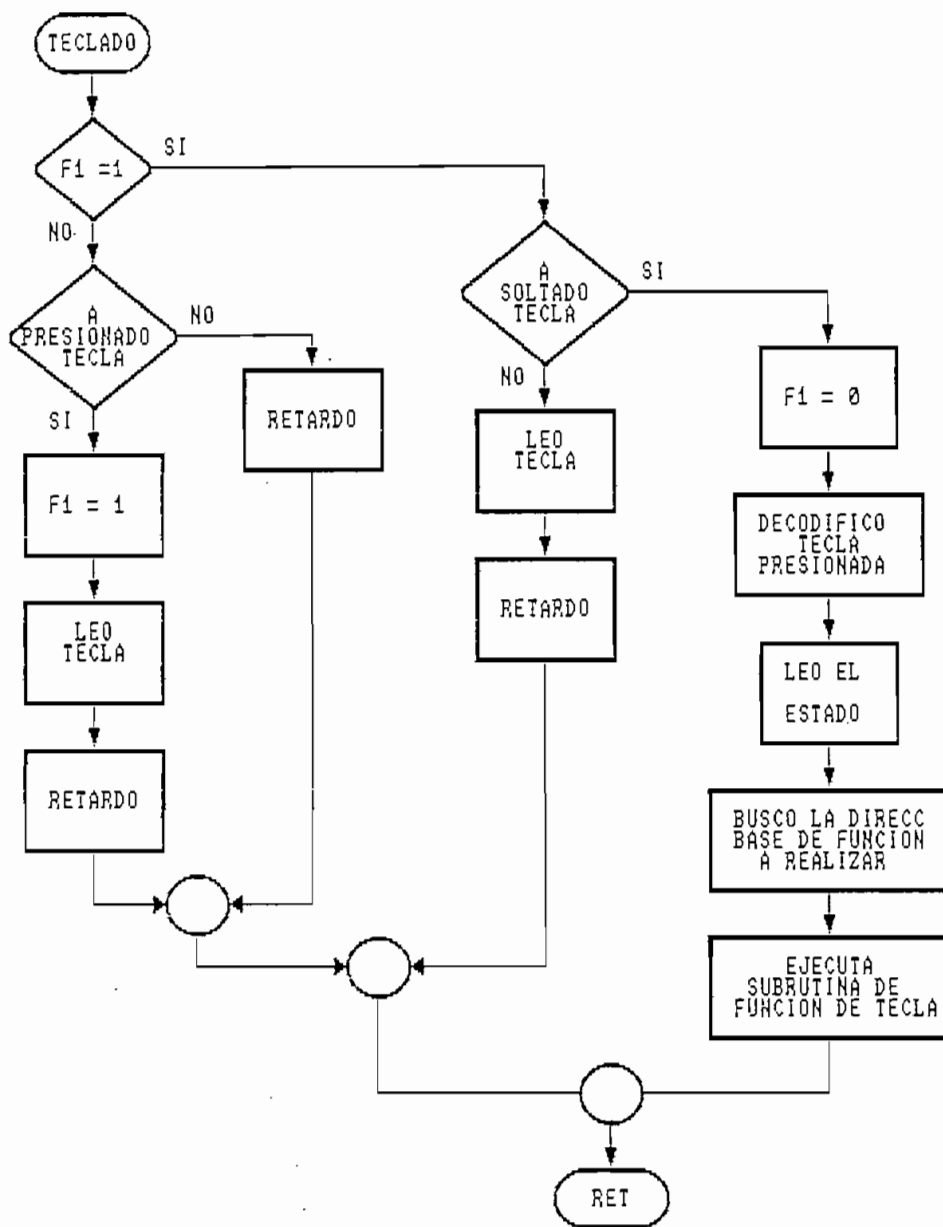


FIGURA 2.12 SUBROUTINA TECLADO CON ELIMINACION DE REBOTE

2.2.4.8 Subrutina de llamada a interrupción (TIMERCOUNT)

El registro "counter" se incrementa cada vez que exista una transición de alto a bajo en el pin T1 del microcontrolador en el que se reciben los pulsos de la cadena. Cada vez que este registro determina que el vehículo ha recorrido una distancia predeterminada, sea en libre o en ocupado, se generará un llamado a interrupción del timer/counter **TIMERCOUNT** en la que realiza la siguiente secuencia: para de contar los pulsos, se carga en el timer/counter los pulsos para la tarifa seleccionada, se activa el contador, se habilita la interrupción del timer/counter, se llama a la subrutina **IMPULSOS** que cuenta las int/sg e incrementa los metros, se reinicializa el contador de int (R4) y se inicializa la base de tiempo (R5) del minuto de espera. Como se ve, se reinicializa todo nuevamente, se llama a la subrutina **INCREMENT** que produce un incremento, para finalmente producir un retardo para cerrar esta subrutina con 400 ciclos.

En la figura N^o 2.13 se muestra el diagrama de flujo de la subrutina de llamada a la interrupción del contador (**TIMERCOUNT**).

2.2.4.9 Subrutina contador de pulsos y kilómetros (IMPULSOS)

En esta subrutina se cuenta las interrupciones por segundo (int/sg) y se suma los metros, cuando se produce un llamado de interrupción (**TIMERCOUNT**), tanto en el estado ocupado como en el estado libre. El cálculo de los metros a sumarse está

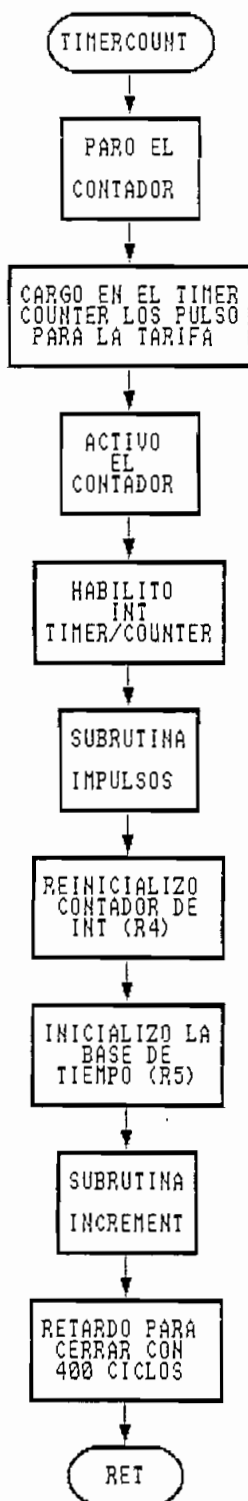


FIGURA 2.13 SUBROUTINA LLAMADA DE INTERRUPCION

descrito en el numeral 2.1.

Por ejemplo, los metros a sumarse en ocupado para la tarifa 1 es:

$$K_x = 260 \text{ \$/Km}$$

$$I_x = 5 \text{ \$}$$

Reemplazando:

$$C_x = 19.23 \text{ metros}$$

Para los metros en libre se tiene:

$$\text{Si } K = 1000$$

Reemplazando:

$$L_x = 30 \text{ metros}$$

En la figura N^o 2.14 se muestra el diagrama de flujo de la rutina para contar pulsos y kilómetros (IMPULSOS).

2.2.4.10 Funciones de las teclas en los diferentes estados

En base al método de decodificación de teclado, explicado en 2.2.4.7, cada tecla puede tener diferentes funciones dependiendo del "estado" en que se encuentre el taxímetro.

Para escribir las rutinas correspondientes a las funciones de las teclas se utilizará la siguiente nomenclatura:

Subrutina TeclaXY

donde:

X = número de estado (0,1,...,12H)

Y = número de tecla (1,2 ó 3)

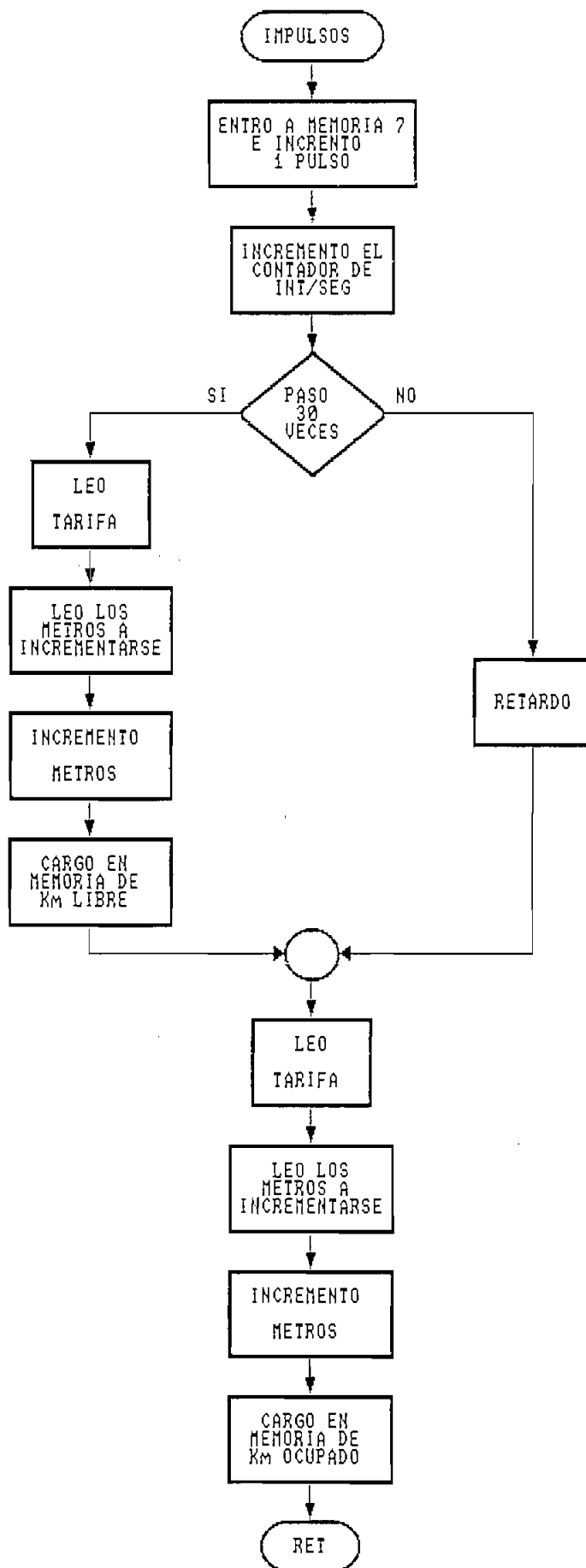


FIGURA 2.14 CONTADOR DE PULSOS Y KILOMETROS

Adicionalmente se requiere una subrutina que será asignada a aquellas teclas o combinaciones de teclas que en un estado dado no deban cumplir ninguna función específica. Esta subrutina se llamará Tecla0.

Cabe destacar que es necesario que todas las rutinas TeclaXY se ejecuten en un mismo número de ciclos de máquina del microcontrolador.

A continuación se detalla la función asignada a cada tecla en los diferentes estados:

tecla0 ;no hacer nada

Funciones de las teclas en el estado 00 (libre)

tecla01 ;entrar a tarifa1

tecla02 ;entrar a tarifa2

tecla03 ;ir a reloj

En la subrutina tecla01 se empieza seleccionando el estado ocupado, se carga 01 en el registro tarifa, 00 en el registro EX que sirve para saber si entró en el estado EXTRA, se llama a la subrutina ENCERADO que inicializa todos los valores, se lee el valor de la arrancada de la tarifa1 y finalmente este valor se carga en la RAM del estado ocupado. El estado ocupado tiene una capacidad hasta de 9'999.999 de los cuales en pantalla se muestra 99.999.

En la subrutina tecla02 se empieza seleccionando el estado ocupado, se carga 02 en el registro tarifa, 00 en el registro EX que sirve para saber si entró en el estado EXTRA, se llama a la subrutina ENCERADO que inicializa todos los valores, se lee el valor de la arrancada de la tarifa2 y finalmente este valor se carga en la RAM del estado ocupado.

En la subrutina tecla03 se lee el estado actual del taxímetro, en este caso sería el estado libre, se guarda este estado y se selecciona el estado reloj.

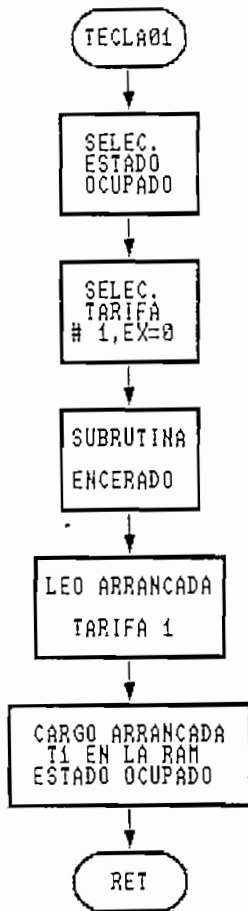
En la figura N° 2.15 se muestran los diagramas de flujo de las funciones de las teclas en el estado libre.

Funciones de las teclas en el estado 01 (ocupado)

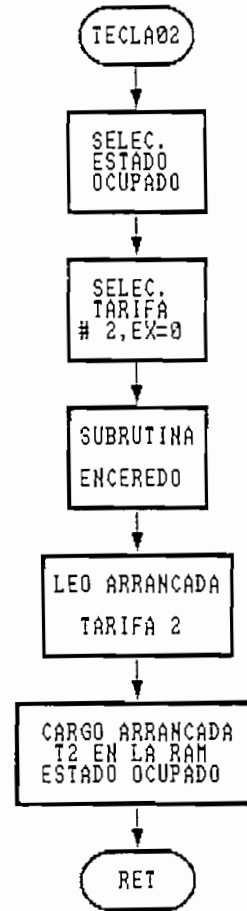
```
tecla11      ;ir al estado "a pagar"  
tecla12      ;tecla0 = no hacer nada  
tecla13      ;ir al estado reloj
```

En la subrutina tecla11, se carga 03 en el registro tarifa, que es para la tarifa3 ó ficticia; se copia el valor de la RAM del estado ocupado a la RAM del estado "a pagar", el estado "a pagar" tiene también una capacidad de hasta 9'999.999, se encera la RAM del estado ocupado y se selecciona el estado "a pagar".

En la subrutina tecla13 se lee el estado actual del taxímetro, en este caso sería el estado ocupado, se guarda este estado y



RUTINA DE ARRANCADA CON TARIFA 1



RUTINA DE ARRANCADA CON TARIFA 2



RUTINA PARA IR A RELOJ

se selecciona el estado reloj.

En la figura N^o 2.16 se muestran los diagramas de flujo de las funciones de las teclas en el estado ocupado.

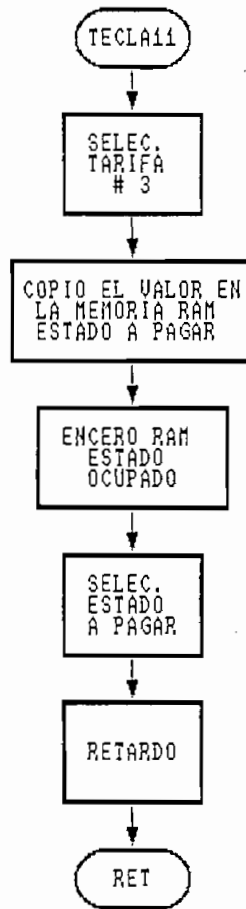
Funciones de las teclas en el estado 02 (a pagar)

```
tecla21      ;ir al estado libre totalizando
tecla22      ;tecla0 = no hacer nada
tecla23      ;calcular los extras
```

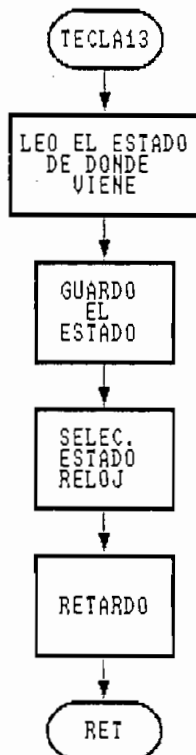
En la subrutina tecla21, se totalizan el número de carreras y la cantidad de dinero acumulado de la siguiente manera: se empieza cargando la RAM del estado "# de carreras", se incrementa en uno la RAM de este estado y se lo guarda, se carga la RAM del estado "a pagar", se carga la RAM del estado "total de dinero", se realiza la suma. El resultado se guarda en la RAM de los estados "total de dinero" y "2-000", la RAM del estado "total de dinero" tiene una capacidad de 99.999, por lo que para tener millones se ocupa los dígitos de la RAM del estado "2-000". Finalmente se carga el registro barras con 04 que es utilizado en el encendido de las barras y se selecciona el estado libre.

En la subrutina tecla23, se empieza preguntando si se ha entrado previamente en el estado EXTRA, en cuyo caso, se mantiene en el estado "a pagar", para que no vuelva a incrementar el valor del extra. Si no ha entrado previamente a extras, se selecciona el estado extra y se lee de la EPROM

FIGURA 2.16 FUNCIONES DE LAS TECLAS EN EL ESTADO OCUPADO (01)



RUTINA PARA IR DE OCUPADO A "A PAGAR (TOTAL)"



RUTINA PARA IR DE OCUPADO A RELOJ

el valor de EXTRA.

En la figura Nº 2.17 se muestran los diagramas de flujo de las funciones de las teclas en el estado "a pagar" ó (TOTAL).

Funciones de las teclas en el estado 03 (extras)

```
tecla31      ;ir al estado a pagar sumando los extras
tecla32      ;tecla0 = no hacer nada
tecla33      ;sumar extras N veces
```

En la subrutina tecla31 se empieza cargando el valor de la RAM del estado extra, se lo suma con el valor de la RAM del estado "a pagar" y este resultado se lo guarda en la RAM del estado "a pagar" y se selecciona el estado "a pagar".

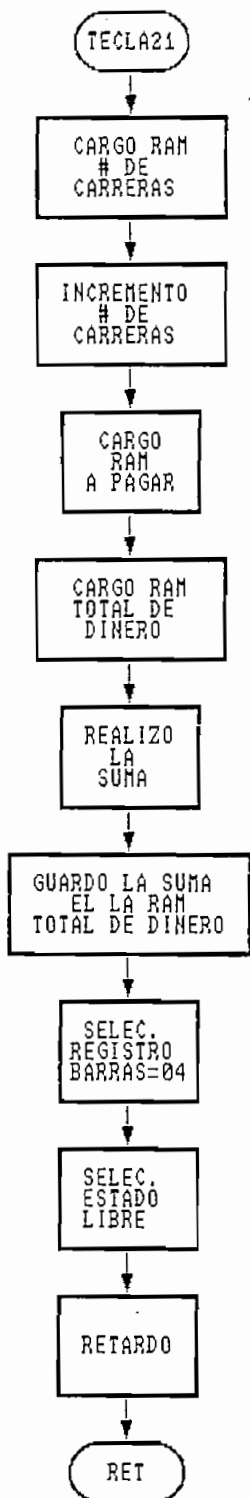
En la subrutina tecla33, se suma una cantidad de extras N veces (NEX): se empieza leyendo el número de veces a sumarse y EX, se compara NEX con EX para saber si se ha sumado todos los extras, de no ser así, se incrementa uno a EX, se lee de la EPROM un valor de extra, se suma con las RAM del estado extra y el resultado se guarda en la RAM del estado extra.

En la figura Nº 2.18 se muestran los diagramas de flujo de las funciones de las teclas en el estado extra.

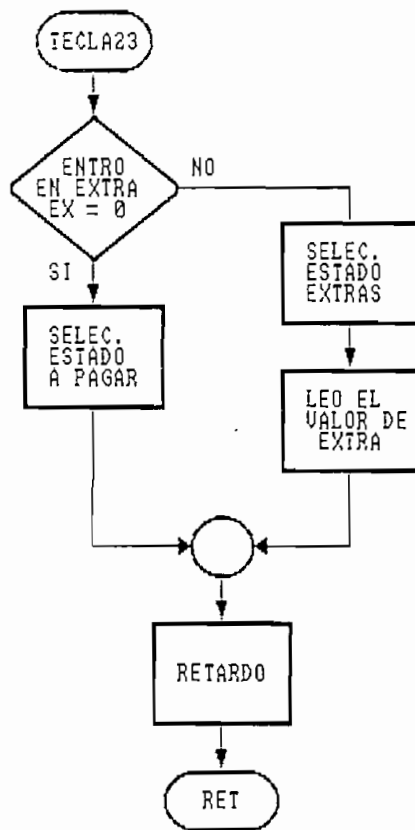
Funciones de las teclas en el estado 04 (memoria10) (1-000)

```
tecla41      ;teclalib = ir a libre
```


FIGURA 2.17 FUNCIONES DE LAS TECLAS EN EL ESTADO "A PAGAR (TOTAL)" (02)

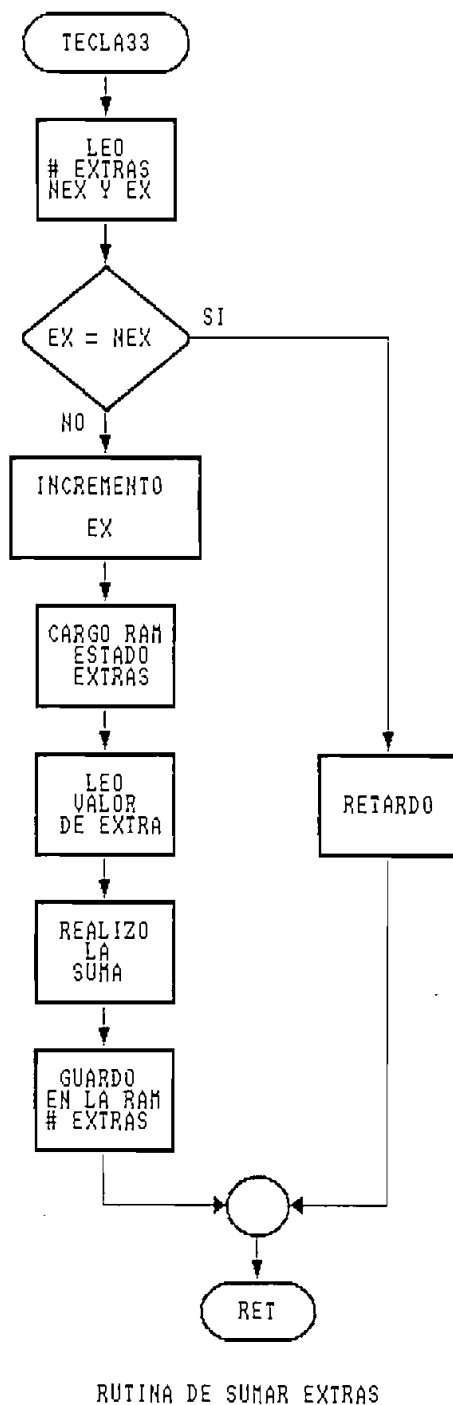
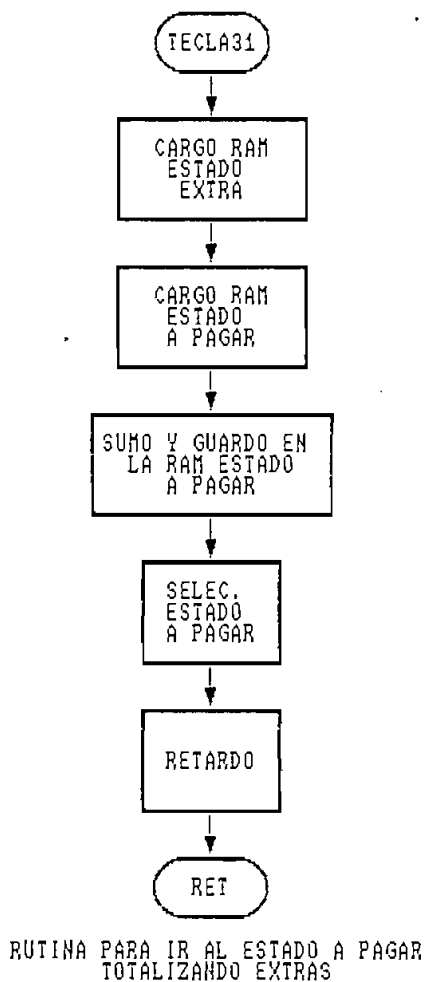


RUTINA PARA IR DE "A PAGAR" A LIBRE TOTALIZANDO



RUTINA DE LEER EXTRAS

FIGURA 2.18 FUNCIONES DE LAS TECLAS EN EL ESTADO EXTRA (03)



```
tecla42      ;ir a la memoria11 (# de carreras)
tecla43      ;tecla0 = no hacer nada
```

En la subrutina tecla41 se selecciona el estado libre.

En la subrutina tecla42 se selecciona el estado "# de carreras" (memoria11).

En la figura Nº 2.19 se muestran los diagramas de flujo de las funciones de las teclas en el estado "1-000".

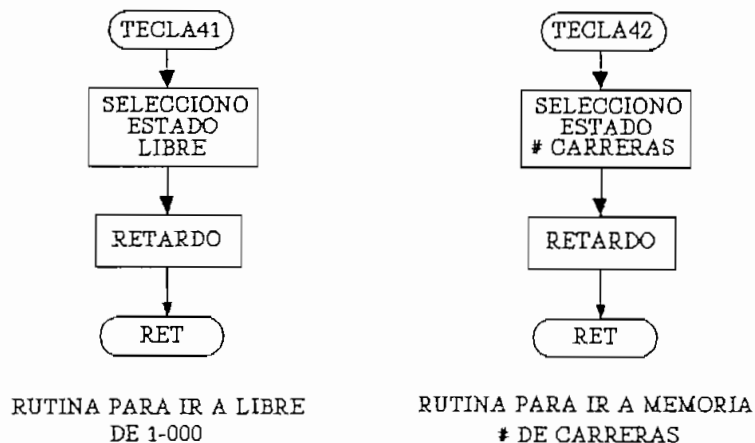


FIGURA 2.19 FUNCIONES DE LAS TECLAS EN EL ESTADO (04) (1-000)

Funciones de las teclas en el estado 05 (memoria11) # carreras

```
tecla51      ;teclalib = ir a libre
tecla52      ;ir a la memoria20 (2-000)
tecla53      ;tecla0 = no hacer nada
```

En la subrutina tecla51 se selecciona el estado libre.

En la subrutina tecla52 se selecciona el estado "2-000" (memoria20).

En la figura N^o 2.20 se muestran los diagramas de flujo de las funciones de las teclas en el estado "número de carreras".

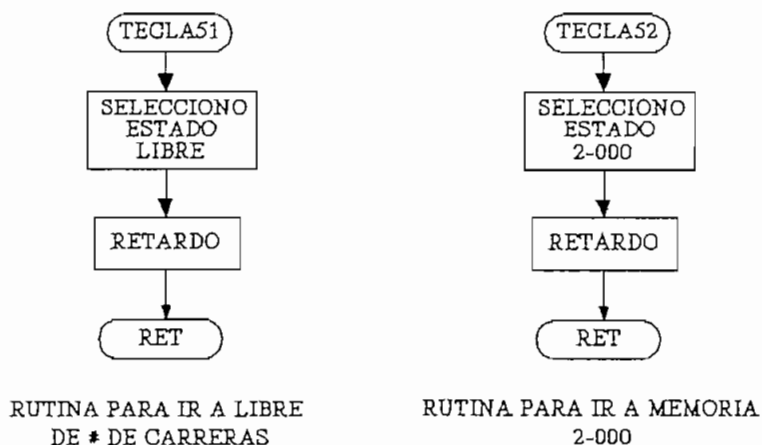


FIGURA 2.20 FUNCIONES DE LAS TECLAS EN EL ESTADO (05) (# DE CARRERAS)

Funciones de las teclas en el estado 06 (memoria20) 2-000

```
tecla61      ;teclalib = ir a libre
tecla62      ;ir a la memoria21 (total de dinero acumulado)
tecla63      ;tecla0 = no hacer nada
```

En la subrutina tecla61 se selecciona el estado libre.

En la subrutina tecla62 se selecciona el estado "total de dinero acumulado" (memoria21).

En la figura N^o 2.21 se muestran los diagramas de flujo de las funciones de las teclas en el estado "2-000".

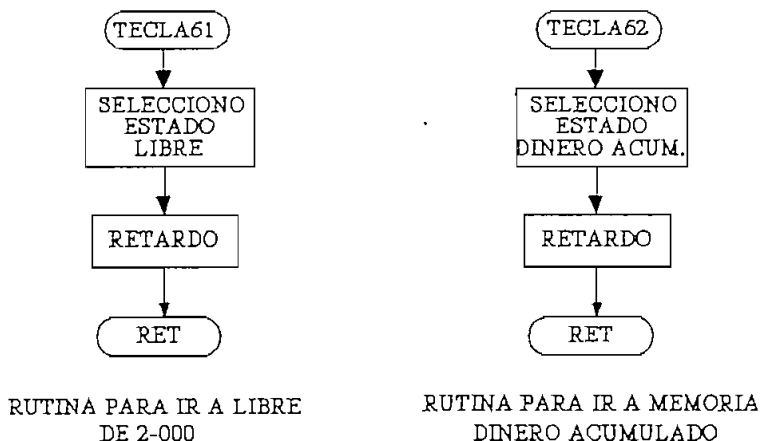


FIGURA 2.21 FUNCIONES DE LAS TECLAS EN EL ESTADO (06) (2-000)

Funciones de las teclas en el estado 07 (mem.21) total dinero

```
tecla71      ;teclalib = ir a libre
tecla72      ;ir a la memoria30 (3-000)
tecla73      ;tecla0 = no hacer nada
```

En la subrutina tecla71 se selecciona el estado libre.

En la subrutina tecla72 se selecciona el estado "3-000" (memoria30).

En la figura N° 2.22 se muestran los diagramas de flujo de las funciones de las teclas en el estado "total de dinero acumulado".

Funciones de las teclas en el estado 08 (memoria30) 3-000

```
tecla81      ;teclalib = ir a libre
```

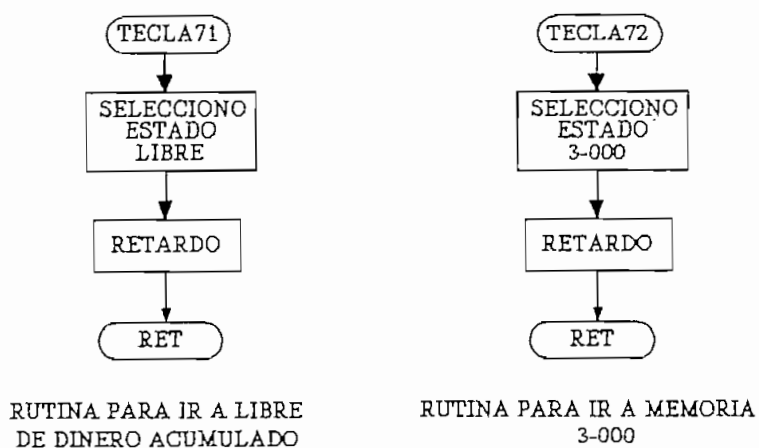


FIGURA 2.22 FUNCIONES DE LAS TECLAS EN EL ESTADO (07) (DINERO ACUMULADO)

```

tecla82      ;ir a la memoria31 (Km libre)
tecla83      ;tecla0 = no hecer nada
  
```

En la subrutina tecla81 se selecciona el estado libre.

En la subrutina tecla82 se selecciona el estado "kilómetros en libre" (Km libre) (memoria31).

En la figura NQ 2.23 se muestran los diagramas de flujo de las funciones de las teclas en el estado "3-000".

Funciones de las teclas en el estado 09 (memoria31) Km libre

```

tecla91      ;teclalib = ir a libre
tecla92      ;ir a la memoria40 (4-000)
tecla93      ;tecla0 = no hacer nada
  
```

En la subrutina tecla91 se selecciona el estado libre.

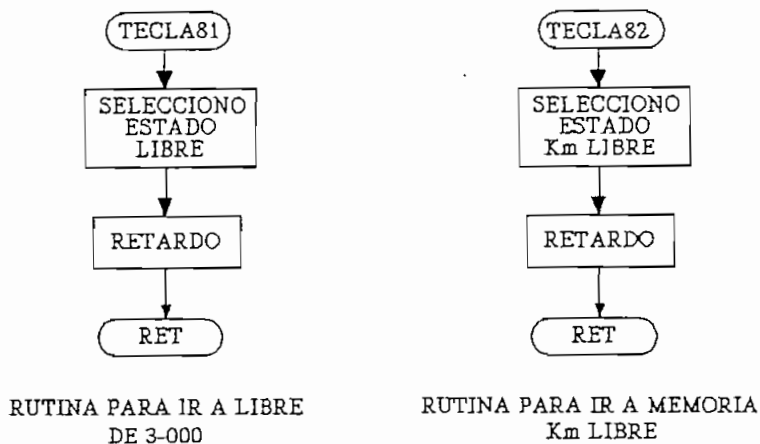


FIGURA 2.23 FUNCIONES DE LAS TECLAS EN EL ESTADO (08) (3-000)

En la subrutina tecla92 se selecciona el estado "4-000" (memoria40).

En la figura NQ 2.24 se muestran los diagramas de flujo de las funciones de las teclas en el estado "Km libre".

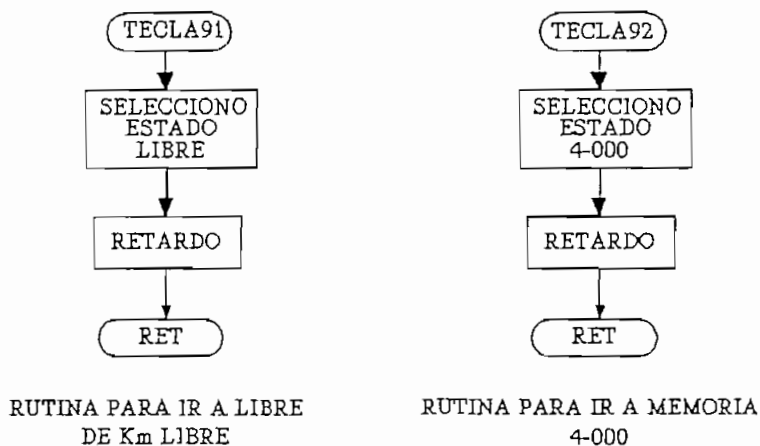


FIGURA 2.24 FUNCIONES DE LAS TECLAS EN EL ESTADO (09) (Km LIBRE)

Funciones de las teclas en el estado 0A (memoria40) 4-000

teclaA1 ;teclalib = ir a libre

```
teclaA2      ;ir a la memoria41 (Km ocupado)
teclaA3      ;tecla0 = no hacer nada
```

En la subrutina teclaA1 se selecciona el estado libre.

En la subrutina teclaA2 se selecciona el estado "kilómetros en ocupado" (Km ocupado) (memoria41).

En la figura Nº 2.25 se muestran los diagramas de flujo de las funciones de las teclas en el estado "4-000".

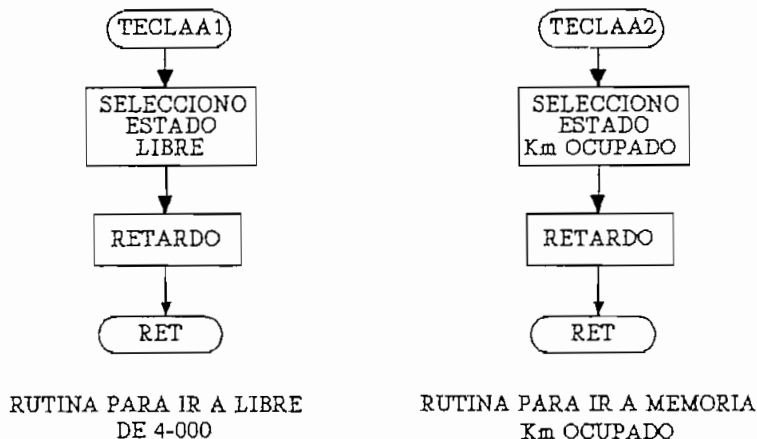


FIGURA 2.25 FUNCIONES DE LAS TECLAS EN EL ESTADO (0A) (4-000)

Funciones de las teclas en el estado 0B (memoria41) Km ocupado

```
teclaB1      ;teclalib = ir a libre
teclaB2      ;ir a la memoria50 (5-000)
teclaB3      ;tecla0 = no hacer nada
```

En la subrutina teclaB1 se selecciona el estado libre.

En la subrutina teclaB2 se selecciona el estado "5-000" (memoria50).

En la figura N° 2.26 se muestran los diagramas de flujo de las funciones de las teclas en el estado "Km ocupado".

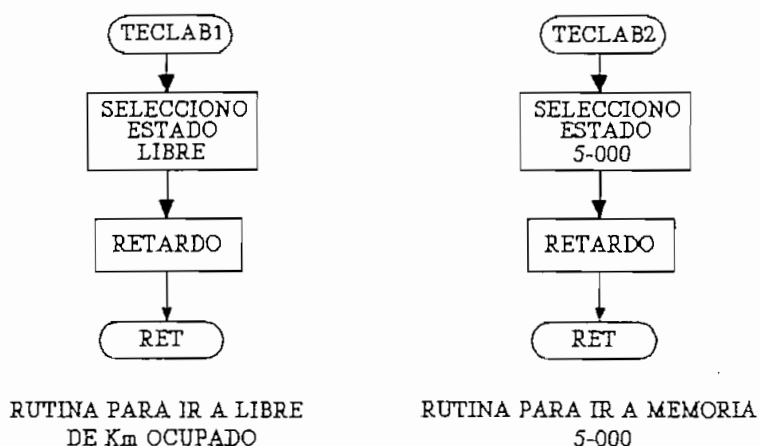


FIGURA 2.26 FUNCIONES DE LAS TECLAS EN EL ESTADO (0B) (Km OCUPADO)

Funciones de las teclas en el estado 0C (memoria50) 5-000

```
teclaC1      ;teclalib = ir a libre
teclaC2      ;ir a la memoria51 (# serie)
teclaC3      ;tecla0 = no hacer nada
```

En la subrutina teclaC1 se selecciona el estado libre.

En la subrutina teclaC2 se selecciona el estado "# de serie" (memoria51).

En la figura N° 2.27 se muestran los diagramas de flujo de las funciones de las teclas en el estado "5-000".

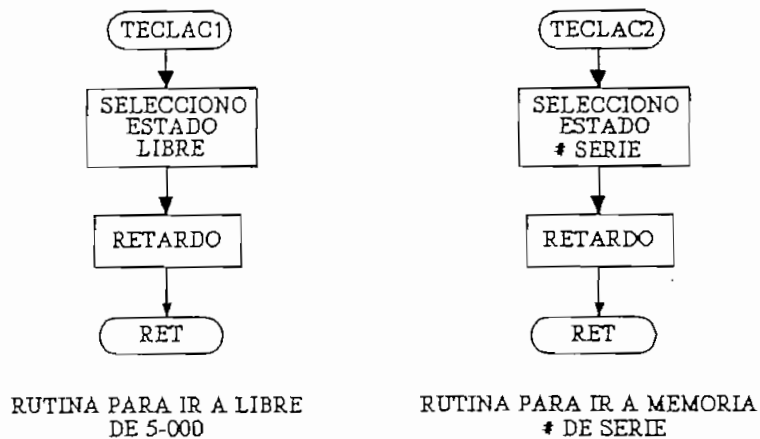


FIGURA 2.27 FUNCIONES DE LAS TECLAS EN EL ESTADO (0C) (5-000)

Funciones de las teclas en el estado OD (mem.51) # de serie

```
teclaD1      ;teclalib = ir a libre
teclaD2      ;ir a la memoria60 (6-000)
teclaD3      ;tecla0 = no hacer nada
```

En la subrutina teclaD1 se selecciona el estado libre.

En la subrutina teclaD2 se selecciona el estado "6-000" (memoria60).

En la figura Nº 2.28 se muestran los diagramas de flujo de las funciones de las teclas en el estado "número de serie".

Funciones de las teclas en el estado OE (memoria60) 6-000

```
teclaE1      ;teclalib = ir a libre
teclaE2      ;ir a la memoria61 (cte. auto)
```

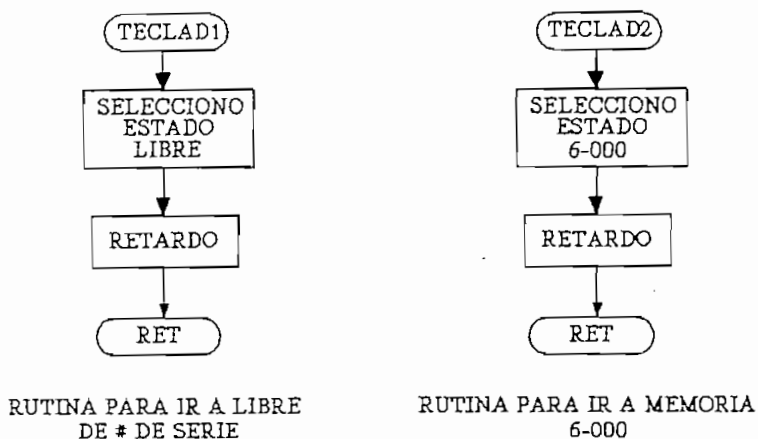


FIGURA 2.28 FUNCIONES DE LAS TECLAS EN EL ESTADO (OD) (# DE SERIE)

teclaE3 ;tecla0 = no hacer nada

En la subrutina teclaE1 se selecciona el estado libre.

En la subrutina teclaE2 se selecciona el estado "constante del automóvil" (memoria61).

En la figura N^o 2.29 se muestran los diagramas de flujo de las funciones de las teclas en el estado "6-000".

Funciones de las teclas en el estado OF (memoria61) cte. auto

teclaF1 ;teclalib = ir a libre

teclaF2 ;ir a la memoria7 (calibración)

teclaF3 ;tecla0 = no hacer nada

En la subrutina teclaF1 se selecciona el estado libre.

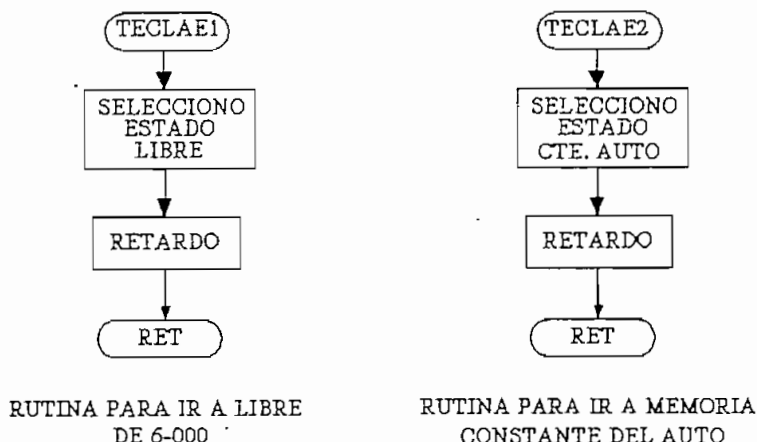


FIGURA 2.29 FUNCIONES DE LAS TECLAS EN EL ESTADO (0E) (6-000)

En la subrutina teclaF2 se encera la RAM del estado memoria7 ó de calibración y se selecciona el estado memoria7.

En la figura N° 2.30 se muestran los diagramas de flujo de las funciones de las teclas en el estado "constante del automóvil".

Funciones de las teclas en el estado 10 (mem.7) calibración

```
tecla101      ;teclalib = ir a libre
tecla102      ;teclalib = ir a libre
tecla103      ;tecla0   = no hacer nada
```

En la subrutina tecla101 se selecciona el estado libre.

En la subrutina tecla102 se selecciona el estado libre.

En la figura N° 2.31 se muestran los diagramas de flujo de las

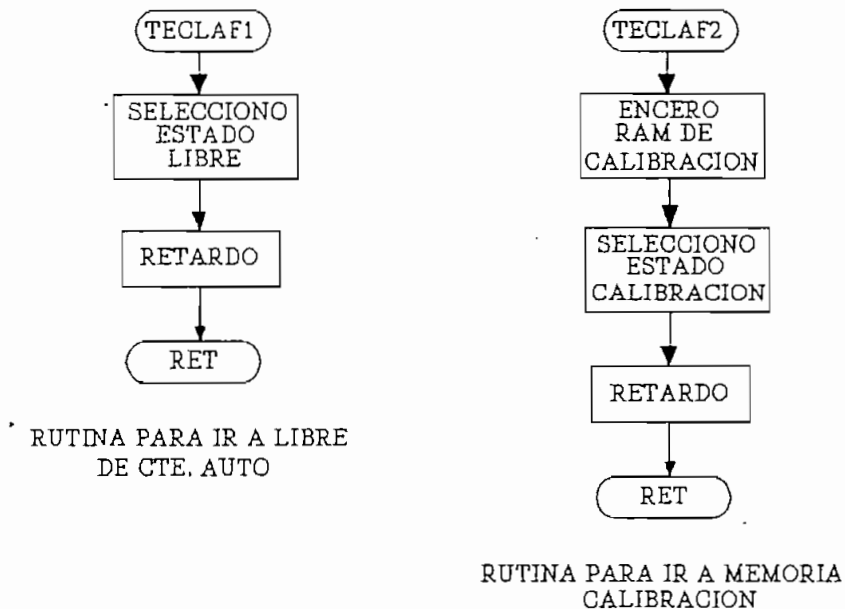


FIGURA 2.30 FUNCIONES DE LAS TECLAS EN EL ESTADO (0F) (CTE. AUTO)

funciones de las teclas en el estado "calibración".

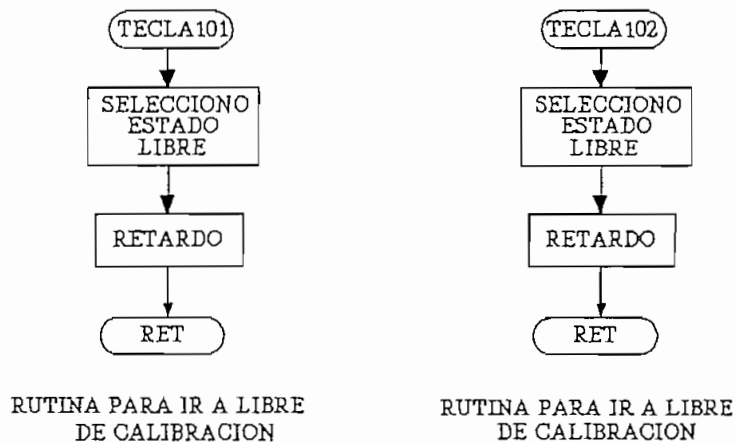


FIGURA 2.31 FUNCIONES DE LAS TECLAS EN EL ESTADO (10) (CALIBRACION)

Funciones de las teclas en el estado 11 (reloj)

tecla111 ;tecla0 = no hacer nada

tecla112 ;entrar a memorias (1-000)

tecla113 ;volver al estado previo

En la subrutina tecla112 se lee el registro barras que sirve como ayuda para saber si se está con carrera, se pregunta si está en tarifa1 ó tarifa2; si está en cualquiera de estas tarifas no se tiene acceso a las memorias del taxímetro, y si no está se selecciona el estado "1-000" (memorial0).

En la subrutina tecla113, se lee el estado anterior que tuvo el taxímetro y se selecciona este estado para poder regresar al estado de donde vino.

En la figura NQ 2.32 se muestran los diagramas de flujo de las funciones de las teclas en el estado "reloj".

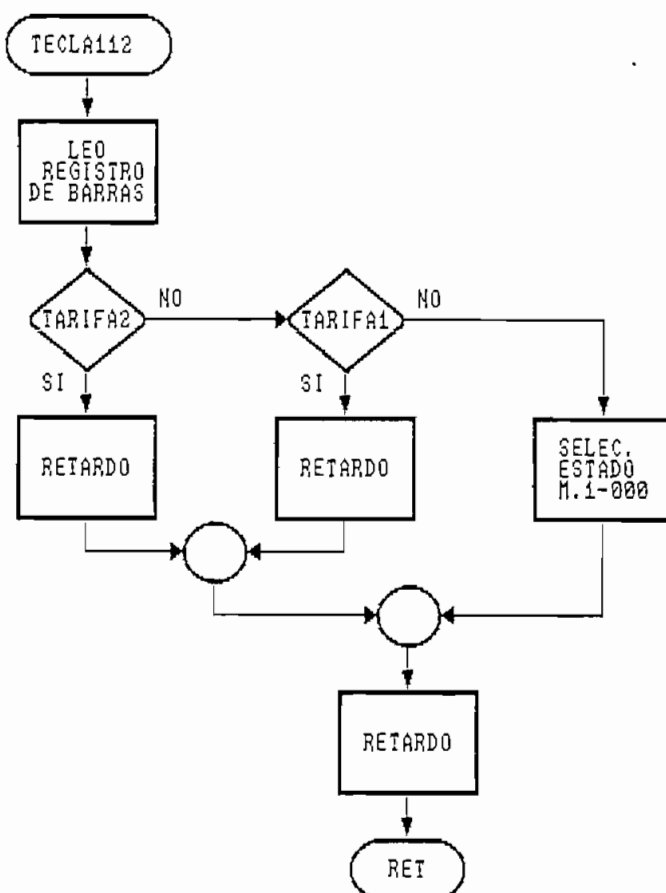
Funciones de las teclas en el estado 12 (igualareloj)

tecla121 ;incrementar horas
tecla122 ;incrementar minutos
tecla123 ;inicializa el estado reloj y sale al programa principal (mainprog)

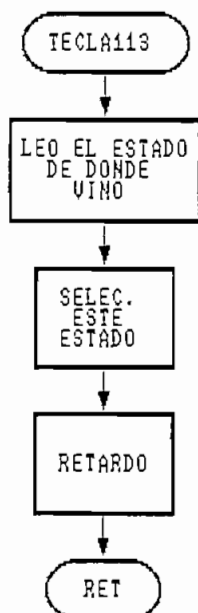
En la subrutina tecla121 se carga la RAM igualahoras, se incrementa en uno las horas y se compara si la horas son 13, en cuyo caso se setea "horas" = 1, manteniéndose en este estado.

En la subrutina tecla122 se carga la RAM igualaminutos, se incrementa en uno los minutos. Se compara si los minutos son

FIGURA 2.28 FUNCIONES DE LAS TECLAS EN EL ESTADO (11) RELOJ



RUTINA PARA IR DE RELOJ A 1-000



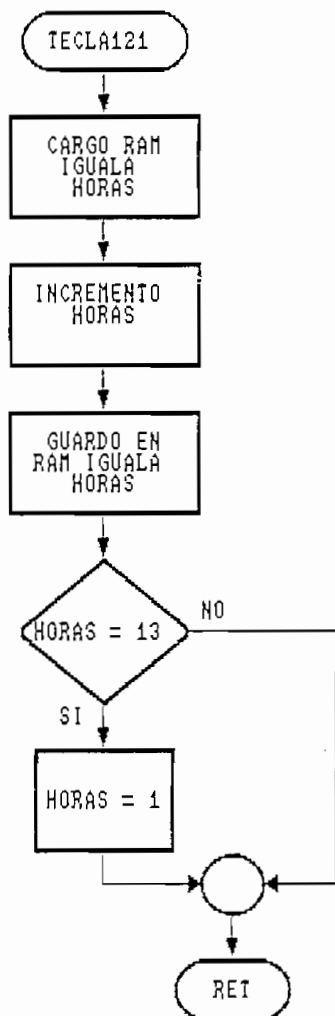
RUTINA PARA IR DE RELOJ A LIBRE

60, en cuyo caso se setea "minutos" = 00, manteniéndose en este estado.

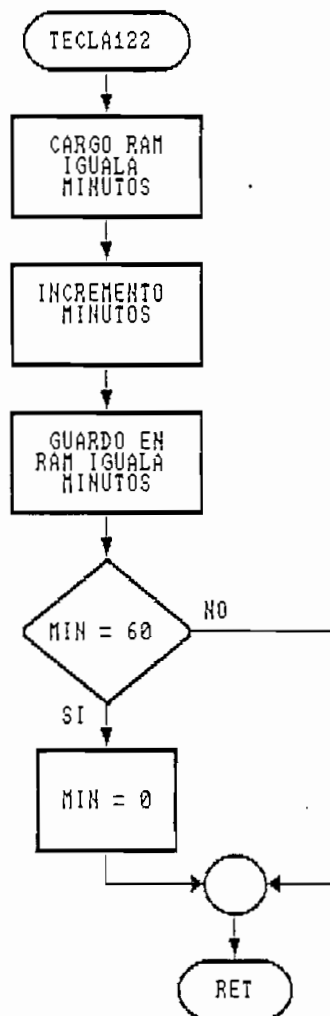
En la subrutina tecla123 se carga la RAM del estado reloj, se copia la RAM del estado igualareloj en el estado reloj y se selecciona el estado reloj. Saliendo de este estado que iguala el reloj, se selecciona como estado anterior el estado libre, para entrar a ese estado, ya que estando en "reloj" al pulsar la tecla3, debe ir al estado "libre".

En la figura N^o 2.33 se muestran los diagramas de flujo de las funciones de las teclas en el estado "igualareloj".

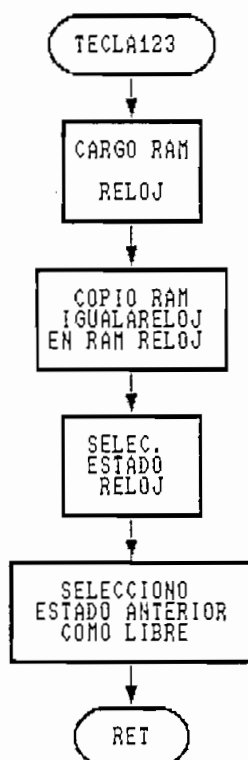
Como se puede apreciar en los diferentes diagramas de flujo, existen una serie de subrutinas repetitivas, las cuales realizan la función de pasar de cualquier memoria al estado libre, por lo que en la implementación del programa principal estas subrutinas se las unifica en una sola subrutina llamada Teclalib, que realiza la función de pasar de cualquier memoria al estado libre.



RUTINA PARA INCREMENTAR HORAS



RUTINA PARA INCREMENTAR MINUTOS



RUTINA PARA SALIR AL PROGRAMA PRINCIPAL

2.3 DESARROLLO DE LAS RUTINAS EN ASSEMBLER DEL 8749

Todo el listado del programa principal del taxímetro se encuentra en el Anexo B.

2.4 REPROGRAMACION DE TARIFAS

En este programa se escriben los valores de las tarifas, esto es arrancadas (A_1 , A_2), incrementos (I_1 , I_2), tiempos de minuto de espera (T_1 , T_2), valor del kilómetro recorrido (KM_1 , KM_2), constante del automóvil (K), # de serie del automóvil, para en función de estos valores, calcular los diferentes parámetros que el taxímetro necesita.

Estos datos se escriben en formato INTEL anexándolo en el programa principal (versión hexadecimal), con lo que se tiene acceso a estos valores codificados para que funcione el taxímetro. Así tenemos lo siguiente:

Los datos en el formato INTEL se los representa de la siguiente manera: Primero se escribe el número de datos, luego la dirección de la EPROM en donde van a estar los datos y finalmente los datos.

Por ejemplo, si se tiene 03050300 dato1; dato2; dato3; esto significa que se van a escribir 3 datos, dato1 en la dirección 0503, dato2 en la dirección 0504 y dato3 en la dirección 0505.

El valor de ARRANCADA de la tarifa se la procesa de tal manera que se obtenga un arreglo de 3 bytes, porque se asignaron 3 localidades en la EPROM del microcontrolador, estos valores deben ser arreglados (codificados) de la siguiente manera:

si A1 = 165 el arreglo es 00 16 5F

Si A1 = 1111 el arreglo es 01 11 1F

Si A1 = 15 el arreglo es 00 01 5F

Para los INCREMENTOS se tiene un arreglo de dos bytes; para el # serie y la constante del automóvil se tiene un arreglo de tres bytes cada uno.

Los parámetros de intervalos de tiempo para que se produzca un incremento, tarifa de KILOMETRO RECORRIDO, para contabilizar kilómetros tanto en libre como en ocupado, se calculan en función de la ecuaciones del numeral 2.1.

La constante de kilómetro en el estado libre es "FCH = 252" porque en cada 4 pulsos se genera una interrupción.

El programa para reprogramación de tarifas se desarrolló en Quick Basic para por medio de un computador personal PC realizar esta función. En el PC aparece un menu de opciones en el que se ingresan los diferentes parámetros de las tarifas como son: ARRANCADA, INCREMENTOS, costo de KILOMETRO RECORRIDO, valor del MINUTO DE ESPERA; tanto para la tarifa1 como para la tarifa2, se puede ingresar las dos tarifas ó una de ellas. También se ingresa una cantidad de EXTRA y el # de

extras, que sirven para las dos tarifas, la CONSTANTE del automóvil y el # de serie. Con estos parámetros se genera un archivo ptax1.hex que contiene todas las variables utilizadas por el taxímetro, el cual es anexado en el programa principal, para de esta manera con este programa anexado, realizar la reprogramación del microcontrolador con las nuevas tarifas.

El listado del programa en Quick Basic de reprogramación de taxímetros se encuentra en el anexo C, el manual de operación de este programa esta detallado en el anexo D.

CAPITULO III

PRUEBAS Y RESULTADOS

3.1 OPERACION DEL TAXIMETRO

El taxímetro tiene implementadas rutinas que permiten realizar el siguiente conjunto de funciones:

Tarifa Nº1: permite al taxímetro arrancar con un valor de "ARRANCADA" (A_1) e ir incrementando el importe a pagar en base a INCREMENTOS de (I_1) sucres y en función de las tarifa1, de MINUTO DE ESPERA (M_1) y de un valor de KILOMETRO RECORRIDO (K_1). Se define una velocidad crítica del vehículo en la cual el taxímetro deja de realizar sus incrementos en base a consideraciones de tiempo y empieza a contabilizar distancias recorridas.

Tarifa Nº2: permite al taxímetro arrancar con valor de "ARRANCADA" (A_2) e ir incrementando el importe a pagar en base a INCREMENTOS de (I_2) sucres y en función de las tarifa2, de MINUTO DE ESPERA (M_2) y de un valor de KILOMETRO RECORRIDO

(K₂). Se define una velocidad crítica² del vehículo en la cual el taxímetro deja de realizar sus incrementos en base a consideraciones de tiempo y empieza a contabilizar distancias recorridas.

Extras: esta opción, es susceptible de ser habilitada o no, permite añadir al importe a pagar una cantidad fija considerada como EXTRA, un número máximo de veces que también es susceptible a programar. Se ingresa en esta opción cuando el taxímetro esta en el estado "a pagar" (TOTAL) pulsando la TECLA 3, mostrándose en pantalla el importe adicional por concepto de EXTRAS, posteriormente la pantalla muestra el total a pagar, resultado de la suma aritmética de las dos cantidades mencionadas.

Memorias: El taxímetro incorpora un total de siete memorias para el almacenamiento de la siguiente información:

- Memoria 1: Número total de carreras realizadas.
- Memoria 2: Dinero total acumulado.
- Memoria 3: Distancia total recorrida en kilómetros, en el estado LIBRE
- Memoria 4: Distancia total recorrida en kilómetros, en el estado OCUPADO.
- Memoria 5: Número de serie del taxímetro.
- Memoria 6: Constante del vehículo.
- Memoria 7: Contador dinámico de impulsos para la calibración de la constante.

Reloj: El cual puede ser activado desde el estado libre y regresar a este estado, y desde el estado ocupado sea con tarifa1 ó tarifa2, el taxímetro seguirá incrementando internamente el valor de la carrera, permitiendo regresar al estado ocupado actualizando la pantalla con el valor de la carrera.

3.1.2 Conexiones del taxímetro

Para que el taxímetro esté en disposición de empezar a trabajar es suficiente conectarlo a la fuente de alimentación (batería de 12 Voltios) e instalar el correspondiente módulo detector de impulsos en la cadena del velocímetro del automóvil. Las conexiones del taxímetro hacia la fuente y hacia el módulo se realizan a través del conector posterior.

El conector posterior del taxímetro es un arreglo de 6 entradas, al cual se acopla un conector aéreo, del cual salen un total de cinco cables, dos para polarización del taxímetro y los otros en un arreglo de un cable blindado de tres hilos para evitar interferencia de radio, cuya conexión se debe realizar de acuerdo a la siguiente distribución, en el número especificado en el conector:

- Cable rojo: Al positivo de la fuente (+ 12V), (5)
- Cable negro: Al negativo de la fuente (masa o tierra), (1)

Cable blindado:

- Hilo rojo: Al módulo sensor (led del módulo), (4)
- Hilo blanco: Al módulo sensor (entrada de pulsos), (6)
- Hilo negro: Al módulo sensor (masa del módulo), (2)

Para colocar el módulo sensor de pulsos, primeramente se tiene que romper la cadena del velocímetro, hacer un cuadrado de 4mm en los dos extremos de la cadena, el mismo que se lo introducirá en el eje metálico, que estará dentro de las dos tapas del módulo con el optoacoplador (refiérase Figura 1.14); una vez armado el módulo, se coloca el capuchón del cable, que sirve para que no ingrese polvo al interior del módulo y los dos capuchones de la cadena que sirven para sujetar la misma.

3.1.2 Puesta en marcha

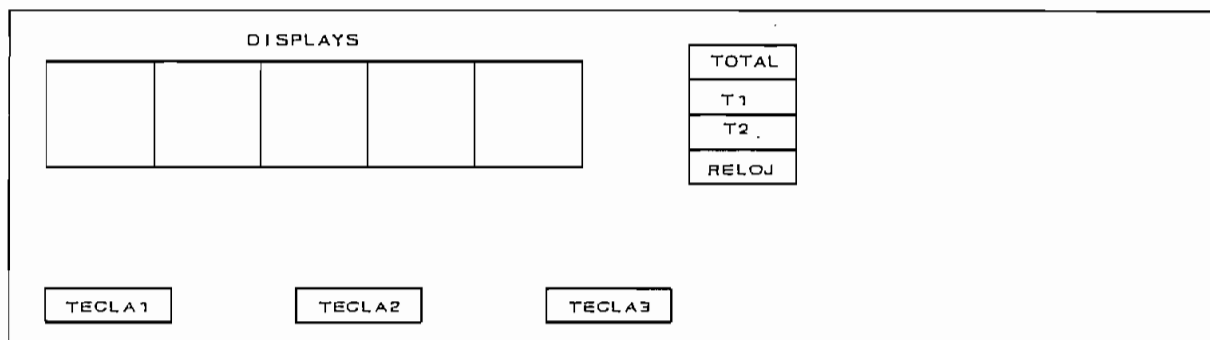


Figura 3.1 Distribución de elementos

Al conectar por primera vez el taxímetro a la fuente de alimentación, éste ingresa en la subrutina para igualar el reloj mostrándose en pantalla las 12 horas 00 minutos. Con la TECLA 1 se incrementa el valor de las horas, con la TECLA 2 se incrementa el valor de minutos; una vez que el reloj está igualado, con la TECLA 3 entra a funcionar el reloj, mostrando

con el indicador luminoso que está en el estado "reloj". Estando en reloj con la TECLA 3 se entra al estado LIBRE mostrando en pantalla la palabra LIBRE. Con la misma tecla se puede ir a reloj si se desea, en cualquier momento.

3.1.2.1 Inicio de una carrera

Para iniciar una carrera el taxímetro debe estar en el estado LIBRE. Pulsando la TECLA 1 se ingresa a la Tarifa 1 y pulsando la TECLA 2 se ingresa a la Tarifa 2. Este taxímetro está preparado para trabajar con una o con dos tarifas independientes.

En el momento de pulsar la tecla de inicio de carrera (TECLA 1 ó TECLA 2), en la pantalla se visualizará el valor de la Arrancada y se encenderán los indicadores luminosos de T1 ó T2 respectivamente. De esta manera, el usuario está en capacidad de verificar en todo momento en qué tarifa está desarrollándose la carrera. Si en este momento pulsamos la TECLA 3 se ingresa en el estado reloj, observándose que los indicadores luminosos de T1 ó T2 se mantienen encendidos, y además se enciende el del estado reloj. El taxímetro, sin embargo, sigue contabilizando la carrera. Pulsando nuevamente la TECLA 3 se vuelve al estado en que se encuentre la carrera.

Al finalizar la carrera se pulsa la TECLA 1 con lo cual el taxímetro detiene la cuenta apareciendo en la pantalla la cantidad exacta que el usuario deberá pagar. Simultáneamente se enciende el indicador luminoso correspondiente con el

mensaje TOTAL.

Pulsando nuevamente la TECLA 1 se entra en el estado libre mostrando en pantalla la palabra LIBRE, apagando todos los indicadores, con lo que el taxímetro está listo para iniciar otra carrera.

3.1.2.2 Adición de extras

Si está vigente el cobro de extras, cuando el taxímetro esté en el estado "A PAGAR" y el indicador luminoso esté encendido con el mensaje TOTAL, se puede ingresar al estado de adición de EXTRAS.

Para realizar el cobro de EXTRAS, es necesario pulsar la TECLA3. Al hacerlo, en pantalla aparece la cantidad correspondiente a un extra. Si se ha considerado el cobro secuencial de extras, a cada nueva pulsación de la TECLA 3 la cantidad mostrada se incrementará en el valor correspondiente a un extra hasta un máximo de extras permitido.

Pulsando en este momento la TECLA 1 se realiza la suma aritmética de la cantidad de la carrera a pagar con la de los extras, mostrando en pantalla el valor de la suma y encendiéndose el indicador con el mensaje TOTAL. En este estado, mediante la pulsación de la TECLA 1 se volverá al estado libre.

3.1.2.3 Entrada a memorias

Para permitir un control apropiado del trabajo, el taxímetro tiene una memoria capaz de almacenar toda la información acumulada que genera el taxímetro. Para poder observar esa información se debe pulsar la TECLA 2, estando en el estado de reloj sin carrera, volviendo a pulsar la misma tecla una vez por cada memoria que se quiera observar. La TECLA 1 permite salir del estado memorias directamente a LIBRE.

3.2 CONTRASTACION DE LAS MEDICIONES DEL EQUIPO

Las pruebas a realizarse son de tiempo y de distancia con los siguientes datos de tarifa vigentes:

Arrancada	=	\$ 260
Km recorrido	=	\$ 260
Minuto de espera	=	\$ 60
Incrementos	=	\$ 5
Constante del auto	=	640

Prueba de Base de Tiempo del reloj: Se comprobó la exactitud del reloj durante un fin de semana, en el que se encontraron los siguientes resultados:

Hora inicial = viernes 21:00h
Hora final = lunes 09:00h

Tiempo transcurrido 60 horas, 00 minutos.

Tiempo medido 60 horas, 00 minutos.

Prueba de Base de Tiempo del taxímetro: Cuando el equipo está funcionando por tiempo, arrancando con la tarifal en un período de 10 horas el importe a pagar debería ser de:

$$\text{valor} = \$ 260 + 60 \cdot 60 \cdot 10 = \$ 36.260$$

El taxímetro fue puesto en operación sin pulsos en el módulo, con lo cual se garantiza la operación por tiempo y al cabo de 10 horas el valor leído fue \$ 36.260.

Prueba de Distancia: Al equipo se conectó un generador de funciones a una frecuencia de 83,01 Hz, que representa una velocidad de 116,73 Km/h durante 10 min, obteniéndose los siguientes resultados:

$$\text{valor a pagar} = \$ 5.340$$

$$\text{Km recorrido} = 19,3 \text{ Km}$$

Valores calculados:

$$\text{Valor a pagar} = \$ 5.058$$

$$\text{Km recorrido} = 19,4 \text{ Km}$$

3.3 PRUEBAS DE RESISTENCIA DEL EQUIPO

Las pruebas de resistencia que se aplicaron al taxímetro se las detalla a continuación y fueron realizadas en las

instalaciones del Instituto de Investigaciones Tecnológicas de la Escuela Politécnica Nacional.

Pruebas de Temperatura: Al equipo se lo introdujo en una estufa con regulación de temperatura controlada, incrementando gradualmente la temperatura como se muestra en el siguiente cuadro:

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Consumo (mA)
20	30	160
10	36	160
10	48	160
10	54	160
20	58	160
10	62	160
10	68	160
10	74	160

El equipo a las diferentes temperaturas consume la misma cantidad de corriente que cuando trabaja a temperatura nominal (25°C), esto es 160 mA (medido). El equipo funcionó en forma normal aún con la máxima temperatura de prueba.

Pruebas de Humedad: Puesto que el equipo puede trabajar en ambientes con humedad, se lo introdujo en una estufa con regulación de temperatura controlada y que además a cualquier temperatura puede saturar de humedad el ambiente, lo que significa 100% de humedad relativa.

El equipo estuvo en la estufa a 35°C saturado de humedad durante 6 horas funcionando normalmente, con un consumo de

corriente de 160 mA y sin que se pueda apreciar ningún efecto corrosivo en los componentes del aparato.

Pruebas de Vibraciones: Puesto que el equipo puede trabajar en carreteras de mala calidad que hace que éste se someta a una cierta vibración, se lo sometió a vibraciones fijándolo en un vibrotamiz a una frecuencia de 50 Hz, con una amplitud de 1mm durante 30 minutos funcionando normalmente sin que se pueda apreciar ningún daño a la estructura del aparato.

3.4 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL SISTEMA

El programa del taxímetro ocupa casi la totalidad de los 2 Kbytes disponibles, por lo tanto solo se podrían realizar pequeños cambios al programa.

En el reloj se muestra solamente horas y minutos, porque se dispone de 5 displays. Los segundos se cuentan en el microcontrolador internamente.

Por las necesidades actuales y de futuro se prevee que con 5 displays será suficiente para cualquier importe a pagar de una carrera.

El equipo no posee manejo de luces exteriores para indicar el estado de "libre" y de "ocupado" del taxi. Tampoco tiene opción para conectar impresora, en la cual se imprimiría el

valor de la carrera para el usuario.

El equipo no posee indicación de extras, debido a que en las normas del INEN esta opción no es absolutamente necesaria.

Además no tiene autonomía de energía para las memorias, lo que implica que cuando exista una desconexión del taxímetro de la fuente de alimentación, se pierde toda la información almacenada en las memorias, inicializando desde cero nuevamente.

El máximo valor de arrancada es de \$ 99.999 que es bastante elevado, con una resolución de \$ 1. El máximo valor de cada incremento es de \$ 999 que es suficiente ya que actualmente es de \$ 5 y con una resolución de \$ 1.

Para tener valores fraccionarios de arrancada y de incrementos, se puede modificar la tabla de encendido de los diferentes puntos en el programa del taxímetro, para que se encienda el punto para obtener un decimal, pero al ingresar los valores de arrancada, costo de Km recorrido, minuto de espera e incrementos, deben multiplicarse por 10 para que al calcular las constantes necesarias no se produzcan errores.

La capacidad de almacenamiento de las memorias se la detalla a continuación:

- Máximo número de carreras 99.999, con una resolución de 1 carrera.

- Máxima cantidad de dinero totalizado 9'999.999, con una resolución de \$ 1.
- Máxima cantidad de Km recorridos en ocupado 9.999,9 Km, con una resolución de 0,1 Km.
- Máxima cantidad de Km recorridos en libre 9.999,9 Km, con una resolución de 0,1 Km.
- Máximo número de serie 99.999, con una resolución de 1.

Si suponemos que un taxi recorre diariamente 300 Km, 100 Km en ocupado y 200 Km en libre, y, que hace \$ 40.000 y realiza 40 carreras, se puede almacenar carreras para 2.500 días, dinero acumulado de 250 días, kilómetros en ocupado de 100 días y kilómetros en libre de 50 días. Por lo tanto, 50 días representaría, en condiciones normales, el período máximo de capacidad de almacenamiento de memoria.

La reprogramación de las tarifas está limitado a cambiar la tabla de datos residentes en el EPROM del microcontrolador. Para realizar este cambio se debe desarmar el equipo, borrar y reprogramar el microcontrolador.

3.5 VERIFICACION TECNOLOGICA DEL TAXIMETRO

A continuación se muestran los resultados de la verificación tecnológica del taxímetro, que realiza la Escuela Politécnica Nacional, en los laboratorios de la misma, para luego con estos resultados realizar una comparación con otros taxímetros que se comercializan en nuestro medio.

VERIFICACION TECNOLOGICA DE TAXIMETROS				PAG. 1/4	
MARCA:			MODELO:		
Nº SERIE: 0001			FABRICANTE: ESCUELA POLITECNICA NACIONAL		
PAIS: ECUADOR			SOLICITADO POR:		
A ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES					
DENOMINACION	DATOS DEL FABRICANTE	CUMPLE		OBSERVACIONES	
		SI	NO		
DIMENSIONES (mm)	Altura	58	X	SE CONSIDERA EL CUERPO PRINCIPAL, SIN LOS CONECTORES DE POLARIZACION.	
	Ancho	161	X		
	Profundidad	23	X		
PESO (Kg)		0,215	X		
VOTAJE DE ALIMENTACION (V)	Máximo	16	X		
	Nominal	12	X		
	Mínimo	7	X		
CORRIENTE DE ALIMENTACION (A)		0,6 A máx		X MEDIDO 0,2 A máx	
TEMPERATURA DE OPERACION (°C)	Máxima	70 °C	X		
	Mínima	0 °C	X		
HUMEDAD ADMISIBLE (%)		5% - 95%	X	MEDIDO EN SATURACION	
RESISTENCIA A VIBRACIONES		50Hz ampl 1mm	X		

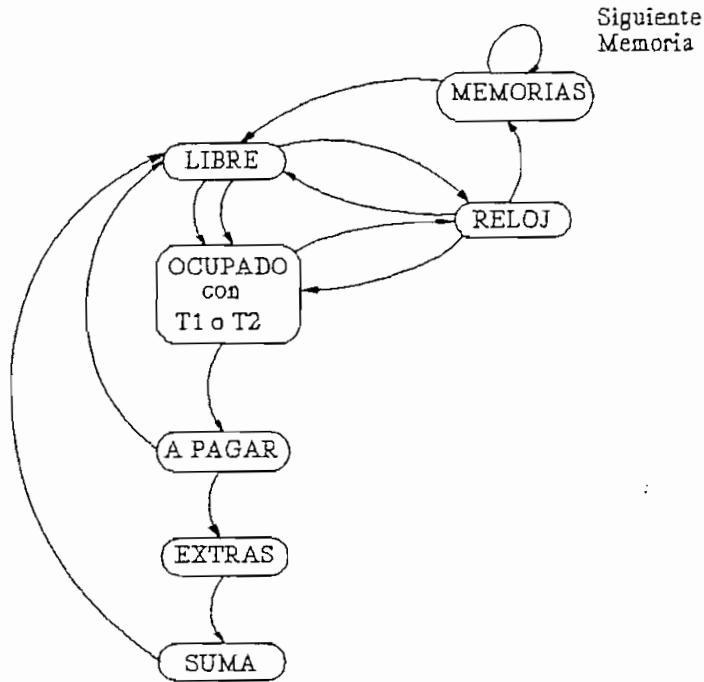
B		TECNOLOGIA DE FABRICACION	
TAXIMETRO	() TTL	(X) MICROPROCESADOR: 8749H, CPU 8BITS, SINGLE CHIP, 128 RAM 2Kb EPROM + XTAL 6.0 MHz	
PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION	() CMOS	()	
ALMACENAMIENTO DE DATOS DE OPERACION Y CONTROL (Memorias Digitales)	(X) RAM: DEL µC	() RAM + PILA	
	() ROM	(X) EPROM: DEL µC	
INDICADORES ALFANUMERICOS Y DE ESTADO	() Lámpara	(X) LED: DISPLAY Y ARREGLO DE 4 BARRAS	
	() LCD	()	
CONECTORES DE ENTRADA/SALIDA ESPECIALES	() Salida de Datos de Memoria	() Control de Luces Exteriores	
	() Conector de Reprogramación	() Conector de prueba y diagnóstico	
CALIDAD DE LOS CIRCUITOS IMPRESOS	() EXCELENTE	() BUENA	
	(X) MUY BUENA	() REGULAR	
OBSERVACIONES Y COMENTARIOS: LA CONTRUCCION FISICA, EL TIPO DE COMPONENTES Y EL MONTAJE SON DE BUENA CALIDAD; ES FACIL CONSEGUIR TODO EL MATERIAL USADO EN EL MERCADO NACIONAL, POR LO QUE SU REPARACION ES FACTIBLE.			

B	TECNOLOGIA DE FABRICACION	PAG. 2/4
TRANSDUCTOR DE VELOCIDAD	() Mecánico	(X) Opto-electrónico H21A3
TIPO DE SENSOR	() Magnético	
CALIDAD DEL TRANSDUCTOR	() Excelente	(X) Buena
	() Muy buena	() Regular
<p>OBSERVACIONES Y COMENTARIOS: EL TRANSDUCTOR GENERA 4 PULSOS PD REVOLUCION DE SU EJE, LA INSTALACION REQUIERE DE UN CORTE EN LA CADENA DEL VELOCIMETRO DEL AUTOMOVIL, EL TRANSDUCTOR ES DE MATERIAL PLASTICO.</p>		

C	INDICACION DE ESTADO, SITUACION O VALORES	
	FORMA DE INDICACION	SISTEMA DE SELECCION
LIBRE	5 DISPLAYS INDICAN LA PALABRA "LIBRE"	TECLA 1 PRESIONANDO AL FINALIZAR LA CARRERA POSTERIOR AL ESTADO DE "A PAGAR" (TOTAL).
OCUPADO	5 DISPLAYS INDICAN EL VALOR DE LA CARRERA	TECLA 1 o TECLA 2 PRESIONANDO CUALQUIERA DE ELLAS ESTANDO EN EL ESTADO "LIBRE"
TARIFA	SE MUESTRA LAS LETRAS "T1" o "T2" EN UNA BARRA TIPO LED.	TECLA 1 o TECLA 2 PRESIONANDO CUALQUIERA DE ELLAS ESTANDO EN EL ESTADO "LIBRE"
A PAGAR	5 DIGITOS INDICAN EL VALOR CORRESPONDIENTE Y SE ILUMINA LA PALABRA "TOTAL"	TECLA 1 SERVE PARA LAS DOS TARIFAS
SUPLEMENTO O EXTRAS	LOS 5 DISPLAYS SE UTILIZAN PARA MOSTRAR LOS VALORES DE EXTRAS, SE APAGA LA PALABRA "TOTAL"	TECLA 3 PRESIONANDO ESTANDO EN EL ESTADO "TOTAL", CON LA MISMA SE INCREMENTA N VECES EL VALOR DE EXTRA
SUMA	LA SUMA DE LA CARRERA Y EL VALOR SE EXTRA SE MUESTRA EN 5 DISPLAYS, Y SE ILUMINA NUEVAMENTE LA PALABRA "TOTAL"	TECLA 1 AUTOMATICAMENTE
TIEMPO/ DISTANCIA	NO EXISTE	
<p>OBSERVACIONES Y COMENTARIOS: EL VALOR DE EXTRAS Y NUMERO DE EXTRAS PUEDE SER PROGRAMADO CON EL VALOR QUE SE REQUIERA O SER DESHABILITADO, TAMBIEN SE PUEDE HABILITAR LA UNA O LAS DOS TARIFAS, EL MODO DE OPERAR EL TAXIMETRO RESULTA FACIL Y LA INDICACION DE LOS DIFERENTES ESTADOS ES CLARA.</p>		

D	DESCRIPCION FUNCIONAL	PAG. 3/4
---	-----------------------	----------

SECUENCIA DE OPERACION (DIAGRAMA DE FLUJO)



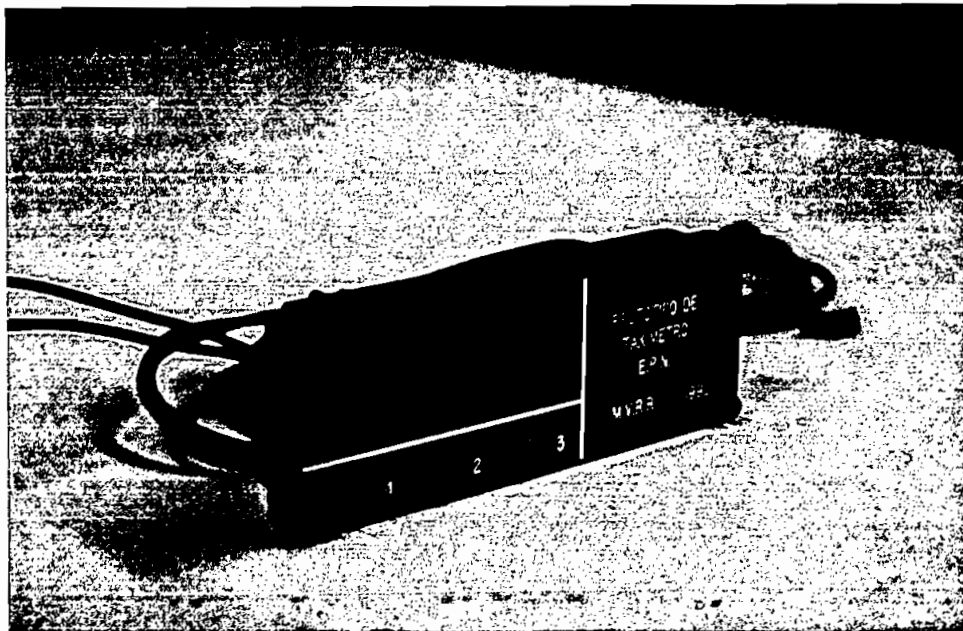
FUNCION	OBSERVACIONES
CALIBRACION DEL TAXIMETRO AL VEHICULO	PARTIENDO DE "LIBRE", CON LA TECLA 3 SE PASA A "RELOJ", PULSANDO LA TECLA 2 SE ENTRA EN LOS TOTALIZADORES (MEMORIAS), EN LA ULTIMA APARECE "70000", CON LO QUE SE EMPIEZA EL RECORRIDO PARA CALIBRACION EN 1 Km, SE LEE EL VALOR, EL MISMO QUE ES LA CONSTANTE DEL AUTO
SELECCION DE TARIFAS	PULSANDO LA TECLA 1 SE INGRESA EN TARIFA 1 PULSANDO LA TECLA 2 SE INGRESA EN TARIFA 2
INTRODUCCION DE SUPLEMENTOS O EXTRAS	EL TAXIMETRO PUEDE SER PROGRAMADO CON UN VALOR DE EXTRA Y N VECES A INCREMENTARSE, QUE PUEDE SER UTILIZADO EN LAS DOS TARIFAS LOS CUALES SE AÑADEN AL IMPORTE A PAGAR PULSANDO LA TECLA 3 CUANDO SE ESTA EN EL ESTADO "TOTAL"
VERIFICACION DEL TAXIMETRO	NO DISPONE RUTINAS DE AUTOVERIFICACION

UNA VEZ QUE SE ENTRA EN EXTRAS NO SE PUEDE INGRESAR NUEVAMENTE HASTA QUE SE PASE POR EL ESTADO "LIBRE", EL USUARIO PUEDE VERIFICAR FACILMENTE EN QUE TARIFA ESTA DESARROLLANDOSE LA CARRERA.

E	INFORMACION COMPLEMENTARIA	PAG. 4/4
<p>FORMA DE CAMBIO DE TARIFAS: MEDIANTE REPROGRAMACION DEL MICROCONTROLADOR, CON PERSONAL TECNICO CALIFICADO, EN UN PC SE INGRESA LOS VALORES DE LAS TARIFAS, CON UN PROGRAMA SE TRANSFORMA ESTOS DATOS A CONSTANTES QUE PUEDA UTILIZAR EL TAXIMETRO PARA SU FUNCIONAMIENTO.</p>		
<p>FUNCIONES ESPECIALES: EL TAXIMETRO INCORPORA RELOJ QUE INDICA HORAS Y MINUTOS, AL CONECTAR POR PRIMERA VEZ A LA BATERIA, CON LA TECLA 1 Y CON LA TECLA 2 SE IGUALA EL RELOJ, CON LA TECLA 3 SE INGRESA AL PROGRAMA DEL TAXIMETRO, CON LA MISMA TECLA SE INGRESA A "LIBRE", EL RELOJ PUEDE ACTIVARSE TANTO EN LIBRE COMO EN OCUPADO. ESTANDO EN RELOJ SIN CARRERA, CON LA TECLA 2 SE INGRESA A LOS TOTALIZADORES APARECIENDO PRIMERO EL NUMERO Y LUEGO EL VALOR DE: NUMERO DE CARRERAS, TOTAL DE DINERO, KILOMETROS RECORRIDOS EN LIBRE , KILOMETROS RECORRIDOS EN OCUPADO, NUMERO DE SERIE DEL TAXIMETRO, CONSTANTE DEL AUTO Y CALIBRACION.</p>		
F	CONCLUSIONES	
<p>EL TAXIMETRO PRESENTA BUENAS CARACTERISTICAS TECNICAS, CON UNA TECNOLOGIA MODERNA Y AVANZADA, TENIENDOSE UN CONSUMO DE ENERGIA PEQUEÑO, FACILIDAD DE INSTALACION EN EL AUTO, INSTALACION ELECTRICA SENCILLA Y CONFIABLE, EL μC QUE UTILIZA TIENE MEMORIA REPROGRAMABLE Y CUALQUIER MODIFICACION PUEDE HACERSE RAPIDAMENTE.</p>		
<p>DEPARTAMENTO DE ELECTRONICA Y CONTROL LABORATORIO DE ELECTRONICA INDUSTRIAL</p>		
<p>FECHA DE INGRESO DEL TAXIMETRO: FECHA DE EGRESO DEL TAXIMETRO: INFORME REALIZADO POR:</p>		
<p>FIRMA RESPONSABLE</p> <p>_____</p>	<p>VISTO BUENO</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">DECANO</p>	
<p>ESCUELA POLITECNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA</p>		
<p>Yo, _____ representación de _____</p> <p>declaro haber recibido a mi entera satisfacción el taxímetro y demás accesorios presentados para su verificación y pruebas.</p>		
<p>RECIBI CONFORME</p> <p>_____</p>	<p>ENTREGUE</p> <p>_____</p>	
<p>Fecha:</p>		

3.6. FOTOS DEL EQUIPO

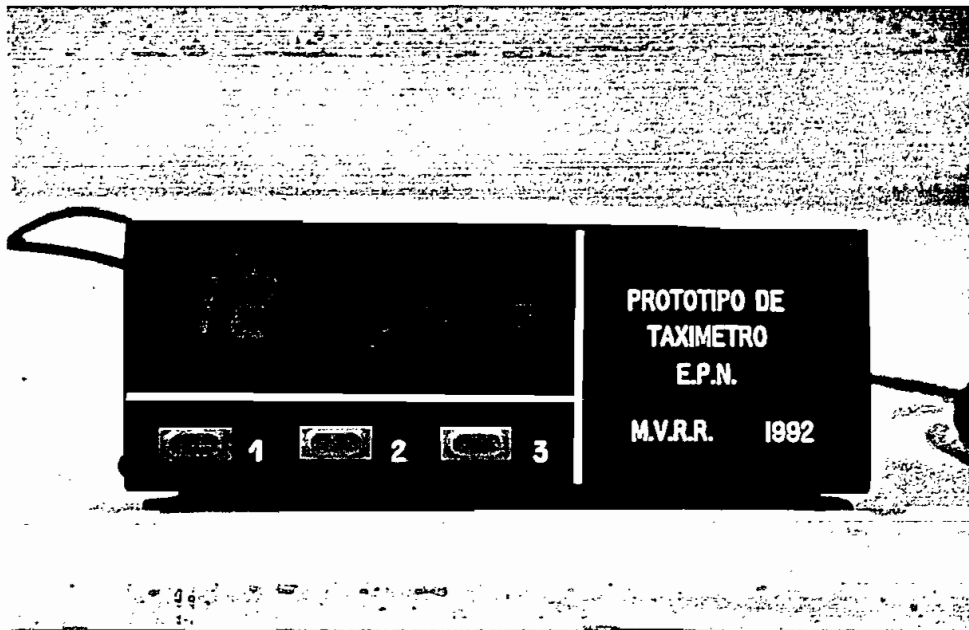
A continuación se muestra una serie de fotos del equipo en las diferentes vistas, exteriores como interiores.



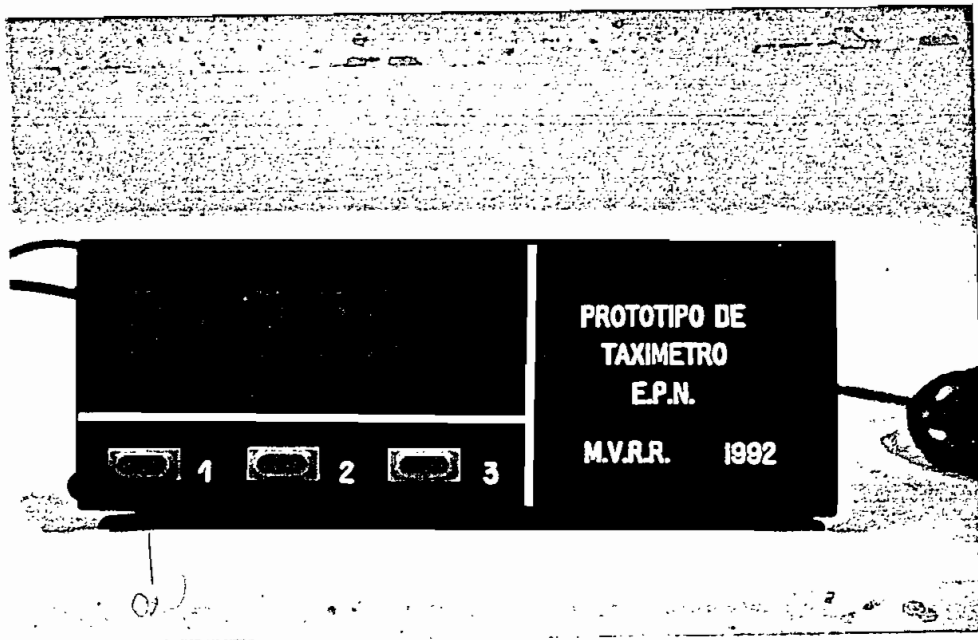
Vista frontal en el estado "LIBRE"



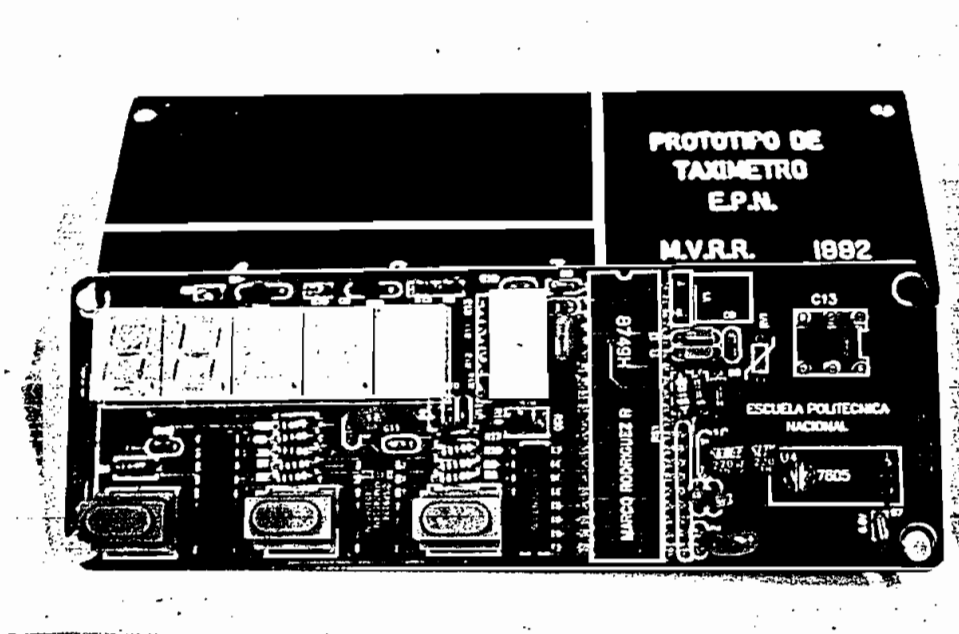
Vista frontal en el estado "A PAGAR" en tarifa 1



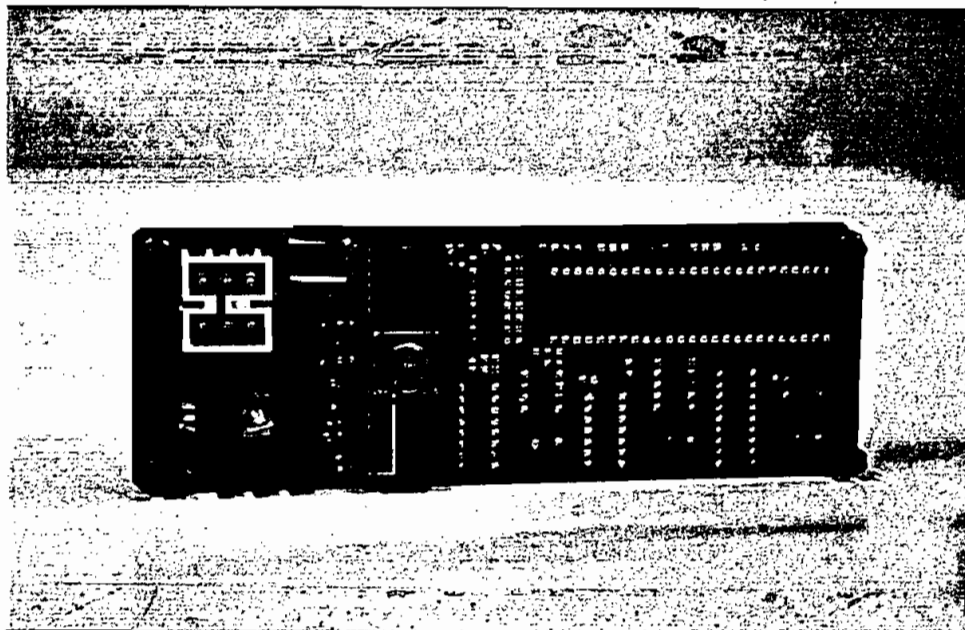
Estado Reloj con tarifa 2



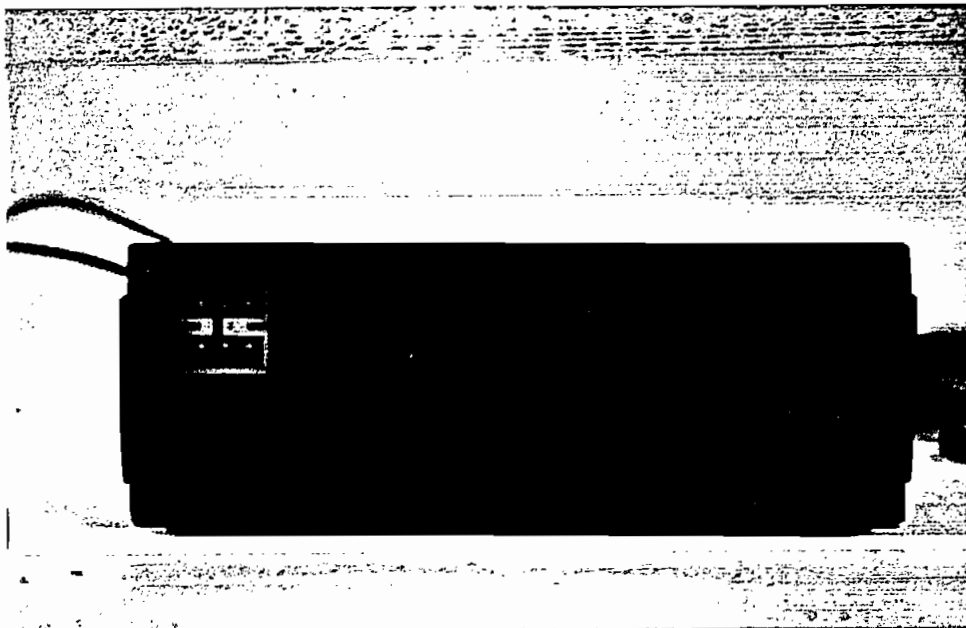
Estado Memoria 3



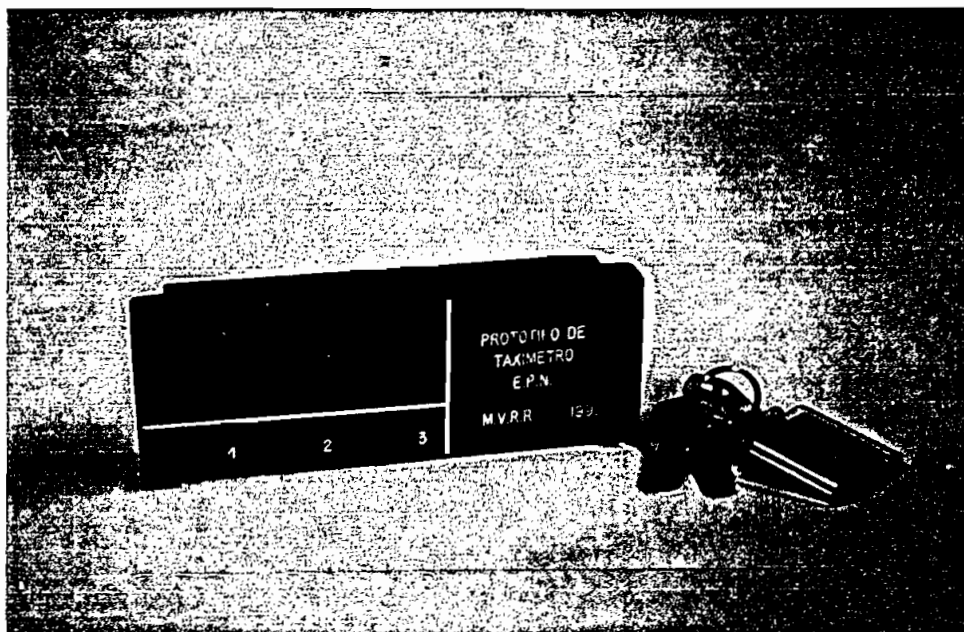
Vista interior lado de componentes



Vista interior lado de soldadura



Vista posterior



Relación de tamaño

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

4.1. ANALISIS DE RESULTADOS

De las pruebas realizadas al equipo en el capítulo anterior, se presenta el siguiente análisis, tomando en cuenta los objetivos planteados en este trabajo de tesis.

Al evaluar la base de tiempo del reloj, se tiene que el tiempo medido es igual al tiempo real transcurrido, por lo tanto el error de tiempo es = 0%, de lo que se desprende que el reloj es exacto.

Como se puede apreciar, en la prueba de base de tiempo del taxímetro, el valor medido es igual al valor calculado, por lo que el error es = 0%. Esto es debido a que la base de tiempo para que se produzca un incremento con los datos de la tarifa usada es múltiplo de 40 msg; si la base de tiempo no es múltiplo de 40 msg el máximo error para producir un incremento es de ± 20 msg para cada base de tiempo como se puede apreciar de la siguiente ecuación:

$$T_1 = (I_1/M_1) * 60 * 25 [\text{vueltas}]$$

En donde una vuelta es 8 ejecuciones del programa principal y representa 40 msg de base de tiempo; al número de vueltas se lo acerca al inmediato valor entero, por lo que el error es la mitad de los 40 msg.

Si se tiene por ejemplo una base de tiempo de 4,98 sg el máximo error es de 20 msg, al minuto se tendrá:

$$\begin{array}{r} 20 \text{ msg} \\ X \\ X = 0,24 \text{ sg} \end{array} \quad \begin{array}{r} 4,98 \text{ sg} \\ 60 \text{ sg} \end{array}$$

Por lo tanto el error para una base de tiempo de 4,98 sg es de 0,24 sg por minuto.

En el Art.29 de las normas de INEN especifica que la tolerancia para tiempo en indicaciones "en más" es de 3 sg por minuto y "en menos" de 6 sg por minuto, por lo que se puede apreciar que en este trabajo el error es mucho menor.

De los datos obtenidos en la prueba de distancia se tiene un error del 0,4% "en más". El INEN especifica que la tolerancia de distancia en indicaciones "en más" es el 1% y "en menos" el 2% de la distancia de ensayo. Como se puede ver, el error de este equipo es menor.

Los errores para evaluar la tarifa de kilómetro recorrido (prueba de distancia), depende de las tarifas vigentes y de la

velocidad del automóvil como se puede apreciar de la siguiente ecuación:

$$x = \frac{4 * K * I_x}{K_x} [\text{pulsos}]$$

Reemplazando los datos de la tarifa utilizada para las pruebas se tiene que $X = 49,23$ pulsos, que aproximando al entero más cercano daría $X = 49$ pulsos/5seg que representa el número de pulsos necesarios para producir un incremento, generando un llamado de interrupción del timer/counter. También los 49 pulsos representa la velocidad crítica. Además, el número de llamadas a interrupción es entero y máximo de 50, por lo que cada 49 pulsos generará un llamado de interrupción. Por ejemplo si la velocidad es de 100 Km/h se tiene:

100 Km	1h
100*640*4 pulsos	3600 sg
N pulsos	5 sg
N = 355,55 pulsos/5 seg	

Por lo que el número de llamadas a interrupción será de:

$$\text{INT} = (355/5\text{seg}) / (49/5\text{seg}) = 7,245 \text{ INT/seg}$$

Como el número de llamadas a interrupción es entero se tiene que $\text{INT} = 7$. Como se puede observar, existe un error debido a que el número inicial de pulsos y el número de llamadas a interrupción no es entero.

velocidad crítica = 13,85 Km/h

$$\begin{aligned} 13.85 * 640 * 4 \text{ pulsos} & \quad 3600 \text{ sg} \\ V & \quad 5 \text{ sg} \\ V & = 49,2 \text{ pulsos/5 seg.} \end{aligned}$$

Se compensa $50 - 7 = 43$ int, aunque se debería compensar exactamente 42,755 interrupciones. Como cada interrupción se demora 400 ciclos de máquina y $1 \text{ seg} = 200 * 2.000 = 400.000$ ciclos de máquina se tiene que para una velocidad constante de 100Km/h el error en 1 seg será:

$(43 - 42,755) * 400 = 0,245 * 400 = 98$ ciclos demás por seg.
En una hora se tendría $3.600 * 98 = 352.800$ ciclos que representa 0,88 seg, pero este error es relativo debido a que un automóvil no mantiene velocidades constantes, por lo que en algunos casos compesará por más y en otros por menos, manteniéndose un error mínimo.

De las pruebas de resistencia del equipo, se puede decir que el taxímetro puede soportar temperaturas de trabajo altas, en ambientes con mucha humedad y en carreteras de mala calidad, por lo que puede trabajar normalmente en cualquier parte del país sin sufrir ningún daño.

4.2. ANALISIS TECNICO ECONOMICO

El equipo ha sido diseñado y construido con elementos digitales, dentro de los cuales el microcontrolador que es la

parte central del taxímetro es el más costoso, pero a cambio nos da la posibilidad de reducción de tamaño y de mantenimiento, puesto que éste sustituye gran parte de circuitería.

A continuación se muestra en tabla 4.1, el listado de elementos y cantidad utilizada de cada uno de ellos en la construcción del equipo.

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	COSTO UNIT. S/.	COSTO TOT. S/.
1	Microcontrolador 8749H	1	18.500	18.500
2	UDN 2981A	1	3.000	3.000
3	ULN 2003	1	1.000	1.000
4	74C14	1	1.000	1.000
5	Display rojo HDSP 5501	5	4.700	23.500
6	Barra roja HLMP 2620	1	3.400	3.400
7	Optoacoplador H21A3	1	2.800	2.800
8	CRISTAL 6MHz	1	1.600	1.600
9	Regulador de 5V/1A 7805	1	2.000	2.000
10	Varistor V18ZA3	1	1.500	1.500
11	Transistor PNP 2N3906	2	250	500
12	Transistor NPN PN2222A	2	250	500
13	Diodo 1N4002	1	60	60
14	Diodo 1N4002	3	60	180
15	Zener de 5,6V/1W 1N4734A	2	300	600
16	Capacitor 220uF/16V	1	250	250
17	Capacitor tantalio 10uF/35V	3	700	2.100
18	Capacitor monolitico 0,1uF/50V	5	300	1.500
19	Capacitor cerámico 22pF	2	300	600
20	Resistencia integrada 10K	1	500	500
21	Resistencia 1/4W	23	50	1.150
22	Zócalo 40 pin low profile	1	1.850	1.850
23	Tecla gris	3	2.500	7.500
24	Disipador 291-36H	1	700	700
25	Conector placa 6 pin A1472	1	1.200	1.200

Tabla 4.1

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	COSTO UNIT. S/.	COSTO TOT. S/.
26	Conector hembra ó pin A1404	1	500	500
27	Pin hembra 60619	5	100	500
28	Portafusible aereo	1	1.000	1.000
29	Fusible 5A	1	200	200
30	Frontal de acrílico rojo	1	4.000	4.000
31	Etiqueta adhesiva	1	100	100
32	Soporte plástico	2	100	200
33	Perno Allen y tuerca	4 y 8	100	1.200
34	Perno y tuerca de 1/8"	1	50	50
35	Caja metálica	1	8.000	10.000
36	Módulo reductor completo	1	14.000	14.000
37	Término tipo hoyo	2	250	250
38	Placa impresa (91 cm ²)	1	10.000	10.000
39	Cable cuenca #18 AWG	3m	200	600
40	Cable blindado 4 hilos	1,5m	1.400	2.100
TOTAL				122.190

Tabla 4.1

El costo del equipo construido es de \$ 122.190,00 que al cambio bancario actual (marzo de 1993) es de \$1.850 por dolar se tendría US \$ 66,05. Pero este precio podría ser reducido si el equipo se fabrica en mayor cantidad.

4.3. ANALISIS COMPARATIVO CON OTROS EQUIPOS

Para este análisis se tomará en cuenta las características más representativas, en base a la Verificación Tecnológica que realiza la Escuela Politécnica Nacional, de los siguientes taxímetros que existen en el mercado (TAXITRONIC, OPTRONIC,

LAKEDRIVER) y el equipo realizado en el presente trabajo, las cuales se encuentran detalladas en la tabla 4.2.

TIPO	LAKEDRIVER	TAXITRONIC	OPTRONIC	TESIS
ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES				
VOLTAJE (V)	18 - 7	16 - 7	16 - 9	16 - 7
CONSUMO DE CORRIENTE (A)	0,32	0,50	0,35	0,20
TEMPERATURA DE OPERACION (°C)	0 - 70	-10 - 60	0 - 70	0 - 70
HUMEDAD ADMISIBLE	5% - 95%	5% - 95%	-	5% - SATURACION
RESISTENCIA A VIBRACIONES	10 - 200 Hz	10 - 200 Hz	10 - 20 Hz	0 - 50 Hz
PESO (Kg)	0,255	-	0,13	0,215
GABINETE	METALICO	METALICO	PLASTICO	METALICO
DIMENSIONES (mm)	50/120/105	62/135/168	50/35/105	58/23/161
ESPECIFICACIONES COMPLEMENTARIAS				
PROCESAMIENTO DE INFORMACION	MICROPROCESADOR 80C37	MICROPROCESADOR 8049	MICROPROCESADOR 8748	MICROPROCESADOR 8949H
ALMACENAMIENTO DE DATOS	RAM	RAM + PILA	RAM μ C	RAM μ C
NUMERO DE PANTALLAS	2	2	1	1
TOTAL DE DISPLAYS	10	10	5	5
TIPO DE SENSOR	MAGNETICO	EFECTO HALL	OPTOELECTRONICO	OPTOELECTRONICO
CONTROL DE LUCES EXTERNAS	NO	SI	NO	NO
REPROGRAMACION	MICRO-SWITCHES	RAM	μ C	μ C
NUMERO DE TARIFAS	1	4	2	2
RUTINA DE VERIFICACION	NO	SI	NO	NO
SUPLEMENTOS O EXTRAS	SI	SI	NO	SI
RELOJ	SI	NO	NO	SI
NUMERO DE CARRERAS	SI	SI	NO	SI
TOTAL DE DINERO	SI	SI	SI	SI
Km LIBRE	NO	NO	NO	SI
Km OCUPADO	SI	SI	NO	SI
Km RECORRIDO	SI	SI	NO	NO
NUMERO DE SERIE	SI	NO	SI	SI
CONSTANTE DEL AUTO	NO	NO	NO	SI
PAIS DE FABRICACION	TAIWAN	ESPAÑA	ECUADOR	ECUADOR

Tabla 4.2

De las especificaciones técnicas se puede decir que todos los

taxímetros soportan: voltajes de entrada, temperaturas de operación y humedad admisible parecidos; el máximo consumo de corriente de la tesis es menor a la de los otros.

Todos los equipos utilizan microprocesadores para procesar la información, por lo que son confiables y versátiles en su operación. El almacenamiento de datos se lo realiza en la RAM interna del μC , al igual que el taxímetro OPTRONIC; el taxímetro LAKEDRIVER utiliza una RAM externa; el taxímetro TAXITRONIC utiliza una RAM externa y además posee una batería para mantener estos datos, pero en esta RAM también están los datos de la tarifa, por lo que si se agota esta batería el taxímetro se desprograma. El equipo desarrollado en esta tesis no pierde programación si se lo desconecta.

Para la reprogramación de tarifas se tiene que reprogramar al μC al igual que el taxímetro OPTRONIC; para el taxímetro TAXITRONIC se tiene una reprogramadora portátil que ingresa los datos de la tarifa a la RAM; para el taxímetro LAKEDRIVER se tiene micro-switches que al ser modificados cambian los valores de la tarifa: la resolución está limitada al valor que se obtenga entre cada switch.

El número de memorias que posee es parecido a la de los taxímetros extranjeros, con lo que se puede controlar adecuadamente al taxímetro en el desempeño normal de trabajo.

El tamaño es reducido al igual que el taxímetro OPTRONIC, pero tiene la característica de que es desmontable porque posee un

conector aéreo que se conecta directamente al taxímetro, por lo que se lo puede guardar para evitar el robo del equipo.

4.4. CONCLUSIONES

Al haber concluido este trabajo, se hace necesario anotar las siguientes conclusiones:

Después de realizar las pruebas de contrastación ejecutadas se puede concluir que el equipo opera satisfactoriamente y cumple los requisitos inicialmente planteados. Además se puede apreciar las facilidades que presta el microcontrolador INTEL 8749H para la ejecución de multitareas para la consecución de un objetivo, como las que desarrolla en el presente trabajo: cálculo de las diferentes bases de tiempo, medición de distancia, velocidad, etc.

Se ha logrado construir un taxímetro de bajo costo y tamaño reducido que se lo puede llevar a todas partes, evitando el robo del mismo.

El taxímetro posee dos tarifas independientes, lo que significa que se puede programar con: arrancadas, incrementos, minutos de espera, valores de kilómetro recorrido diferentes, con lo que se evalúa una carrera en función de tiempo o de distancia pero no de ambos a la vez.

Puede además ser habilitada o no la opción de extras con un

número máximo de extras que suman al importe a pagar una cantidad fija que es considerada como extra, un número de veces máximo.

Tiene reloj el cual puede ser habilitado tanto en el estado libre como en el estado ocupado o con carrera en cualquiera de las tarifas, regresando al estado de donde se lo habilitó, sin afectar al valor de la carrera que continúa contabilizando internamente.

La capacidad de almacenamiento de memoria es de 50 días en condiciones normales de trabajo, mientras no se desconecte la polarización, pudiendo chequear en cualquier instante la misma.

De los errores obtenidos en las diferentes pruebas se puede concluir que este taxímetro cumple por demás los requerimientos de tolerancia que impone el INEN, en cuanto a distancia, a tiempo y a las características de fabricación del mismo.

Del análisis de costo del taxímetro se desprende que su comercialización es factible a un precio reducido, pudiendo competir con los taxímetros que existen en nuestro país.

Del listado de elementos, se desprende que la fabricación total del taxímetro se la puede realizar en nuestro país, porque todos los elementos se consiguen en el mercado local y las partes restantes se las pueden fabricar.

4.5. RECOMENDACIONES

En el diseño del taxímetro se podría suprimir el C.I. 74C14, el cual es utilizado para el reset del μ C, cuadrar pulsos y para el teclado. Para no alterar la operación del equipo, se debería colocar un capacitor de reset más grande, los pulsos se los podría cuadrar con un transistor y como no se genera interrupciones del teclado, se podría usar un pin del pórtico y estar leyendo siempre el pórtico para saber si alguna tecla ha sido presionada.

En cuanto a las normas del INEN que regula los taxímetros, se puede decir que algunas normas son caducas y otras deben mejorarse porque están dedicadas a taxímetros obsoletos, del tipo electro-mecánico y ahora todos los taxímetros son microprocesados.

Así, por ejemplo: En el art.7: no hace falta hablar de un reloj mecánico; en el art.8: no se debe llegar a un valor de arrancada, sino partir de uno; el art.27: el numeral a) debe desaparecer porque el valor de arrancada no debe tener error; el art.29 de tolerancias: deben reducirse las tolerancias de distancia y tiempo.

En base a los resultados obtenidos, técnicos y económicos sería recomendable que la Escuela Politécnica Nacional encargue a alguna empresa la comercialización de este equipo.

BIBLIOGRAFIA.

- 1 INTEL, "MCS - 48 Family of Single Chip Microcomputer User's Manual", 1992.
- 2 NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION, "Linear data book", 1982.
- 3 INEN, "REGULACION RG43", Publicado en el Registro Oficial 314 de 1982-08-25.
- 4 NIST HANDBOOK 44, "Specifications, tolerances, and other technical requirements for weighing and measuring devices", 1992, Edition.
- 5 ECG, SEMICONDUCTOR, "Master Replacement guide", 1991.
- 6 HEWLETT PACKARD, "Optoelectronics Designer's catalog", 1988 - 1989.
- 7 SPRAGE, "Integrated Circuits", Sprage electronic company, 1987.

ANEXO A

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS ELEMENTOS

THE SINGLE COMPONENT MCS-48 SYSTEM

1.0 INTRODUCTION

Sections 2 through 5 describe in detail the functional characteristics of the 8748H and 8749H EPROM, 8048AH/8049AH/8050AH ROM, and 8035AHL/8039AHL/8040AHL CPU only single component microcomputers. Unless otherwise noted, details within these sections apply to all versions. This chapter is limited to those functions useful in single-chip implementations of the MCS-48. The Chapter on the Expanded MCS-48 System discusses functions which allow expansion of program memory, data memory, and input/output capability.

2.0 ARCHITECTURE

The following sections break the MCS-48 Family into functional blocks and describe each in detail. The following description will use the 8048AH as the representative product for the family. See Figure 1.

2.1 Arithmetic Section

The arithmetic section of the processor contains the basic data manipulation functions of the 8048AH and can be divided into the following blocks:

- Arithmetic Logic Unit (ALU)
- Accumulator
- Carry Flag
- Instruction Decoder

In a typical operation data stored in the accumulator is combined in the ALU with data from another source on the internal bus (such as a register or I/O port) and the result is stored in the accumulator or another register.

The following is more detailed description of the function of each block.

INSTRUCTION DECODER

The operation code (op code) portion of each program instruction is stored in the Instruction Decoder and converted to outputs which control the function of each of the blocks of the Arithmetic Section. These lines control the source of data and the destination register as well as the function performed in the ALU.

ARITHMETIC LOGIC UNIT

The ALU accepts 8-bit data words from one or two sources and generates an 8-bit result under control of the Instruction Decoder. The ALU can perform the following functions:

- Add With or Without Carry
- AND, OR, Exclusive OR
- Increment/Decrement
- Bit Complement
- Rotate Left, Right
- Swap Nibbles
- BCD Decimal Adjust

If the operation performed by the ALU results in a carry represented by more than 8 bits (overflow of most significant bit), a Carry Flag is set in the Program Status Word.

ACCUMULATOR

The accumulator is the single most important data register in the processor, being one of the sources of input to the ALU and often the destination of the result of operations performed in the ALU. Data to and from I/O ports and memory also normally passes through the accumulator.

2.2 Program Memory

Resident program memory consists of 1024, 2048, or 4096 words eight bits wide which are addressed by the program counter. In the 8748H and the 8749H this memory is user programmable and erasable EPROM; in the 8048AH/8049AH/8050AH the memory is ROM which is mask programmable at the factory. The 8035AHL/8039AHL/8040AHL has no internal program memory and is used with external memory devices. Program code is completely interchangeable among the various versions. To access the upper 2K of program memory in the 8050AH, and other MCS-48 devices, a select memory bank and a JUMP or CALL instruction must be executed to cross the 2K boundary.

There are three locations in Program Memory of special importance as shown in Figure 2.

LOCATION 0

Activating the Reset line of the processor causes the first instruction to be fetched from location 0.

LOCATION 3

Activating the Interrupt input line of the processor (if interrupt is enabled) causes a jump to subroutine at location 3.

LOCATION 7

A timer/counter interrupt resulting from timer counter overflow (if enabled) causes a jump to subroutine at location 7.

Therefore, the first instruction to be executed after initialization is stored in location 0, the first word of an external interrupt service subroutine is stored in location 3, and the first word of a timer/counter service routine

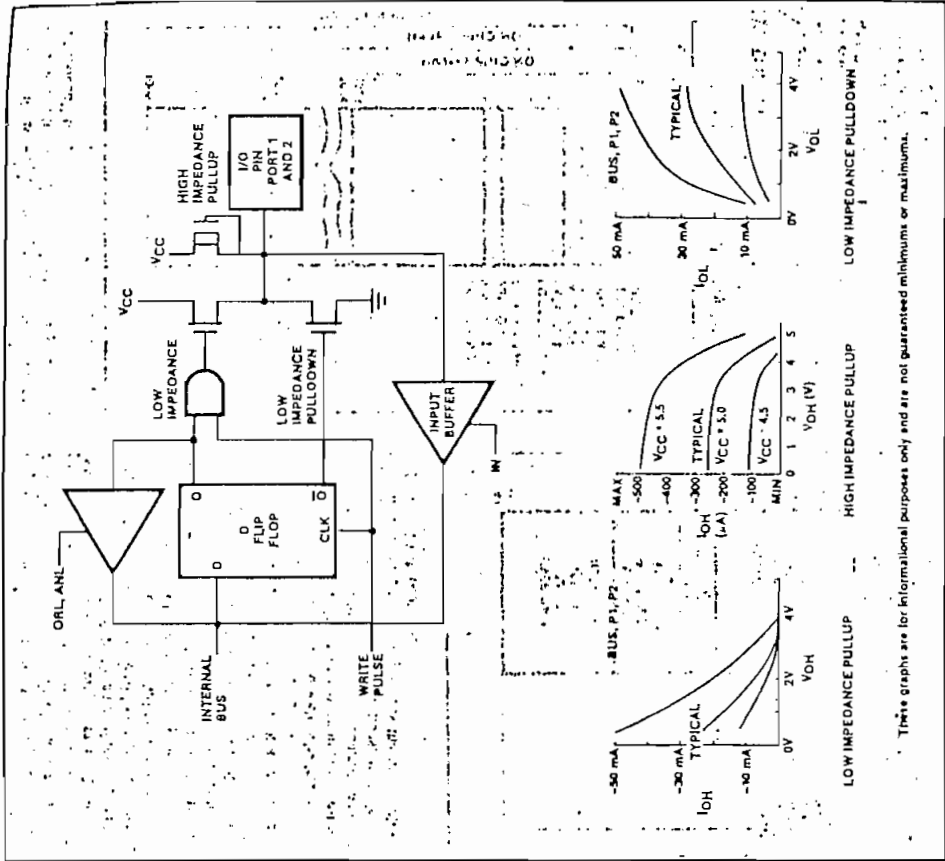


Figure 4. "Quasi-bidirectional" Port Structure

These graphs are for informational purposes only and are not guaranteed minimums or maximums.

2.4 Input/Output

The 80C55AH has 27 lines which can be used for input or output functions. These lines are grouped as 3 ports of 8 lines each which serve as either inputs, outputs or bidirectional ports and 3 "test" inputs which can alter program sequences when tested by conditional jump instructions.

PORTS 1 AND 2

Ports 1 and 2 are each 8 bits wide and have identical characteristics. Data written to these ports is statically latched and remains unchanged until rewritten. As input ports these lines are non-latching, i.e., inputs must be present until read by an input instruction. Inputs are fully-TTL compatible and outputs will drive one standard TTL load.

The lines of ports 1 and 2 are called quasi-bidirectional because of a special output circuit structure which allows each line to serve as an input, and output, or both even though outputs are statically latched. Figure 4 shows the circuit configuration in detail. Each line is continuously pulled up to VCC through a resistive device of relatively high impedance.

This pullup is sufficient to provide the source current for a TTL high level yet can be pulled low by a standard TTL gate thus allowing the same pin to be used for both input and output. To provide fast switching times in a "0" to "1" transition a relatively low impedance device is switched in momentarily ($\approx 1/5$ of a machine cycle) whenever a "1" is written to the line. When a "0" is written to the line a low impedance device overcomes the light pullup and provides TTL current sinking capability. Since the pulldown transistor is a low impedance device a "1" must first be written to any line which is to be used as an input. Reset initializes all lines to the high impedance "1" state.

It is important to note that the ORL and the ANL are read/write operations. When executed, the μC "reads" the port, modifies the data according to the instruction, then "writes" the data back to the port. The "writing" (essentially an OUTL instruction) enables the low impedance pull-up momentarily again even if the data was unchanged from a "1." This specifically applies to configurations that have inputs and outputs mixed together on the same port. See also section 8 in the Expanded MCS-48 System chapter.

BUS

Bus is also an 8-bit port which is a true bidirectional port with associated input and output strobes. If the bidirectional feature is not needed, Bus can serve as either a

statically latched output port or non-latching input port. Input and output lines on this port cannot be mixed however.

As a static port, data is written and latched using the OUTL instruction and inputted using the INS instruction. The INS and OUTL instructions generate pulses on the corresponding RD and WR output strobe lines; however, in the static port mode they are generally not used. As a bidirectional port the MOVX instructions are used to read and write the port. A write to the port generates a pulse on the WR output line and output data is valid at the trailing edge of WR. A read of the port generates a pulse on the RD output line and input data must be valid at the trailing edge of RD. When not being written or read, the BUS lines are in a high impedance state. See also sections 7 and 8 in the Expanded MCS-48 System chapter.

2.5 Test and INT Inputs

Three pins serve as inputs and are testable with the conditional jump instruction. These are T0, T1, and INT. These pins allow inputs to cause program branches without the necessity to load an input port into the accumulator. The T0, T1, and INT pins have other possible functions as well. See the pin description in Section 3.

2.6 Program Counter and Stack

The Program Counter is an independent counter while the Program Counter Stack is implemented using pairs of registers in the Data Memory Array. Only 10, 11, or 12 bits of the Program Counter are used to address the 1024, 2048, or 4096 words of on-board program memory of the 8048AH, 8049AH, or 8050AH, while the most significant bits can be used for external Program Memory latches. See Figure 5. The Program Counter is initialized to zero by activating the Reset line.

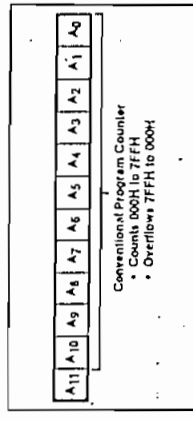


Figure 5. Program Counter

An interrupt or CALL to a subroutine causes the contents of the program counter to be stored in one of the 8 register pairs of the Program Counter Stack as shown in Figure 6. The pair to be used is determined by a 3-bit Stack Pointer which is part of the Program Status Word (PSW).

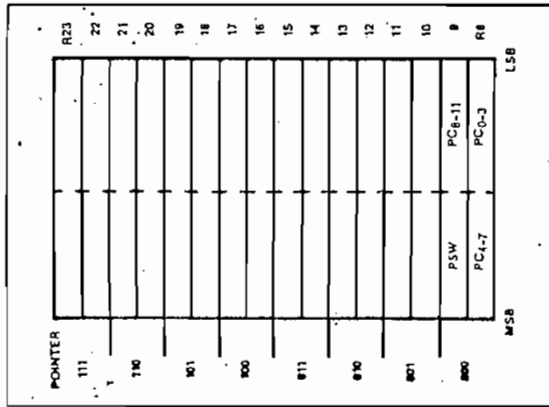


Figure 6. Program Counter Stack

Data RAM locations 8-23 are available as stack registers and are used to store the Program Counter and 4 bits of PSW as shown in Figure 6. The Stack Pointer when initialized to 000 points to RAM locations 8 and 9. The first subroutine jump or interrupt results in the program counter contents being transferred to locations 8 and 9 of the RAM array. The stack pointer is then incremented by one to point to locations 10 and 11 in anticipation of another CALL. Nesting of subroutines within subroutines can continue up to 8 times without overflowing the stack. If overflow does occur the deepest address stored (locations 8 and 9) will be overwritten and lost since the stack pointer overflows from 111 to 000. It also underflows from 000 to 111.

The end of a subroutine, which is signalled by a return instruction (RET or RETR), causes the Stack Pointer to be decremented and the contents of the resulting register pair to be transferred to the Program Counter.

2.7 Program Status Word

An 8-bit status word which can be loaded to and from the accumulator exists called the Program Status Word (PSW). Figure 7 shows the information available in

the word. The Program Status Word is actually a collection of flip-flops throughout the machine which can be read or written as a whole. The ability to write to PSW allows for easy restoration of machine status after a power down sequence.

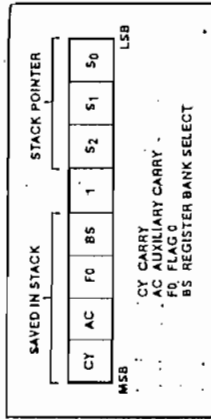


Figure 7. Program Status Word (PSW)

The upper four bits of PSW are stored in the Program Counter Stack with every call to subroutine or interrupt vector and are optionally restored upon return with the RETR instruction. The RET return instruction does not update PSW.

The PSW bit definitions are as follows:

- Bits 0-2: Stack Pointer bits (S_0, S_1, S_2)
- Bit 3: Not used ("1" level when read)
- Bit 4: Working Register Bank Switch Bit (BS)
- Bit 5: Flag 0 bit (FO) user controlled flag which can be complemented or cleared, and tested with the conditional jump instruction JFO.
- Bit 6: Auxiliary Carry (AC) carry bit generated by an ADD instruction and used by the decimal adjust instruction DAA.
- Bit 7: Carry (CY) carry flag which indicates that the previous operation has resulted in overflow of the accumulator.

2.8 Conditional Branch Logic

The conditional branch logic within the processor enables several conditions internal and external to the processor to be tested by the users program. By using the conditional jump instruction the conditions that are listed in Table 1 can effect a change in the sequence of the program execution.

Table 1

Device Testable	Jump Conditions (Jump On)
Accumulator	All zeros
Accumulator Bit	not all zeros
Carry Flag	1
User Flags (FO, FI)	0
Timer Overflow Flag	1
Test Inputs (TO, TI)	0
Interrupt Input (INT)	0

2.9 Interrupt

An interrupt sequence is initiated by applying a low "0" level input to the INT pin. Interrupt is level triggered and active low to allow "WIRE ORING" of several interrupt sources at the input pin. Figure 8 shows the interrupt logic of the 8048AH. The interrupt line is sampled every instruction cycle and when detected causes a "call to subroutine" at location 3 in program memory as soon as all cycles of the current instruction are complete. On 2-cycle instructions the interrupt line is sampled on the 2nd cycle only. INT must be held low for at least 3 machine cycles to ensure proper interrupt operations. As in any CALL to subroutine, the Program Counter and Program Status word are saved in the stack. For a description of this operation see the previous section, Program Counter and Stack. Program Memory location 3 usually contains an unconditional jump to an interrupt service subroutine elsewhere in program memory. The end of an interrupt service subroutine is signalled by the execution of a Return and Restore Status instruction RETR. The interrupt system is single level in that once an interrupt is detected all further interrupt requests are ignored until execution of an RETR renews the interrupt input logic. This occurs at the beginning of the second cycle of the RETR instruction. This sequence holds true also for an internal interrupt generated by timer overflow. If an internal timer/counter generated interrupt and an external interrupt are detected at the same time, the external source will be recognized. See the following Timer/Counter section for a description of timer interrupt. If needed, a second external interrupt can be created by enabling the timer/counter interrupt, loading FFH in the Counter (ones less than terminal count), and enabling the event counter mode. A "1" to "0" transition on the TI input will then cause an interrupt vector to location 7.

INTERRUPT TIMING

The interrupt input may be enabled or disabled under Program Control using the EN I and DIS I instructions. Interrupts are disabled by Reset and remain so until en-

abled by the users program. An interrupt request must be removed before the RETR instruction is executed upon return from the service routine otherwise the processor will re-enter the service routine immediately. Many peripheral devices prevent this situation by resetting their interrupt request line whenever the processor accesses (Reads or Writes) the peripherals data buffer register. If the interrupting device does not require access by the processor, one output line of the 8048AH may be designated as an "interrupt acknowledged" input. This is the INT pin. This instruction may be used to detect the presence of a pending interrupt before interrupts are enabled. If interrupt is left disabled, INT may be used as another test input like TO and TI.

2.10 Timer/Counter

The 8048AH contains a counter to aid the user in counting external events and generating accurate time delays without placing a burden on the processor for these functions. In both modes the counter operation is the same, the only difference being the source of the input to the counter. The timer/event counter is shown in Figure 9.

COUNTER

The 8-bit binary counter is presettable and readable with two MOV instructions which transfer the contents of the accumulator to the counter and vice versa. The counter content may be affected by Reset and should be initialized by software. The counter is stopped by a Reset or STOP TCNT instruction and remains stopped until started as a timer by a START I instruction or as an event counter by a START CNT instruction. Once started the counter will increment to this maximum count (FF) and overflow to zero continuing its count until stopped by a STOPTCNT instruction or Reset.

The increment from maximum count to zero (overflow) results in the setting of an overflow flag flip-flop and in the generation of an interrupt request. The state of the overflow flag is testable with the conditional jump instruction JTF. The flag is reset by executing a JTF or by Reset. The interrupt request is stored in a latch and then ORed with the external interrupt input INT. The timer interrupt may be enabled or disabled independently of external interrupt by the EN TCNT and DIS TCNT instructions. If enabled, the counter overflow will cause a subroutine call to location 7 where the timer or counter service routine may be stored.

If timer and external interrupts occur simultaneously, the external source will be recognized and the Call will be to

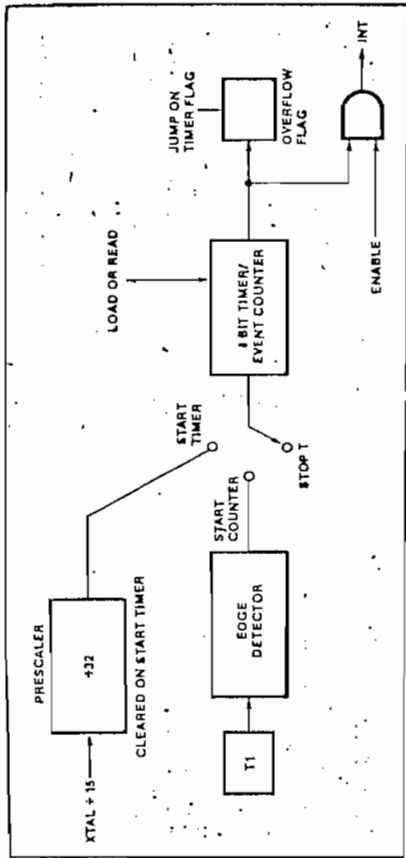


Figure 9. Timer/Event Counter

location 3. Since the timer interrupt is latched it will remain pending until the external device is serviced and immediately be recognized upon return from the service routine. The pending timer interrupt is reset by the Call to location 7 or may be removed by executing a DIS TCNTI instruction.

AS AN EVENT COUNTER

Execution of a START CNT instruction connects the T1 input pin to the counter input and enables the counter. The T1 input is sampled at the beginning of state 3 or in later MCS-48 devices in state time 4. Subsequent high to low transitions on T1 will cause the counter to increment. T1 must be held low for at least 1 machine cycle to insure it won't be missed. The maximum rate at which the counter may be incremented is once per three instruction cycles (every 5.7 μ sec when using an 8 MHz crystal) — there is no minimum frequency. T1 input must remain high for at least 1/5 machine cycle after each transition.

AS A TIMER

Execution of a START T instruction connects an internal clock to the counter input and enables the counter. The internal clock is derived by bypassing the basic machine cycle clock through a $\div 32$ prescaler. The prescaler is reset during the START T instruction. The resulting clock increments the counter every 32 machine cycles. Various delays from 1 to 256 counts can be obtained by presetting the counter and detecting overflow. Times longer than 256 counts may be achieved by accumulating multiple overflows in a register under software control. For time res-

olution less than 1 count an external clock can be applied to the T1 input and the counter operated in the event counter mode. ALE divided by 3 or more can serve as this external clock. Very small delays or "fine tuning" of larger delays can be easily accomplished by software delay loops.

Often a serial link is desirable in an MCS-48 family member. Table 2 lists the timer counts and cycles needed for a specific baud rate given a crystal frequency.

2.11 Clock and Timing Circuits

Timing generation for the 8088AH is completely self-contained with the exception of a frequency reference which can be XTAL, ceramic resonator, or external clock source. The Clock and Timing circuitry can be divided into the following functional blocks.

OSCILLATOR

The on-board oscillator is a high gain parallel resonant circuit with a frequency range of 1 to 11 MHz. The X1 external pin is the input to the amplifier stage while X2 is the output. A crystal or ceramic resonator connected between X1 and X2 provides the feedback and phase shift required for oscillation. If an accurate frequency reference is not required, ceramic resonator may be used in place of the crystal.

For accurate clocking, a crystal should be used. An externally generated clock may also be applied to X1-X2 as the frequency source. See the data sheet for more information.

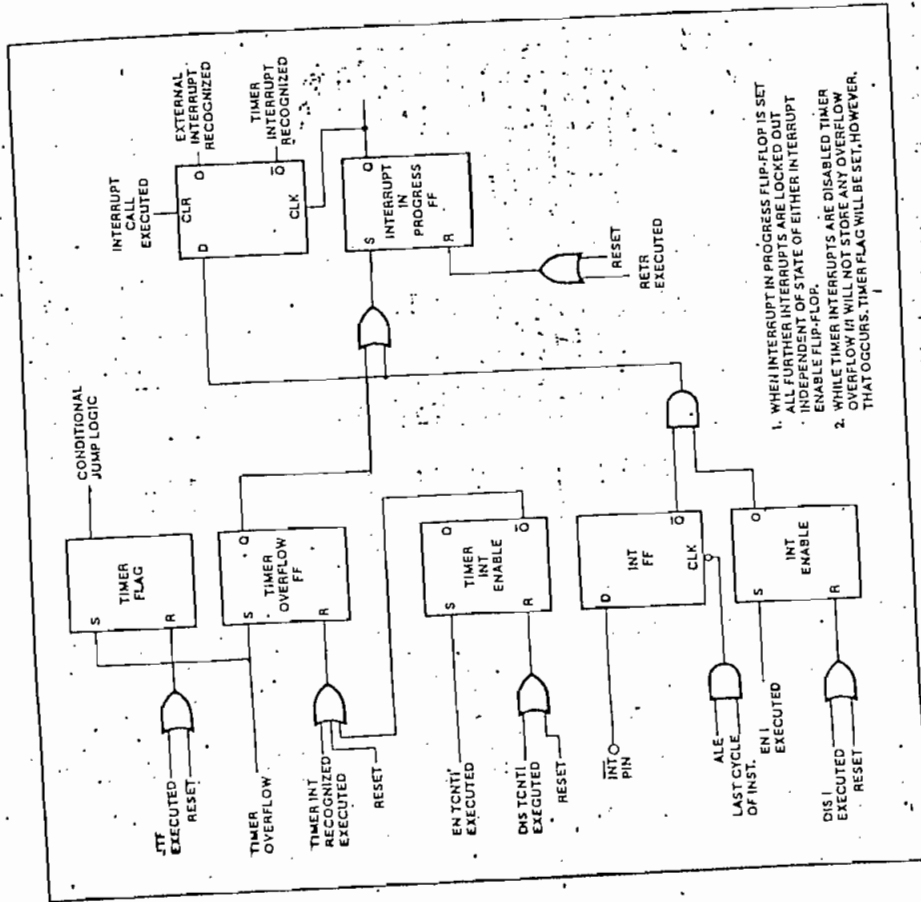


Figure 8. Interrupt Logic

1. WHEN INTERRUPT IN PROGRESS FLIP-FLOP IS SET ALL FURTHER INTERRUPTS ARE LOCKED OUT INDEPENDENT OF STATE OF EITHER INTERRUPT ENABLE FLIP-FLOP.
2. WHILE TIMER INTERRUPTS ARE DISABLED TIMER OVERFLOW WILL NOT STORE ANY OVERFLOW THAT OCCURS. TIMER FLAG WILL BE SET, HOWEVER.

Table 2. Baud Rate Generation

Baud Rate	Frequency (MHz)	T _{cy}	T ₀ Prt(1/5 T _{cy})	Timer Prescaler (32 T _{cy})
	4	3.75 μs	750ns	120 μs
	6	2.50 μs	500ns	80 μs
	8	1.88 μs	375ns	60.2 μs
	11	1.36 μs	275ns	43.5 μs
	4 MHz	6 MHz	8 MHz	11 MHz
	Timer Counts + Instr. Cycles	Timer Counts + Instr. Cycles	Timer Counts + Instr. Cycles	Timer Counts + Instr. Cycles
110	75 + 24 Cycles .01% Error	113 + 20 Cycles .01% Error	151 + 3 Cycles .01% Error	208 + 28 Cycles .01% Error
300	27 + 24 Cycles .1% Error	41 + 21 Cycles .03% Error	55 + 13 Cycles .01% Error	76 + 18 Cycles .04% Error
1200	6 + 30 Cycles .1% Error	10 + 13 Cycles .1% Error	12 + 27 Cycles .06% Error	19 + 4 Cycles .12% Error
1800	4 + 20 Cycles .1% Error	6 + 30 Cycles .1% Error	9 + 7 Cycles .17% Error	12 + 24 Cycles .12% Error
2400	3 + 15 Cycles .1% Error	5 + 6 Cycles .4% Error	6 + 24 Cycles .29% Error	9 + 18 Cycles .12% Error
4800	1 + 23 Cycles 1.0% Error	2 + 19 Cycles .4% Error	3 + 14 Cycles .74% Error	4 + 25 Cycles .12% Error

STATE COUNTER

The output of the oscillator is divided by 3 in the State Counter to create a clock which defines the state times of the machine (CLK). CLK can be made available on the external pin T0 by executing an ENTO CLK instruction. The output of CLK on T0 is disabled by Reset of the processor.

CYCLE COUNTER

CLK is then divided by 5 in the Cycle Counter to provide a clock which defines a machine cycle consisting of 5 machine states as shown in Figure 10. Figure 11 shows the different internal operations as divided into the machine states. This clock is called Address Latch Enable (ALE) because of its function in MCS-48 systems with external memory. It is provided continuously on the ALE output pin.

2.12 Reset

The reset input provides a means for initialization for the processor. This Schmitt-trigger input has an internal pull-up device which in combination with an external 1 μF capacitor provides an internal reset pulse of sufficient length to guarantee all circuitry is reset, as shown in Figure 12. If the reset pulse is generated externally the RESET pin must be held low for at least 10 milliseconds after the

power supply is within tolerance. Only 5 machine cycles (6.8 μs @ 11 MHz) are required if power is already on and the oscillator has stabilized. ALE and PSEN (if EA = 1) are active while in Reset.

Reset performs the following functions:

- 1) Sets program counter to zero.
- 2) Sets stack pointer to zero.
- 3) Selects register bank 0.
- 4) Selects memory bank 0.
- 5) Sets BUS to high impedance state (except when EA = 5V).
- 6) Sets Ports 1 and 2 to input mode.
- 7) Disables interrupts (timer and external).
- 8) Stops timer.
- 9) Clears timer flag.
- 10) Clears P0 and F1.
- 11) Disables clock output from T0.

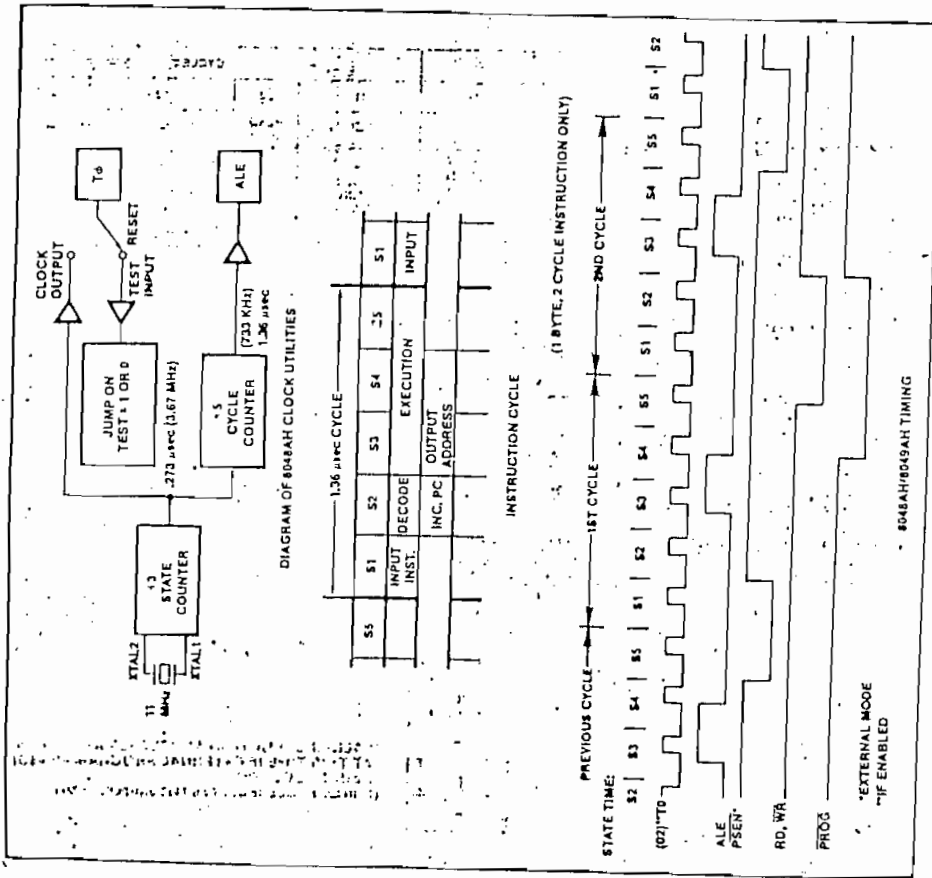


Figure 10. MCS-48 Timing Generation and Cycle Timing

2.13 Single-Step

This feature, as pictured in Figure 13, provides the user with a debug capability in that the processor can be stepped through the program one instruction at a time. While stepped, the address of the next instruction to be fetched is available concurrently on BUS and the lower edge of ALE.

half of Pon 2. The user can therefore follow the program through each of the instruction steps. A timing diagram showing the interaction between output ALE and input SS₁ is shown. The BUS buffer contents are lost during single step; however, a latch may be added to reestablish the last I/O capability if needed. Data is valid at the leading edge of ALE.

clear input, ALE should be buffered since the clear input of an SN7474 is the equivalent of 3 TTL loads. The processor is now in the stopped state. The next instruction is initiated by clocking a "1" into the flip-flop. This "1" will not appear on SS unless ALE is high removing clear from the flip-flop. In response to SS going high the processor begins an instruction fetch which brings ALE low resetting SS through the clear input and causing the processor to again enter the stopped state.

2.14 Power Down Mode
(8048AH, 8049AH, 8050AH,
8039AHL, 8035AHL, 8040AHL)

Extra circuitry has been added to the 8048AH/8049AH/8050AH ROM version to allow power to be removed from all but the data RAM array for low power standby operation. In the power down mode the contents of data RAM can be maintained while drawing typically 10% to 15% of normal operating power requirements.

V_{CC} serves as the 5V supply pin for the bulk of circuitry while the V_{DD} pin supplies only the RAM array. In normal operation both pins are 5V while in standby, V_{CC} is at ground and V_{DD} is maintained at its standby value. Applying Reset to the processor through the RESET pin inhibits any access to the RAM by the processor and guarantees that RAM cannot be inadvertently altered as power is removed from V_{CC}.

A typical power down sequence (Figure 14) occurs as follows:

- 1) Imminent power supply failure is detected by user defined circuitry. Signal must be early enough to allow 8048AH to save all necessary data before V_{CC} falls below normal operating limits.
- 2) Power fail signal is used to interrupt processor and vector it to a power fail service routine.
- 3) Power fail routine saves all important data and machine status in the internal data RAM array. Routine may also initiate transfer of backup supply to the V_{DD} pin and indicate to external circuitry that power fail routine is complete.
- 4) Reset is applied to guarantee data will not be altered as the power supply falls out of limits. Reset must be held low until V_{CC} is at ground level.

Recovery from the Power Down mode can occur as any other power-on sequence with an external capacitor on the Reset input providing the necessary delay. See the previous section on Reset.

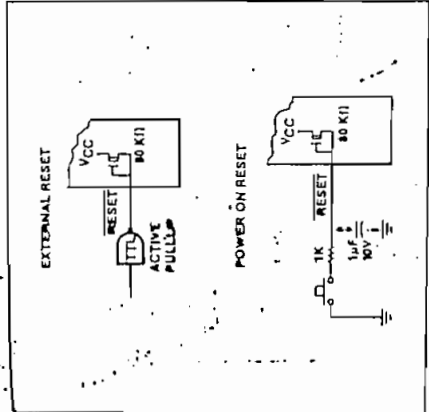


Figure 12.

TIMING

The 8048AH operates in a single-step mode as follows:

- 1) The processor is requested to stop by applying a low level on SS.
- 2) The processor resists by stopping during the address fetch portion of the next instruction. If a double cycle instruction is in progress when the single step command is received, both cycles will be completed before stopping.
- 3) The processor acknowledges it has entered the stopped state by raising ALE high. In this state (which can be maintained indefinitely) the address of the next instruction to be fetched is present on BUS and the lower half of port 2.
- 4) SS is then raised high so bring the processor out of the stopped mode allowing it to fetch the next instruction. The exit from stop is indicated by the processor bringing ALE low.
- 5) To stop the processor the next instruction SS must be brought low again soon after ALE goes low. If SS is left high the processor remains in a "run" mode.

A diagram for implementing the single-step function of the 8748H is shown in Figure 13. D-type flip-flop with preset and clear is used to generate SS. In the run mode SS is held high by keeping the flip-flop preset (preset has precedence over the clear input). To enter single step, preset is removed allowing ALE to bring SS low via the

CLOCK	ENABLE INTERRUPT	ENABLE INTERRUPT	START CNT	START CNT	ORLO PA	ALD PA	MOVD PA	MOVD A ₁	MOVA A ₀	MOV @ PA	ORL BUS, DATA	ANL BUS, DATA	ORL BUS, A	INS A, BUS	ORL P, DATA	ANL P, DATA	ORL PA	IN A, P	INSTR
35	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
34	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
33	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
32	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
31	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
30	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
29	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
28	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
27	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
26	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
25	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
24	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
23	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
22	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
21	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
20	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
19	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
18	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
17	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
16	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
15	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
14	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
13	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
12	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
11	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
10	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
9	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
8	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
7	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
6	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
5	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
4	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
3	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
2	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM
1	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM	INCREM

Figure 11. 8048AH/8049AH Instruction Timing Diagram

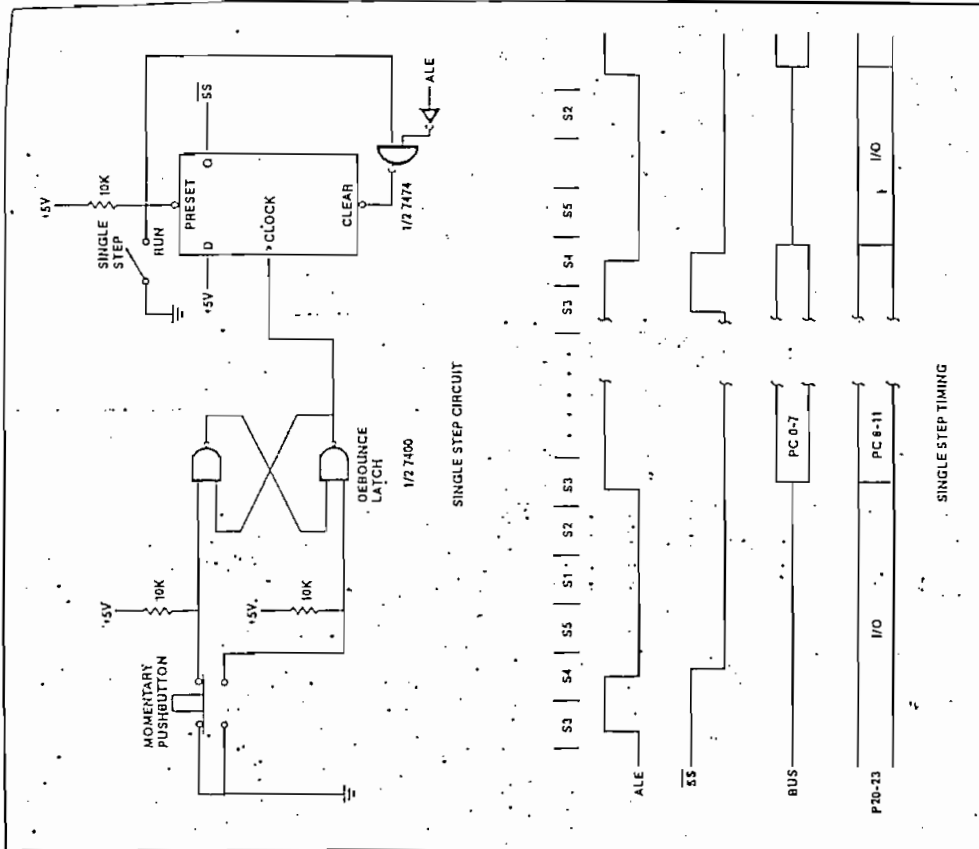


Figure 13. Single Step Operation

reset the prescaler and time state generators, T0 may then be brought down with the rising edge of X1. Two clock cycles later, with the rising edge of X1, the device enters into Time State 1, Phase 1, SS' is then brought down to 5 volts 4 clocks later after T0. RESET' is allowed to go high 5 tCY (75 clocks) later for normal execution of code. See Figure 15.

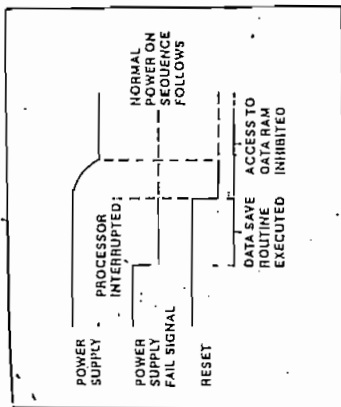


Figure 14. Power Down Sequence

2.15 External Access Mode

Normally the first 1K (8048AH), 2K (8049AH), or 4K (8050AH) words of program memory are automatically fetched from internal ROM or EPROM. The EA input pin however allows the user to effectively disable internal program memory by forcing all program memory fetches to reference external memory. The following chapter explains how access to external program memory is accomplished.

The External Access mode... is very useful in system test and debug because it allows the user to disable his internal applications program and substitute an external program of his choice — a diagnostic routine for instance. In addition, the data sheet shows how internal program memory can be read externally, independent of the processor. A "1" level on EA initiates the external access mode. For proper operation, Reset should be applied while the EA input is changed.

2.16 Sync Mode

The 8048AH, 8049AH, 8050AH has incorporated a new SYNC mode. The Sync mode is provided to ease the design of multiple controller circuits by allowing the designer to force the device into known phase and state time. The SYNC mode may also be utilized by automatic test equipment (ATE) for quick, easy, and efficient synchronizing between the tester and the DUT (device under test).

SYNC mode is enabled when SS' pin is raised to high voltage level of +12 volts. To begin synchronization, T0 is raised to 5 volts at least four clock cycles after SS'. T0 must be high for at least four X1 clock cycles to fully

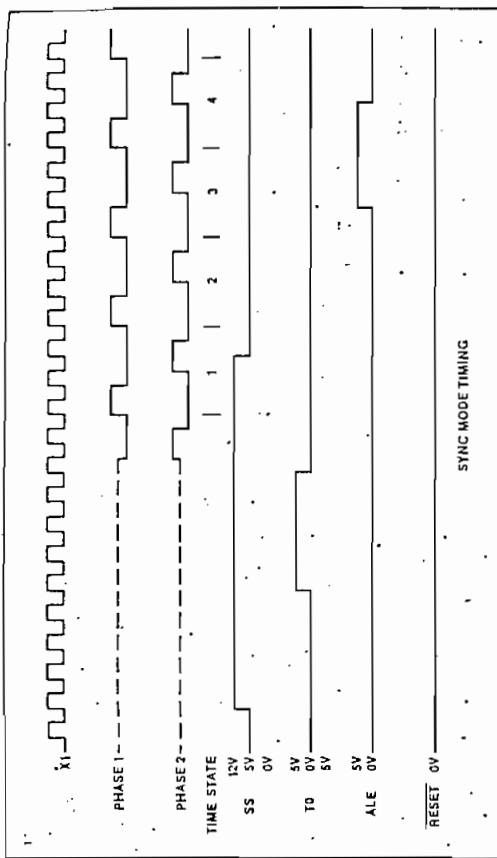


Figure 15. Sync Mode Timing

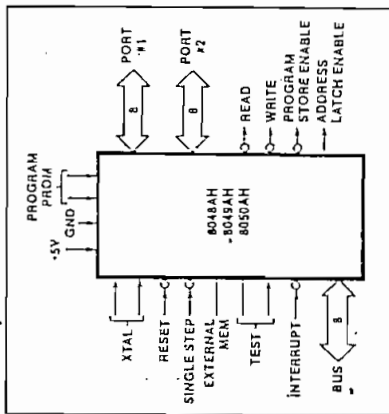


Figure 16. 8048AH and 8049AH Logic Symbol

Table 3. Pin Description

Designation	Pin Number	Function
V _{SS}	20	Circuit GND potential
V _{DH}	26	Programming power supply; 21V during program for the 8748H/8749H; +5V during operation for both ROM and EPROM. Low power standby pin in 8048AH and 8049AH/8050AH ROM versions.
V _{CC}	40	Main power supply; +5V during operation and during 8748H and 8749H programming.
PROG	25	Program pulse; +18V input pin during 8748H/8749H programming. Output strobe for 8243 I/O expander.
P10-P17 (Port 1)	27-34	8-bit quasi-bidirectional port. (Internal Pullup \approx 50K Ω)
P20-P27 (Port 2)	21-24, 35-38	8-bit quasi-bidirectional port. (Internal Pullup \approx 50K Ω)
D0-D7 (BUS)	12-19	P20-P23 contain the four high order program counter bits during an external program memory fetch and serve as a 4-bit I/O expander bus for 8243. True bidirectional port which can be written or read synchronously using the \overline{RD} , \overline{WR} strobes. The port can also be statically latched.
TO		Contains the 8 low order program counter bits during an external program memory fetch, and receives the addressed instruction under the control of \overline{PSEN} . Also contains the address and data during an external RAM data store instruction, under control of \overline{ALE} , \overline{RD} , and \overline{WR} .
PI	39	Input pin testable using the conditional transfer instructions JTO and JNT0. TO can be designated as a clock output using ENTO CLK instruction. TO is also used during programming and sync mode.
INT	6	Input pin testable using the JTI and JNTI instructions. Can be designated the event counter input using the STRT CNT instruction. (See Section 2.10). Interrupt input. Initiates an interrupt if interrupt is enabled. Interrupt is disabled after a reset. (Active low)
\overline{RD}	8	Interrupt must remain low for at least 3 machine cycles to ensure proper operation. Output strobe activated during a BUS read. Can be used to enable data onto the BUS from an external device. (Active low)
\overline{RESET}	4	Used as a Read Strobe to External Data Memory.
\overline{WR}	10	Input which is used to initialize the processor. Also used during EPROM programming and verification. (Active low) (Internal pullup \approx 80K Ω)
ALE	11	Output strobe during a BUS write. (Active low) Used as write strobe to external data memory. Address Latch Enable. This signal occurs once during each cycle and is useful as a clock output. The negative edge of ALE strobes address into external data and program memory.

3.0 PIN DESCRIPTION

The MCS-48 processors are packaged in 40 pin Dual In-Line Packages (DIP's). Table 3 is a summary of the functions of each pin. Figure 16 is the logic symbol for the 8048AH product family. Where it exists, the second paragraph describes each pin's function in an expanded MCS-48 system. Unless otherwise specified, each input is TTL compatible and each output will drive one standard TTL load.

Table 3. Pin Description (Continued)

Designation	Pin Number*	Function
PSEN	9	Program Store Enable. This output occurs only during a fetch to external program memory. (Active low)
SS	5	Single-step input can be used in conjunction with ALE to "single step" the processor through each instruction. (Active low) (Internal pullup $\approx 300K \Omega$) +12V for sync modes (See 2.16).
EA	7	External Access Input which forces all program memory fetches to reference external memory. Useful for emulation and debug, and essential for testing and program verification. (Active high) +12V for 8048AII, 8049AII, 8050AII, 8051AII, 8052AII, 8053AII, 8054AII, 8055AII, 8056AII, 8057AII, 8058AII, 8059AII, 8060AII, 8061AII, 8062AII, 8063AII, 8064AII, 8065AII, 8066AII, 8067AII, 8068AII, 8069AII, 8070AII, 8071AII, 8072AII, 8073AII, 8074AII, 8075AII, 8076AII, 8077AII, 8078AII, 8079AII, 8080AII, 8081AII, 8082AII, 8083AII, 8084AII, 8085AII, 8086AII, 8087AII, 8088AII, 8089AII, 8090AII, 8091AII, 8092AII, 8093AII, 8094AII, 8095AII, 8096AII, 8097AII, 8098AII, 8099AII, 8100AII, 8101AII, 8102AII, 8103AII, 8104AII, 8105AII, 8106AII, 8107AII, 8108AII, 8109AII, 8110AII, 8111AII, 8112AII, 8113AII, 8114AII, 8115AII, 8116AII, 8117AII, 8118AII, 8119AII, 8120AII, 8121AII, 8122AII, 8123AII, 8124AII, 8125AII, 8126AII, 8127AII, 8128AII, 8129AII, 8130AII, 8131AII, 8132AII, 8133AII, 8134AII, 8135AII, 8136AII, 8137AII, 8138AII, 8139AII, 8140AII, 8141AII, 8142AII, 8143AII, 8144AII, 8145AII, 8146AII, 8147AII, 8148AII, 8149AII, 8150AII, 8151AII, 8152AII, 8153AII, 8154AII, 8155AII, 8156AII, 8157AII, 8158AII, 8159AII, 8160AII, 8161AII, 8162AII, 8163AII, 8164AII, 8165AII, 8166AII, 8167AII, 8168AII, 8169AII, 8170AII, 8171AII, 8172AII, 8173AII, 8174AII, 8175AII, 8176AII, 8177AII, 8178AII, 8179AII, 8180AII, 8181AII, 8182AII, 8183AII, 8184AII, 8185AII, 8186AII, 8187AII, 8188AII, 8189AII, 8190AII, 8191AII, 8192AII, 8193AII, 8194AII, 8195AII, 8196AII, 8197AII, 8198AII, 8199AII, 8200AII, 8201AII, 8202AII, 8203AII, 8204AII, 8205AII, 8206AII, 8207AII, 8208AII, 8209AII, 8210AII, 8211AII, 8212AII, 8213AII, 8214AII, 8215AII, 8216AII, 8217AII, 8218AII, 8219AII, 8220AII, 8221AII, 8222AII, 8223AII, 8224AII, 8225AII, 8226AII, 8227AII, 8228AII, 8229AII, 8230AII, 8231AII, 8232AII, 8233AII, 8234AII, 8235AII, 8236AII, 8237AII, 8238AII, 8239AII, 8240AII, 8241AII, 8242AII, 8243AII, 8244AII, 8245AII, 8246AII, 8247AII, 8248AII, 8249AII, 8250AII, 8251AII, 8252AII, 8253AII, 8254AII, 8255AII, 8256AII, 8257AII, 8258AII, 8259AII, 8260AII, 8261AII, 8262AII, 8263AII, 8264AII, 8265AII, 8266AII, 8267AII, 8268AII, 8269AII, 8270AII, 8271AII, 8272AII, 8273AII, 8274AII, 8275AII, 8276AII, 8277AII, 8278AII, 8279AII, 8280AII, 8281AII, 8282AII, 8283AII, 8284AII, 8285AII, 8286AII, 8287AII, 8288AII, 8289AII, 8290AII, 8291AII, 8292AII, 8293AII, 8294AII, 8295AII, 8296AII, 8297AII, 8298AII, 8299AII, 8300AII, 8301AII, 8302AII, 8303AII, 8304AII, 8305AII, 8306AII, 8307AII, 8308AII, 8309AII, 8310AII, 8311AII, 8312AII, 8313AII, 8314AII, 8315AII, 8316AII, 8317AII, 8318AII, 8319AII, 8320AII, 8321AII, 8322AII, 8323AII, 8324AII, 8325AII, 8326AII, 8327AII, 8328AII, 8329AII, 8330AII, 8331AII, 8332AII, 8333AII, 8334AII, 8335AII, 8336AII, 8337AII, 8338AII, 8339AII, 8340AII, 8341AII, 8342AII, 8343AII, 8344AII, 8345AII, 8346AII, 8347AII, 8348AII, 8349AII, 8350AII, 8351AII, 8352AII, 8353AII, 8354AII, 8355AII, 8356AII, 8357AII, 8358AII, 8359AII, 8360AII, 8361AII, 8362AII, 8363AII, 8364AII, 8365AII, 8366AII, 8367AII, 8368AII, 8369AII, 8370AII, 8371AII, 8372AII, 8373AII, 8374AII, 8375AII, 8376AII, 8377AII, 8378AII, 8379AII, 8380AII, 8381AII, 8382AII, 8383AII, 8384AII, 8385AII, 8386AII, 8387AII, 8388AII, 8389AII, 8390AII, 8391AII, 8392AII, 8393AII, 8394AII, 8395AII, 8396AII, 8397AII, 8398AII, 8399AII, 8400AII, 8401AII, 8402AII, 8403AII, 8404AII, 8405AII, 8406AII, 8407AII, 8408AII, 8409AII, 8410AII, 8411AII, 8412AII, 8413AII, 8414AII, 8415AII, 8416AII, 8417AII, 8418AII, 8419AII, 8420AII, 8421AII, 8422AII, 8423AII, 8424AII, 8425AII, 8426AII, 8427AII, 8428AII, 8429AII, 8430AII, 8431AII, 8432AII, 8433AII, 8434AII, 8435AII, 8436AII, 8437AII, 8438AII, 8439AII, 8440AII, 8441AII, 8442AII, 8443AII, 8444AII, 8445AII, 8446AII, 8447AII, 8448AII, 8449AII, 8450AII, 8451AII, 8452AII, 8453AII, 8454AII, 8455AII, 8456AII, 8457AII, 8458AII, 8459AII, 8460AII, 8461AII, 8462AII, 8463AII, 8464AII, 8465AII, 8466AII, 8467AII, 8468AII, 8469AII, 8470AII, 8471AII, 8472AII, 8473AII, 8474AII, 8475AII, 8476AII, 8477AII, 8478AII, 8479AII, 8480AII, 8481AII, 8482AII, 8483AII, 8484AII, 8485AII, 8486AII, 8487AII, 8488AII, 8489AII, 8490AII, 8491AII, 8492AII, 8493AII, 8494AII, 8495AII, 8496AII, 8497AII, 8498AII, 8499AII, 8500AII, 8501AII, 8502AII, 8503AII, 8504AII, 8505AII, 8506AII, 8507AII, 8508AII, 8509AII, 8510AII, 8511AII, 8512AII, 8513AII, 8514AII, 8515AII, 8516AII, 8517AII, 8518AII, 8519AII, 8520AII, 8521AII, 8522AII, 8523AII, 8524AII, 8525AII, 8526AII, 8527AII, 8528AII, 8529AII, 8530AII, 8531AII, 8532AII, 8533AII, 8534AII, 8535AII, 8536AII, 8537AII, 8538AII, 8539AII, 8540AII, 8541AII, 8542AII, 8543AII, 8544AII, 8545AII, 8546AII, 8547AII, 8548AII, 8549AII, 8550AII, 8551AII, 8552AII, 8553AII, 8554AII, 8555AII, 8556AII, 8557AII, 8558AII, 8559AII, 8560AII, 8561AII, 8562AII, 8563AII, 8564AII, 8565AII, 8566AII, 8567AII, 8568AII, 8569AII, 8570AII, 8571AII, 8572AII, 8573AII, 8574AII, 8575AII, 8576AII, 8577AII, 8578AII, 8579AII, 8580AII, 8581AII, 8582AII, 8583AII, 8584AII, 8585AII, 8586AII, 8587AII, 8588AII, 8589AII, 8590AII, 8591AII, 8592AII, 8593AII, 8594AII, 8595AII, 8596AII, 8597AII, 8598AII, 8599AII, 8600AII, 8601AII, 8602AII, 8603AII, 8604AII, 8605AII, 8606AII, 8607AII, 8608AII, 8609AII, 8610AII, 8611AII, 8612AII, 8613AII, 8614AII, 8615AII, 8616AII, 8617AII, 8618AII, 8619AII, 8620AII, 8621AII, 8622AII, 8623AII, 8624AII, 8625AII, 8626AII, 8627AII, 8628AII, 8629AII, 8630AII, 8631AII, 8632AII, 8633AII, 8634AII, 8635AII, 8636AII, 8637AII, 8638AII, 8639AII, 8640AII, 8641AII, 8642AII, 8643AII, 8644AII, 8645AII, 8646AII, 8647AII, 8648AII, 8649AII, 8650AII, 8651AII, 8652AII, 8653AII, 8654AII, 8655AII, 8656AII, 8657AII, 8658AII, 8659AII, 8660AII, 8661AII, 8662AII, 8663AII, 8664AII, 8665AII, 8666AII, 8667AII, 8668AII, 8669AII, 8670AII, 8671AII, 8672AII, 8673AII, 8674AII, 8675AII, 8676AII, 8677AII, 8678AII, 8679AII, 8680AII, 8681AII, 8682AII, 8683AII, 8684AII, 8685AII, 8686AII, 8687AII, 8688AII, 8689AII, 8690AII, 8691AII, 8692AII, 8693AII, 8694AII, 8695AII, 8696AII, 8697AII, 8698AII, 8699AII, 8700AII, 8701AII, 8702AII, 8703AII, 8704AII, 8705AII, 8706AII, 8707AII, 8708AII, 8709AII, 8710AII, 8711AII, 8712AII, 8713AII, 8714AII, 8715AII, 8716AII, 8717AII, 8718AII, 8719AII, 8720AII, 8721AII, 8722AII, 8723AII, 8724AII, 8725AII, 8726AII, 8727AII, 8728AII, 8729AII, 8730AII, 8731AII, 8732AII, 8733AII, 8734AII, 8735AII, 8736AII, 8737AII, 8738AII, 8739AII, 8740AII, 8741AII, 8742AII, 8743AII, 8744AII, 8745AII, 8746AII, 8747AII, 8748AII, 8749AII, 8750AII, 8751AII, 8752AII, 8753AII, 8754AII, 8755AII, 8756AII, 8757AII, 8758AII, 8759AII, 8760AII, 8761AII, 8762AII, 8763AII, 8764AII, 8765AII, 8766AII, 8767AII, 8768AII, 8769AII, 8770AII, 8771AII, 8772AII, 8773AII, 8774AII, 8775AII, 8776AII, 8777AII, 8778AII, 8779AII, 8780AII, 8781AII, 8782AII, 8783AII, 8784AII, 8785AII, 8786AII, 8787AII, 8788AII, 8789AII, 8790AII, 8791AII, 8792AII, 8793AII, 8794AII, 8795AII, 8796AII, 8797AII, 8798AII, 8799AII, 8800AII, 8801AII, 8802AII, 8803AII, 8804AII, 8805AII, 8806AII, 8807AII, 8808AII, 8809AII, 8810AII, 8811AII, 8812AII, 8813AII, 8814AII, 8815AII, 8816AII, 8817AII, 8818AII, 8819AII, 8820AII, 8821AII, 8822AII, 8823AII, 8824AII, 8825AII, 8826AII, 8827AII, 8828AII, 8829AII, 8830AII, 8831AII, 8832AII, 8833AII, 8834AII, 8835AII, 8836AII, 8837AII, 8838AII, 8839AII, 8840AII, 8841AII, 8842AII, 8843AII, 8844AII, 8845AII, 8846AII, 8847AII, 8848AII, 8849AII, 8850AII, 8851AII, 8852AII, 8853AII, 8854AII, 8855AII, 8856AII, 8857AII, 8858AII, 8859AII, 8860AII, 8861AII, 8862AII, 8863AII, 8864AII, 8865AII, 8866AII, 8867AII, 8868AII, 8869AII, 8870AII, 8871AII, 8872AII, 8873AII, 8874AII, 8875AII, 8876AII, 8877AII, 8878AII, 8879AII, 8880AII, 8881AII, 8882AII, 8883AII, 8884AII, 8885AII, 8886AII, 8887AII, 8888AII, 8889AII, 8890AII, 8891AII, 8892AII, 8893AII, 8894AII, 8895AII, 8896AII, 8897AII, 8898AII, 8899AII, 8900AII, 8901AII, 8902AII, 8903AII, 8904AII, 8905AII, 8906AII, 8907AII, 8908AII, 8909AII, 8910AII, 8911AII, 8912AII, 8913AII, 8914AII, 8915AII, 8916AII, 8917AII, 8918AII, 8919AII, 8920AII, 8921AII, 8922AII, 8923AII, 8924AII, 8925AII, 8926AII, 8927AII, 8928AII, 8929AII, 8930AII, 8931AII, 8932AII, 8933AII, 8934AII, 8935AII, 8936AII, 8937AII, 8938AII, 8939AII, 8940AII, 8941AII, 8942AII, 8943AII, 8944AII, 8945AII, 8946AII, 8947AII, 8948AII, 8949AII, 8950AII, 8951AII, 8952AII, 8953AII, 8954AII, 8955AII, 8956AII, 8957AII, 8958AII, 8959AII, 8960AII, 8961AII, 8962AII, 8963AII, 8964AII, 8965AII, 8966AII, 8967AII, 8968AII, 8969AII, 8970AII, 8971AII, 8972AII, 8973AII, 8974AII, 8975AII, 8976AII, 8977AII, 8978AII, 8979AII, 8980AII, 8981AII, 8982AII, 8983AII, 8984AII, 8985AII, 8986AII, 8987AII, 8988AII, 8989AII, 8990AII, 8991AII, 8992AII, 8993AII, 8994AII, 8995AII, 8996AII, 8997AII, 8998AII, 8999AII, 9000AII, 9001AII, 9002AII, 9003AII, 9004AII, 9005AII, 9006AII, 9007AII, 9008AII, 9009AII, 9010AII, 9011AII, 9012AII, 9013AII, 9014AII, 9015AII, 9016AII, 9017AII, 9018AII, 9019AII, 9020AII, 9021AII, 9022AII, 9023AII, 9024AII, 9025AII, 9026AII, 9027AII, 9028AII, 9029AII, 9030AII, 9031AII, 9032AII, 9033AII, 9034AII, 9035AII, 9036AII, 9037AII, 9038AII, 9039AII, 9040AII, 9041AII, 9042AII, 9043AII, 9044AII, 9045AII, 9046AII, 9047AII, 9048AII, 9049AII, 9050AII, 9051AII, 9052AII, 9053AII, 9054AII, 9055AII, 9056AII, 9057AII, 9058AII, 9059AII, 9060AII, 9061AII, 9062AII, 9063AII, 9064AII, 9065AII, 9066AII, 9067AII, 9068AII, 9069AII, 9070AII, 9071AII, 9072AII, 9073AII, 9074AII, 9075AII, 9076AII, 9077AII, 9078AII, 9079AII, 9080AII, 9081AII, 9082AII, 9083AII, 9084AII, 9085AII, 9086AII, 9087AII, 9088AII, 9089AII, 9090AII, 9091AII, 9092AII, 9093AII, 9094AII, 9095AII, 9096AII, 9097AII, 9098AII, 9099AII, 9100AII, 9101AII, 9102AII, 9103AII, 9104AII, 9105AII, 9106AII, 9107AII, 9108AII, 9109AII, 9110AII, 9111AII, 9112AII, 9113AII, 9114AII, 9115AII, 9116AII, 9117AII, 9118AII, 9119AII, 9120AII, 9121AII, 9122AII, 9123AII, 9124AII, 9125AII, 9126AII, 9127AII, 9128AII, 9129AII, 9130AII, 9131AII, 9132AII, 9133AII, 9134AII, 9135AII, 9136AII, 9137AII, 9138AII, 9139AII, 9140AII, 9141AII, 9142AII, 9143AII, 9144AII, 9145AII, 9146AII, 9147AII, 9148AII, 9149AII, 9150AII, 9151AII, 9152AII, 9153AII, 9154AII, 9155AII, 9156AII, 9157AII, 9158AII, 9159AII, 9160AII, 9161AII, 9162AII, 9163AII, 9164AII, 9165AII, 9166AII, 9167AII, 9168AII, 9169AII, 9170AII, 9171AII, 9172AII, 9173AII, 9174AII, 9175AII, 9176AII, 9177AII, 9178AII, 9179AII, 9180AII, 9181AII, 9182AII, 9183AII, 9184AII, 9185AII, 9186AII, 9187AII, 9188AII, 9189AII, 9190AII, 9191AII, 9192AII, 9193AII, 9194AII, 9195AII, 9196AII, 9197AII, 9198AII, 9199AII, 9200AII, 9201AII, 9202AII, 9203AII, 9204AII, 9205AII, 9206AII, 9207AII, 9208AII, 9209AII, 9210AII, 9211AII, 9212AII, 9213AII, 9214AII, 9215AII, 9216AII, 9217AII, 9218AII, 9219AII, 9220AII, 9221AII, 9222AII, 9223AII, 9224AII, 9225AII, 9226AII, 9227AII, 9228AII, 9229AII, 9230AII, 9231AII, 9232AII, 9233AII, 9234AII, 9235AII, 9236AII, 9237AII, 9238AII, 9239AII, 9240AII, 9241AII, 9242AII, 9243AII, 9244AII, 9245AII, 9246AII, 9247AII, 9248AII, 9249AII, 9250AII, 9251AII, 9252AII, 9253AII, 9254AII, 9255AII, 9256AII, 9257AII, 9258AII, 9259AII, 9260AII, 9261AII, 9262AII, 9263AII, 9264AII, 9265AII, 9266AII, 9267AII, 9268AII, 9269AII, 9270AII, 9271AII, 9272AII, 9273AII, 9274AII, 9275AII, 9276AII, 9277AII, 9278AII, 9279AII, 9280AII, 9281AII, 9282AII, 9283AII, 9284AII, 9285AII, 9286AII, 9287AII, 9288AII, 9289AII, 9290AII, 9291AII, 9292AII, 9293AII, 9294AII, 9295AII, 9296AII, 9297AII, 9298AII, 9299AII, 9300AII, 9301AII, 9302AII, 9303AII, 9304AII, 9305AII, 9306AII, 9307AII, 9308AII, 9309AII, 9310AII, 9311AII, 9312AII, 9313AII, 9314AII, 9315AII, 9316AII, 9317AII, 9318AII, 9319AII, 9320AII, 9321AII, 9322AII, 9323AII, 9324AII, 9325AII, 9326AII, 9327AII, 9328AII, 9329AII, 9330AII, 9331AII, 9332AII, 9333AII, 9334AII, 9335AII, 9336AII, 9337AII, 9338AII, 9339AII, 9340AII, 9341AII, 9342AII, 9343AII, 9344AII, 9345AII, 9346AII, 9347AII, 9348AII, 9349AII, 9350AII, 9351AII, 9352AII, 9353AII, 9354AII, 9355AII, 9356AII, 9357AII, 9358AII, 9359AII, 9360AII, 9361AII, 9362AII, 9363AII, 9364AII, 9365AII, 9366AII, 9367AII, 9368AII, 9369AII, 9370AII, 9371AII, 9372AII, 9373AII, 9374AII, 9375AII, 9376AII, 9377AII, 9378AII, 9379AII, 9380AII, 9381AII, 9382AII, 9383AII, 9384AII, 9385AII, 9386AII, 9387AII, 9388AII, 9389AII, 9390AII, 9391AII, 9392AII, 9393AII, 9394AII, 9395AII, 9396AII, 9397AII, 9398AII, 9399AII, 9400AII, 9401AII, 9402AII, 9403AII, 9404AII, 9405AII, 9406AII, 9407AII, 9408AII, 9409AII, 9410AII, 9411AII, 9412AII, 9413AII, 9414AII, 9415AII, 9416AII, 9417AII, 9418AII, 9419AII, 9420AII, 9421AII, 9422AII, 9423AII, 9424AII, 9425AII, 9426AII, 9427AII, 9428AII, 9429AII, 9430AII, 9431AII, 9432AII, 9433AII, 9434AII, 9435AII, 9436AII, 9437AII, 9438AII, 9439AII, 9440AII, 9441AII, 9442AII, 9443AII, 9444AII, 9445AII, 9446AII, 9447AII, 9448AII, 9449AII, 9450AII, 9451AII, 9452AII, 9453AII, 9454AII, 9455AII, 9456AII, 9457AII, 9458AII, 9459AII, 9460AII, 9461AII, 9462AII, 9463AII, 9464AII, 9465AII, 9466AII, 9467AII, 9468AII, 9469AII, 9470AII, 9471AII, 9472AII, 9473AII, 9474AII, 9475AII, 9476AII, 9477AII, 9478AII, 9479AII, 9480AII, 9481AII, 9482AII, 9483AII, 9484AII, 9485AII, 9486AII, 9487AII, 9488AII, 9489AII, 9490AII, 9491AII, 9492AII, 9493AII, 9494AII, 9495AII, 9496AII, 9497AII, 9498AII, 9499AII, 9500AII, 9501AII, 9502AII, 9503AII, 9504AII, 9505AII, 9506AII, 9507AII, 9508AII, 9509AII, 9510AII, 9511AII, 9512AII, 9513AII, 9514AII, 9515AII, 9516AII, 9517AII, 9518AII, 9519AII, 9520AII, 9521AII, 9522AII, 9523AII, 9524AII, 9525AII, 9526AII, 9527AII, 9528AII, 9529AII, 9530AII, 9531AII, 9532AII, 9533AII, 9534AII, 9535AII, 9536AII, 9537AII, 9538AII, 9539AII, 9540AII, 9541AII, 9542AII, 9543AII, 9544AII, 9545AII, 9546

MCS®-48 INSTRUCTION SET

1.0 INTRODUCTION

1.1 Data Transfers

The MCS-48 instruction set is extensive for a machine of its size and has been tailored to be straightforward and very efficient in its use of program memory. All instructions are either one or two bytes in length and over 80% are only one byte long. Also, all instructions execute in either one or two cycles and over 50% of all instructions execute in a single cycle. Double cycle instructions include all immediate instructions, and all I/O instructions.

The MCS-48 microcomputers have been designed to handle arithmetic operations efficiently in both binary and BCD as well as handle the single-bit operations required in control applications. Special instructions have also been included to simplify loop counters, table look-up routines, and N-way branch routines.

As can be seen in Figure 1 the 8-bit accumulator is the central point for all data transfers within the 8048. Data can be transferred between the 8 registers of each working register bank and the accumulator directly, i.e., the source or destination register is specified by the instruction. The remaining locations of the internal RAM array are referred to as Data Memory and are addressed indirectly via an address stored in either R0 or R1 of the active register bank. R0 and R1 are also used to indirectly address external data memory when it is present. Transfers to and from internal RAM require one cycle, while transfers to external RAM require two. Constants stored in Program Memory can be loaded directly to the accumulator and to the 8 working registers. Data can also be transferred directly between the accumulator and the on-

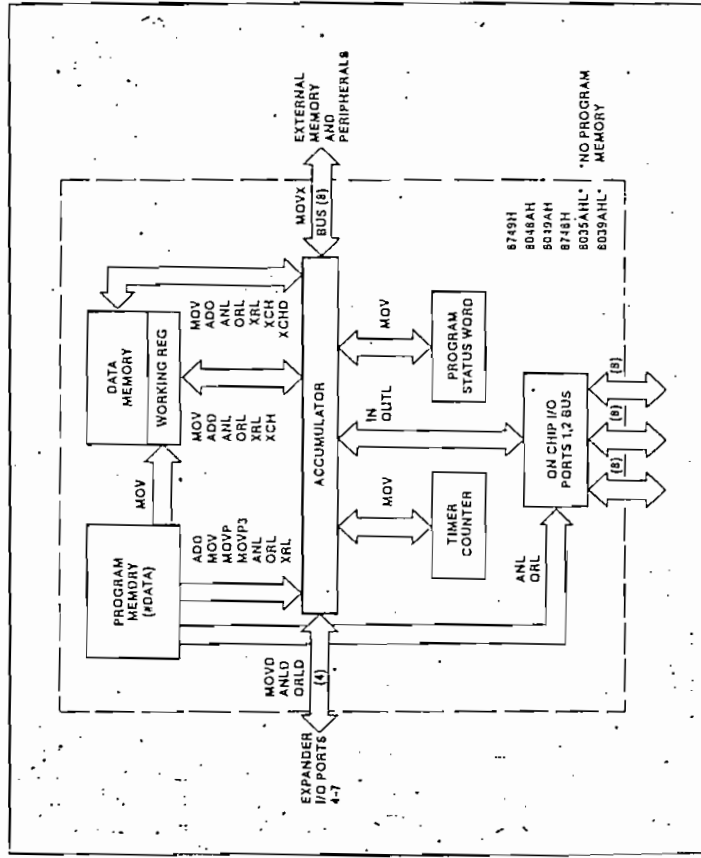


Figure 1. Data Transfer Instructions

board timer counter of the accumulator and the Program Status word (PSW). Writing to the PSW alters machine status accordingly and provides a means of restoring status after an interrupt or of altering the stack pointer if necessary.

1.2 Accumulator Operations

Immediate data, data memory, or the working registers can be added with or without carry to the accumulator. These sources can also be ANDed, ORed, or Exclusive ORed to the accumulator. Data may be moved to or from the accumulator and working registers or data memory. The two values can also be exchanged in a single operation.

In addition, the lower 4 bits of the accumulator can be exchanged with the lower 4 bits of any of the internal RAM locations. This instruction, along with an instruction which swaps the upper and lower 4-bit halves of the accumulator, provides for easy handling of 4-bit quantities, including BCD numbers. To facilitate BCD arithmetic, a Decimal Adjust instruction is included. This instruction is used to correct the result of the binary addition of two 2-digit BCD numbers. Performing a decimal adjust on the result in the accumulator produces the required BCD result.

Finally, the accumulator can be incremented, decremented, cleared, or complemented and can be rotated left or right 1 bit at a time with or without carry.

Although there is no subtract instruction in the 8048AH, this operation can be easily implemented with three single-byte single-cycle instructions.

A value may be subtracted from the accumulator with the result in the accumulator by:

- Complementing the accumulator
- Adding the value to the accumulator
- Complementing the accumulator

1.3 Register Operations

The working registers can be accessed via the accumulator as explained above, or can be loaded immediately with constants from program memory. In addition, they can be incremented or decremented or used as loop counters using the decrement and jump, if not zero instruction, as explained under branch instructions.

All Data Memory including working registers can be accessed with indirect instructions via R0 and R1 and can be incremented.

1.4 Flags

There are four user-accessible flags in the 8048AH: Carry, Auxiliary Carry, F0 and F1. Carry indicates overflow of the accumulator, and Auxiliary Carry is used to indicate overflow between BCD digits and is used during decimal-adjust operation. Both Carry and Auxiliary Carry are accessible as part of the program status word and are stored on the stack during subroutines. F0 and F1 are uncommitted general-purpose flags to be used as the programmer desires. Both flags can be cleared or complemented, and tested by conditional jump instructions. F0 is also accessible via the Program Status word and is stored on the stack with the carry flags.

1.5 Branch Instructions

The unconditional jump instruction is two bytes and allows jumps anywhere in the first 2K words of program memory. Jumps to the second 2K of memory (4K words are directly addressable) are made first by executing a select memory bank instruction, then executing the jump instruction. The 2K boundary can only be crossed via a jump or subroutine call instruction, i.e., the bank switch does not occur until a jump is executed. Once a memory bank has been selected all subsequent jumps will be to the selected bank until another select memory bank instruction is executed. A subroutine in the opposite bank can be accessed by a select memory bank instruction followed by a call instruction. Upon completion of the subroutine, execution will automatically return to the original bank; however, unless the original bank is reselected, the next jump instruction encountered will again transfer execution to the opposite bank.

Conditional jumps can test the following inputs and machine status:

- T0 Input Pin
- T1 Input Pin
- INT Input Pin
- Accumulator Zero
- Any bit of Accumulator
- Carry Flag
- F0 Flag
- F1 Flag

Conditional jumps allow a branch to any address within the current page (256 words) of execution. The conditions tested are the instantaneous values at the time the conditional jump is executed. For instance, the jump on accumulator zero instruction tests the accumulator itself, not an intermediate zero flag.

The decrement register and jump if not zero instruction combines a decrement and a branch instruction to create an instruction very useful in implementing a loop counter. This instruction can designate any one of the 8 working registers as a counter and can effect a branch to any address within the current page of execution.

A single-byte indirect jump instruction allows the program to be vectored to any one of several different locations based on the contents of the accumulator. The contents of the accumulator point to a location in program memory which contains the jump address. The 8-bit jump address refers to the current page of execution. This instruction could be used, for instance, to vector to any one of several routines based on an ASCII character which has been loaded in the accumulator. In this way ASCII key inputs can be used to initiate various routines.

1.5 Subroutines

Subroutines are entered by executing a call instruction. Calls can be made like unconditional jumps to any address in a 2K word bank, and jumps across the 2K boundary are executed in the same manner. Two separate return instructions determine whether or not status (upper 4-bits of PSW) is restored upon return from the subroutine.

The return and restore status instruction also signals the end of an interrupt service routine if one has been in progress.

1.7 Timer Instructions

The 8-bit on-board timer/counter can be loaded or read via the accumulator while the counter is stopped or while counting. The counter can be started as a timer with an internal clock source or an event counter or timer with an external clock applied to the T1 input pin. The instruction executed determines which clock source is used. A single instruction stops the counter whether it is operating with an internal or an external clock source. In addition, two instructions allow the timer interrupt to be enabled or disabled.

1.8 Control Instructions

Two instructions allow the external interrupt source to be enabled or disabled. Interrupts are initially disabled and are automatically disabled while an interrupt service routine is in progress and re-enabled afterward.

There are four memory bank select instructions, two to designate the active working register bank and two to control program memory banks. The operation of the program memory bank switch is explained in Section 2.2 in the Expanded MCS-48 System chapter.

The working register bank switch instructions allow the programmer to immediately substitute a second 8-register working register bank for the one in use. This effectively provides 16 working registers or it can be used as a means of quickly saving the contents of the registers in response to an interrupt. The user has the option to switch or not to switch banks on interrupt. However, if the banks are switched, the original bank will be automatically restored upon execution of a return and restore status instruction at the end of the interrupt service routine.

A special instruction enables an internal clock, which is the XTAL frequency divided by three to be output on pin T0. This clock can be used as a general-purpose clock in the user's system. This instruction should be used only to initialize the system since the clock output can be disabled only by application of system reset.

1.9 Input/Output Instructions

Ports 1 and 2 are 8-bit static I/O ports which can be loaded to and from the accumulator. Outputs are statically latched but inputs are not latched and must be read while inputs are present. In addition, immediate data from program memory can be ANDed or ORed directly to Port 1 and Port 2 with the result remaining on the port. This allows "mask" stored in program memory to selectively set or reset individual bits of the I/O ports. Ports 1 and 2 are configured to allow input on a given pin by first writing a "1" out to the pin.

An 8-bit port called BUS can also be accessed via the accumulator and can have statically latched outputs as well. It too can have immediate data ANDed or ORed directly to its outputs, however, unlike ports 1 and 2, all eight lines of BUS must be treated as either input or output at any one time. In addition to being a static port, BUS can be used as a true synchronous bi-directional port using the Move External Instructions used to access external data memory. When these instructions are executed, a corresponding READ or WRITE pulse is generated and data is valid only at that time. When data is not being transferred, BUS is in a high impedance state. Note that the OUTL, ANL, and the ORL instructions for the BUS are for use with internal program memory only.

The basic three on-board I/O ports can be expanded via a 4-bit expander bus using half of port 2. I/O expander devices on this bus consist of four 4-bit ports which are addressed as ports 4 through 7. These ports have their own AND and OR instructions like the on-board ports as well as move instructions to transfer data in or out. The expander AND and OR instructions, however, combine the contents of accumulator with the selected port rather than immediate data as is done with the on-board ports.

I/O devices can also be added externally using the BUS port as the expansion bus. In this case the I/O ports become "memory mapped", i.e., they are addressed in the same way as external data memory and exist in the external data memory address space addressed by pointer register RO or R1.

2.0 INSTRUCTION SET DESCRIPTION

The following pages describe the MCS[®]-48 instruction set in detail. The instruction set is first summarized with instructions grouped functionally. This summary page is followed by a detailed description listed alphabetically by mnemonic opcode.

The alphabetical listing includes the following information:

- Mnemonic
- Machine Code
- Verbal Description
- Symbolic Description
- Assembly Language Example

The machine code is represented with the most significant bit (7) to the left and two byte instructions are represented with the first byte on the left. The assembly language examples are formulated as follows:

Arbitrary

Label: Mnemonic, Operand;

Descriptive Comment

8048AH/8748H/8049AH/8050AH/8749H

Instruction Set Summary

Mnemonic	Description	Bytes	Cycle	Mnemonic	Description	Bytes	Cycles
Accumulator				Registers			
ADD A, R	Add register to A	1	1	INC R	Increment register	1	1
ADD A, @R	Add data memory to A	1	1	INC @R	Increment data memory	1	1
ADD A, # data	Add immediate to A	2	2	DEC R	Decrement register	1	1
ADDC A, R	Add register with carry	1	1				
ADDC A, @R	Add data memory with carry	1	1	Branch			
ADDC A, # data	Add immediate with carry	2	2	JMP addr	Jump unconditional	2	2
ANL A, R	And register to A	1	1	JMPP @A	Jump indirect	1	2
ANL A, @R	And data memory to A	1	1	DJNZ R, addr	Decrement register and jump	2	2
ANL A, # data	And immediate to A	2	2	JC addr	Jump on carry = 1	2	2
ORL A, R	Or register to A	1	1	JNC addr	Jump on carry = 0	2	2
ORL A, @R	Or data memory to A	1	1	JZ addr	Jump on A Zero	2	2
ORL A, # data	Or immediate to A	2	2	JNZ addr	Jump on A not Zero	2	2
XRL A, R	Exclusive Or register to A	1	1	JTO addr	Jump on TO = 1	2	2
XRL A, @R	Exclusive or data memory to A	1	1	JT0 addr	Jump on TO = 0	2	2
XRL A, # data	Exclusive or immediate to A	2	2	JTI addr	Jump on TI = 1	2	2
INC A	Increment A	1	1	JTI addr	Jump on TI = 0	2	2
DEC A	Decrement A	1	1	JFO addr	Jump on FO = 1	2	2
CLR A	Clear A	1	1	JF0 addr	Jump on FO = 0	2	2
CPL A	Complement A	1	1	JF1 addr	Jump on FI = 1	2	2
DA A	Decimal adjust A	1	1	JTF addr	Jump on timer flag = 1	2	2
SWAP A	Swap nibbles of A	1	1	JNI addr	Jump on INT = 0	2	2
RL A	Rotate A left	1	1	JJB addr	Jump on Accumulator Bit	2	2
RLC A	Rotate A left through carry	1	1				
RR A	Rotate A right	1	1	Subroutine			
RRC A	Rotate A right through carry	1	1	CALL addr	Jump to subroutine	2	2
				RET	Return	1	2
				RETR	Return and restore status	1	2
Input/Output							
IN A, P	Input port to A	1	2				
OUTL P, A	Output A to port	1	2	Flag			
ANL P, # data	And immediate to port	2	2	CLR C	Clear Carry	1	1
ORL P, # data	Or immediate to port	2	2	CPL C	Complement Carry	1	1
INS A, BUS	Input BUS to A	1	2	CLR F0	Clear Flag 0	1	1
OUTL BUS, A	Output A to BUS	1	2	CLR F1	Clear Flag 1	1	1
ANL BUS, # data	And immediate to BUS	2	2	CPL F1	Complement Flag 1	1	1
ORL BUS, # data	Or immediate to BUS	2	2				
MOV A, # data	Move immediate to A	2	2	Data Moves			
MOV R, A	Move A to register	1	1	MOV A, R	Move register to A	1	1
MOV @R, A	Move A to data memory	1	1	MOV A, @R	Move data memory to A	1	1
MOV R, # data	Move immediate to register	2	2	MOV A, # data	Move immediate to A	2	2
MOV A, # data	Move immediate to data memory	2	2	MOV R, A	Move A to register	1	1
MOV @R, # data	Move immediate to data memory	2	2	MOV R, A	Move A to data memory	1	1
MOV A, PSW	Move PSW to A	1	1	MOV R, # data	Move immediate to register	2	2
MOV PSW, A	Move A to PSW	1	1	MOV @R, # data	Move immediate to data memory	2	2
				MOV A, PSW	Move PSW to A	1	1
				MOV PSW, A	Move A to PSW	1	1

SERIES ULN-2000A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT +25°C (unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Test Fig.	Applicable Devices	Test Conditions	Limits		
					Min	Typ. Max.	
Output Leakage Current	I_{OL}	1A	All	$V_{CE} = 50V, I_B = 25\mu A$	—	50 μA	
				$V_{CE} = 50V, I_B = 70\mu A$	—	100 μA	
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(sat)}$	2	All	$V_{CE} = 50V, I_C = 70\mu A, V_{BE} = 6.0V$	—	500 μA	
				$V_{CE} = 50V, I_C = 1.0V, V_{BE} = 1.0V$	—	500 μA	
Input Current	$I_{A(ON)}$	3	All	$I_C = 100mA, I_B = 250\mu A$	—	0.9 1.1 V	
				$I_C = 200mA, I_B = 350\mu A$	—	1.1 1.3 V	
				$I_C = 350mA, I_B = 500\mu A$	—	1.3 1.6 V	
				$V_{CE} = 17V$	—	0.82 1.25 mA	
Input Voltage	$V_{A(ON)}$	5	All	$V_{CE} = 3.85V$	—	0.93 1.35 mA	
				$V_{CE} = 5.0V$	—	0.35 0.5 mA	
				$V_{CE} = 12V$	—	1.0 1.45 mA	
				$V_{CE} = 3.0V$	—	1.5 2.4 mA	
D-C Forward Current Transfer Ratio	h_{FE}	2	All	$I_C = 500\mu A, I_B = 70\mu A$	50	65 — μA	
				$V_{CE} = 2.0V, I_C = 300mA$	—	13 V	
				$V_{CE} = 2.0V, I_C = 200mA$	—	2.4 V	
				$V_{CE} = 2.0V, I_C = 250mA$	—	2.7 V	
				$V_{CE} = 2.0V, I_C = 300mA$	—	3.0 V	
				$V_{CE} = 2.0V, I_C = 125mA$	—	5.0 V	
				$V_{CE} = 2.0V, I_C = 200mA$	—	6.0 V	
				$V_{CE} = 2.0V, I_C = 275mA$	—	7.0 V	
				$V_{CE} = 2.0V, I_C = 350mA$	—	8.0 V	
				$V_{CE} = 2.0V, I_C = 350mA$	—	2.4 V	
				$V_{CE} = 2.0V, I_C = 350mA$	1000	—	
				$V_{CE} = 2.0V, I_C = 350mA$	—	2.4 V	
Input Capacitance	C_{in}	—	All	—	15 25	pF	
Turn-On Delay	t_{ON}	—	All	$0.5 E_{on}$ to $0.5 E_{off}$	—	0.25 1.0	μs
Turn-Off Delay	t_{OFF}	—	All	$0.5 E_{on}$ to $0.5 E_{off}$	—	0.25 1.0	μs
Clamp Diode Leakage Current	I_C	6	All	$V_C = 50V, I_B = 25\mu A$	—	50	μA
Clamp Diode Forward Voltage	V_f	7	All	$V_C = 50V, I_B = 70\mu A$	—	100	μA
				$I_f = 350mA$	—	1.7 2.0	V

SERIES ULN-2010A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT +25°C (unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Test Fig.	Applicable Devices	Test Conditions	Limits		
					Min	Typ. Max.	
Output Leakage Current	I_{OL}	1A	All	$V_{CE} = 50V, I_B = 25\mu A$	—	50 μA	
				$V_{CE} = 50V, I_B = 70\mu A$	—	100 μA	
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(sat)}$	2	All	$V_{CE} = 50V, I_C = 70\mu A, V_{BE} = 6.0V$	—	500 μA	
				$V_{CE} = 50V, I_C = 1.0V, V_{BE} = 1.0V$	—	500 μA	
Input Current	$I_{A(ON)}$	3	All	$I_C = 200mA, I_B = 350\mu A$	—	1.1 1.3 V	
				$I_C = 350mA, I_B = 500\mu A$	—	1.3 1.6 V	
				$I_C = 500mA, I_B = 600\mu A$	—	1.7 1.9 V	
				$V_{CE} = 17V$	—	0.82 1.25 mA	
Input Voltage	$V_{A(ON)}$	5	All	$V_{CE} = 3.85V$	—	0.93 1.35 mA	
				$V_{CE} = 5.0V$	—	0.35 0.5 mA	
				$V_{CE} = 12V$	—	1.0 1.45 mA	
				$V_{CE} = 3.0V$	—	1.5 2.4 mA	
D-C Forward Current Transfer Ratio	h_{FE}	2	All	$I_C = 500\mu A, I_B = 70\mu A$	50	65 — μA	
				$V_{CE} = 2.0V, I_C = 500mA$	—	17 V	
				$V_{CE} = 2.0V, I_C = 250mA$	—	2.7 V	
				$V_{CE} = 2.0V, I_C = 300mA$	—	3.0 V	
				$V_{CE} = 2.0V, I_C = 300mA$	—	3.5 V	
				$V_{CE} = 2.0V, I_C = 275mA$	—	7.0 V	
				$V_{CE} = 2.0V, I_C = 350mA$	—	8.0 V	
				$V_{CE} = 2.0V, I_C = 500mA$	—	9.5 V	
				$V_{CE} = 2.0V, I_C = 500mA$	—	2.6 V	
				$V_{CE} = 2.0V, I_C = 350mA$	1000	—	
				$V_{CE} = 2.0V, I_C = 500mA$	900	—	
				$V_{CE} = 2.0V, I_C = 500mA$	—	15 25	
Input Capacitance	C_{in}	—	All	—	15 25	pF	
Turn-On Delay	t_{ON}	—	All	$0.5 E_{on}$ to $0.5 E_{off}$	—	0.25 1.0	μs
Turn-Off Delay	t_{OFF}	—	All	$0.5 E_{on}$ to $0.5 E_{off}$	—	0.25 1.0	μs
Clamp Diode Leakage Current	I_C	6	All	$V_C = 50V, I_B = 25\mu A$	—	50	μA
Clamp Diode Forward Voltage	V_f	7	All	$V_C = 50V, I_B = 70\mu A$	—	100	μA
				$I_f = 350mA$	—	1.7 2.0	V
				$I_f = 500mA$	—	2.1 2.5	V

least 30 V in the OFF state. Outputs may be pulled up for higher load-current capability. Series ULN-2010A devices are similar, except that they will sink 600 mA. Series ULN-2020A will sustain 95 V in the OFF state.

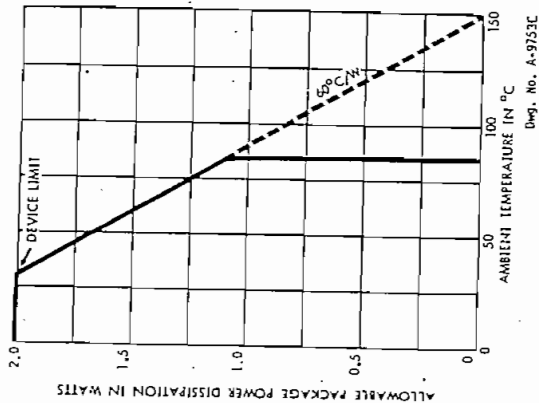
All Series ULN-2000A Darlington arrays are furnished in a 16-pin dual in-line plastic package. These can also be supplied in a hermetic dual in-line package for use in military and aerospace applications.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS
at +25°C Free-Air Temperature
for any one Darlington pair
(unless otherwise noted)

Output Voltage, V_o (Series ULN-2000, 2010A)	50 V
(Series ULN-2020A)	95 V
Input Voltage, V_{in} (Series ULN-2002, 2003, 2004A)	30 V
(Series ULN-2005A)	15 V
Continuous Collector Current, I_c (Series ULN-2000, 2020A)	500 mA
(Series ULN-2010A)	600 mA
Continuous Input Current, I_b	25 mA
Power Dissipation, P_D (one Darlington pair)	1.0 W
(total package)	2.0 W*
Operating Ambient Temperature Range, T_a	-20°C to +85°C
Storage Temperature Range, T_s	-55°C to +150°C

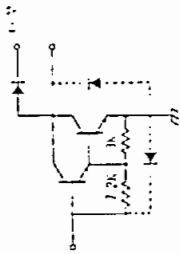
*Operate at the rate of 16.67 mW/°C above +25°C under normal operating conditions. These devices will sustain 350 mA per output with $V_{CE(sat)} = 1.6$ V at +70°C with a pulse width of 70 ns and a duty cycle of 34%.

ALLOWABLE AVERAGE POWER DISSIPATION
AS A FUNCTION OF AMBIENT TEMPERATURE

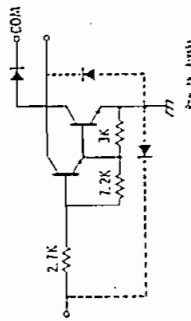


Desig. No. A-9753C

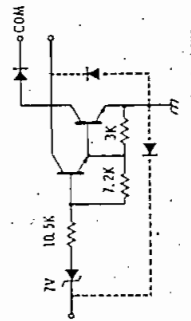
Series ULN-2001A
(each driver)



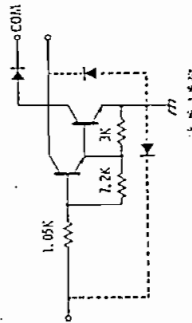
Series ULN-2003A
(each driver)



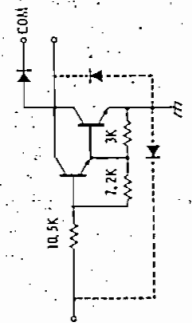
Series ULN-2002A
(each driver)



Series ULN-2005A
(each driver)



Series ULN-2004A
(each driver)



UHP-433, UHP-433-1, and UHP-533
Quad NOR Relay Drivers

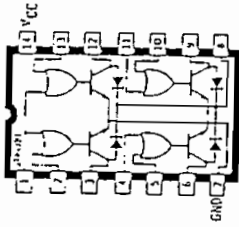
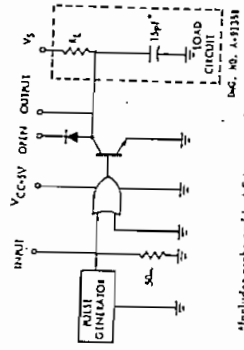


FIG. 1-1-139

ELECTRICAL CHARACTERISTICS over operating temperature range (unless otherwise noted)

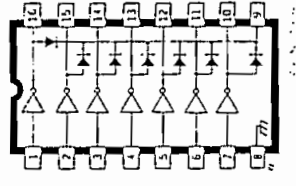
Characteristic	Symbol	Applicable Devices	Test Conditions			Limits		
			V _{cc}	Driven Input	Other Input	Output	Min.	Typ. Max.
Output Reverse Current	I _{OL}	UHP-433	Min.	0.8 V	0.8 V	40 V	—	100
			Min.	0.8 V	0.8 V	70 V	—	100
			Min.	0.8 V	0.8 V	100 V	—	100
Diode Leakage Current (Note 5)	I _s	All	Nom.	5.0 V	5.0 V	Open	—	200
			Nom.	0 V	0 V	—	—	1.5
Diode Forward Voltage Drop (Note 6)	V _f	All	Min.	2.0 V	0 V	150 mA	—	0.5
			Max.	2.0 V	0 V	250 mA	—	0.7
Output Voltage	V _{OL}	All	Min.	0 V	0 V	—	—	6.0
			Max.	5.0 V	5.0 V	—	—	7.5
			Min.	—	—	2.0	—	20
Supply Current (Notes 1, 2 and 4)	I _{CC}	All	Min.	—	—	—	—	—
			Max.	0.4 V	4.5 V	—	—	—
			Max.	2.4 V	0 V	—	—	—
Input Voltage	V _{OH}	All	Min.	—	—	—	—	—
			Max.	5.5 V	0 V	—	—	—
			Max.	0.4 V	4.5 V	—	—	—
Input Current at All Inputs Except Strobe (Note 3)	I _{OH}	All	Min.	—	—	—	—	—
			Max.	2.4 V	0 V	—	—	—
			Max.	5.5 V	0 V	—	—	—
Input Current at Strobe (Note 3)	I _{OH}	All	Min.	—	—	—	—	—
			Max.	0.4 V	4.5 V	—	—	—
			Max.	2.4 V	0 V	—	—	—

1. Typical values at V_{cc} = 5.0 V.
2. Each gate.
3. Each input tested separately.
4. I_s = +25°C.
5. Diode leakage current measured at V_s = V_{OL}.
6. Diode forward voltage drop measured at I_f = 200 mA.



*Includes probe and test fixture capacitance.

SERIES ULN-2000A
HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS



THESE HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT Darlington arrays are comprised of seven silicon NPN Darlington pairs on a common monolithic substrate. All units have open-collector outputs and integral diodes for inductive load transient suppression.

Peak inrush currents to 600 mA (Series ULN-2000A and ULN-2020A) or 750 mA (Series ULN-2010A) are permissible, making them ideal for driving tungsten filament lamps.

Series ULN-2001A devices are general purpose arrays that may be used with standard bipolar digital logic using external current limiting, or with most CMOS or CMOS directly. All are pinned with outputs opposite inputs to facilitate printed wiring board layout and are priced to compete directly with discrete transistor alternatives.

Series ULN-2002A is designed for use with 14 to 25 V CMOS devices. Each input has a Zener diode and resistor in series to limit the input current to a safe value in that application. The Zener diode also gives these devices excellent noise immunity.

Series ULN-2003A has a 2.7 kΩ series base resistor for each Darlington pair, allowing operation directly with TTL or CMOS operating at a supply voltage of 5 V. These devices will handle numerous interface needs — particularly those beyond the capabilities of standard logic buffers.

Series ULN-2004A has a 10.5 kΩ series input resistor that permits operation directly from CMOS or PMOS outputs utilizing supply voltages of 6 to 15 V. The required input current is below that of Series ULN-2003A, while the required input voltage is less than that required by Series ULN-2002A.

Series ULN-2005A is designed for use with standard TTL and Schottky TTL, with which higher output currents are required and loading of the logic

output is not a concern. These devices will sink a minimum of 350 mA when driven from a "totem-pole" logic output.

Series ULN-2000A is the original high-voltage high-current Darlington array. The output transistors are capable of sinking 500 mA and will sustain a

Device Number Designation

V _{CC} (max)	50 V	50 V	95 V
I _{OH} (max)	500 mA	600 mA	500 mA
Logic	Type Number		
General Purpose PMOS, CMOS	ULN-2001A	ULN-2011A	ULN-2021A
14-25 V PMOS	ULN-2002A	ULN-2012A	ULN-2022A
5 V TTL, CMOS	ULN-2003A	ULN-2013A	ULN-2023A
6-15 V CMOS, PMOS	ULN-2004A	ULN-2014A	ULN-2024A
High-Output TTL	ULN-2005A	ULN-2015A	ULN-2025A

MCS-48 INSTRUCTION SET

8048AH/8748H/8049AH/8050AH/8749H
Instruction Set Summary (Cont)

Mnemonic	Description	Bytes	Cycle
Data Moves (Cont'd)			
XCH A, R	Exchange A and register	1	1
XCH A, @R	Exchange A and data memory	1	1
XCHD A, @R	Exchange nibble of A and register	1	1
MOVX A, @R	Move external data memory to A	1	2
MOVX @R, A	Move A to external data memory	1	2
MOVP A, @A	Move to A from current page	1	2
MOVPP A, @A	Move to A from Page 3	1	2
Timer/Counter			
MOV A, T	Read Timer/Counter	1	1
MOV T, A	Load Timer/Counter	1	1
STRT T	Start Timer	1	1
STOP CNT	Stop Timer/Counter	1	1
ENTCNTI	Enable Timer/Counter Interrupt	1	1
DIS TCNTI	Disable Timer/Counter Interrupt	1	1

Mnemonics copyright Intel Corporation 1983.

MCS-48 INSTRUCTION SET
Symbols and Abbreviations Used

- A Accumulator
- AC Auxiliary Carry
- addr 12-Bit Program Memory Address
- Bb Bit Designator (b = 0-7)
- BS Bank Switch
- BUS BUS Port
- C Carry
- CLK Clock
- CNT Event Counter
- CRR Conversion Result Register
- D Mnemonic for 4-Bit Digit (Nibble)
- data 8-Bit Number or Expression
- DBF Memory Bank Flip-Flop
- F0, F1 Flag 0, Flag 1
- I Interrupt
- P Mnemonic for "in-page" Operation
- PC Program Counter
- Pp Port Designator (p = 1, 2 or 4-7)
- PSW Program Status Word
- Ri Data memory Pointer (i = 0, or 1)
- Rr Register Designator (r = 0-7)
- SP Stack Pointer
- T Timer
- TF Timer Flag
- T0, T1 Test 0, Test 1
- X Mnemonic for External RAM
- # Immediate Data Prefix
- @ Indirect Address Prefix
- \$ Current Value of Program Counter
- (X) Contents of X
- (X)) Contents of Location Addressed by X
- Is Replaced by

Mnemonics copyright Intel Corporation 1983.

SERIES ULN-2020A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT +25°C (unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Test fig.	Applicable Devices	Test Conditions	Limits			
					Min	Typ (Max)	Units	
Output Leakage Current	I_{OH}	1A	All	$V_{CE} = 95 V, I_C = 25^\circ C$	—	50	μA	
				$V_{CE} = 95 V, I_C = 70^\circ C$	—	100	μA	
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(sat)}$	1B	ULN-2022A	$V_{CE} = 95 V, I_C = 70^\circ C, V_{BE} = 6.0 V$	—	500	μA	
				ULN-2024A	$V_{CE} = 95 V, I_C = 70^\circ C, V_{BE} = 1.0 V$	—	500	μA
		All	$I_C = 100 mA, I_B = 250 \mu A$	—	0.9	1.1	V	
			$I_C = 200 mA, I_B = 350 \mu A$	—	1.1	1.3	V	
Input Current	$I_{in(max)}$	3	ULN-2022A	$V_{in} = 17 V$	—	0.82	1.25	mA
				ULN-2023A	$V_{in} = 3.85 V$	—	0.93	1.35
		All	$V_{in} = 5.0 V$	—	0.35	0.5	mA	
			$V_{in} = 12 V$	—	1.0	1.45	mA	
ULN-2025A	$V_{in} = 3.0 V$	—	1.5	2.4	mA			
	All	$I_C = 500 \mu A, I_B = 70^\circ C$	50	65	μA			
Input Voltage	$V_{CE(sat)}$	5	ULN-2022A	$V_{CE} = 2.0 V, I_C = 300 mA$	—	1.3	V	
				ULN-2023A	$V_{CE} = 2.0 V, I_C = 200 mA$	—	2.4	V
		ULN-2024A	$V_{CE} = 2.0 V, I_C = 250 mA$	—	2.7	V		
			$V_{CE} = 2.0 V, I_C = 300 mA$	—	3.0	V		
			$V_{CE} = 2.0 V, I_C = 125 mA$	—	5.0	V		
			$V_{CE} = 2.0 V, I_C = 200 mA$	—	6.0	V		
ULN-2025A	$V_{CE} = 2.0 V, I_C = 275 mA$	—	7.0	V				
	$V_{CE} = 2.0 V, I_C = 350 mA$	—	8.0	V				
D-C Forward Current Transfer Ratio	h_{FE}	2	ULN-2021A	$V_{CE} = 2.0 V, I_C = 350 mA$	1000	—	—	
Input Capacitance	C_{in}	—	All	—	15	25	pF	
Turn-On Delay	t_{ON}	—	All	$0.5 E_{on}$ to $0.5 E_{off}$	0.25	1.0	μs	
Turn-Off Delay	t_{OFF}	—	All	$0.5 E_{on}$ to $0.5 E_{off}$	0.25	1.0	μs	
Clamp Diode Leakage Current	I_C	6	All	$V_{CE} = 95 V, I_C = 25^\circ C$	—	50	μA	
Clamp Diode Forward Voltage	V_C	7	All	$I_C = 350 mA$	—	1.7	2.0	V

TEST FIGURES

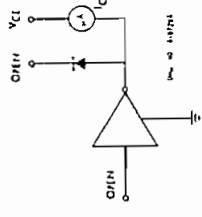


FIGURE 1A

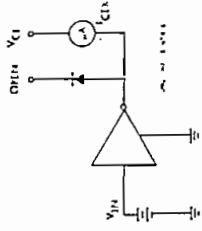


FIGURE 1B

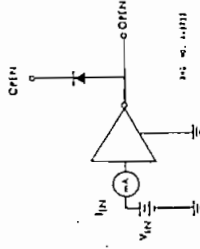


FIGURE 2

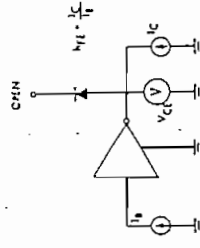


FIGURE 3

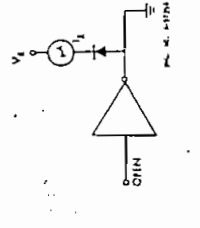


FIGURE 4

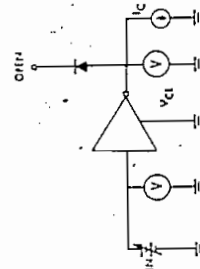


FIGURE 5

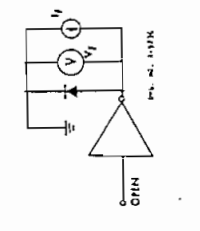


FIGURE 6

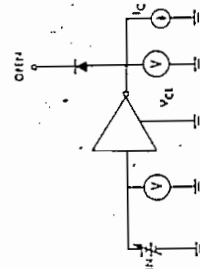
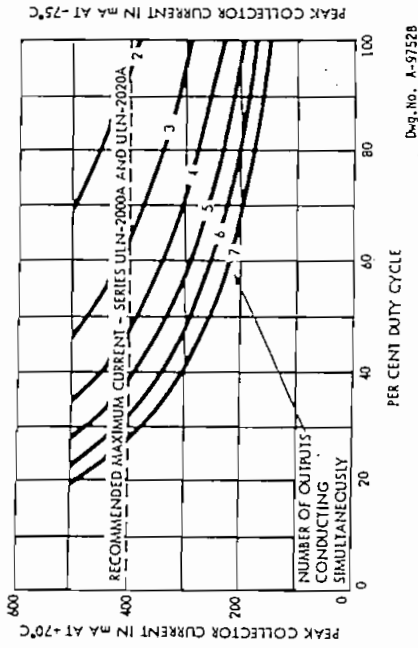
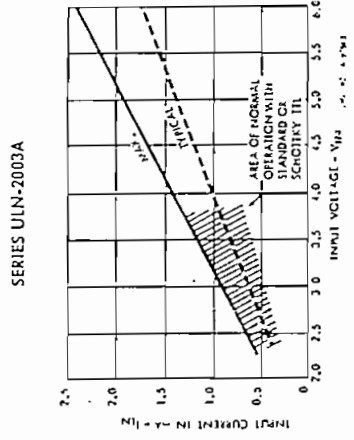
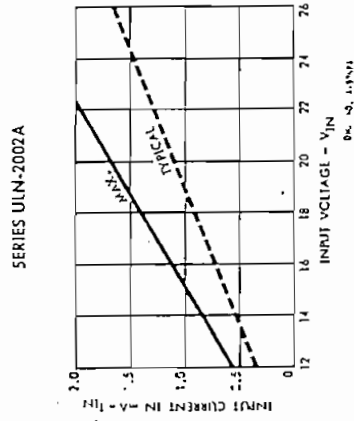


FIGURE 7

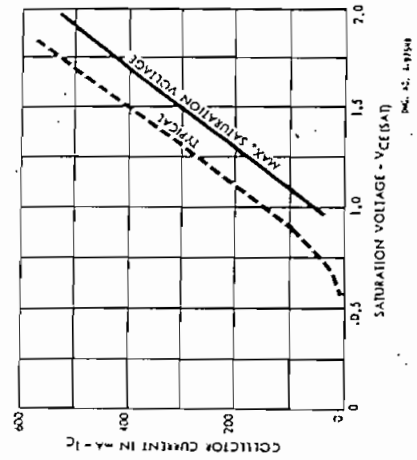
PEAK COLLECTOR CURRENT
AS A FUNCTION OF DUTY CYCLE



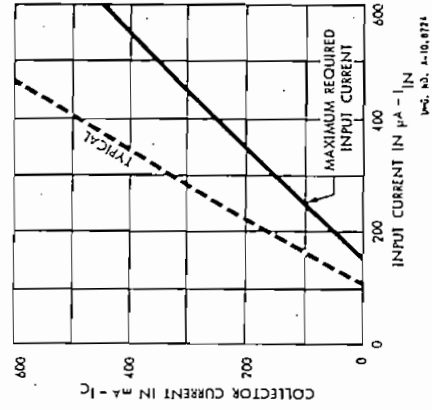
INPUT CURRENT
AS A FUNCTION OF INPUT VOLTAGE



COLLECTOR CURRENT
AS A FUNCTION OF SATURATION VOLTAGE

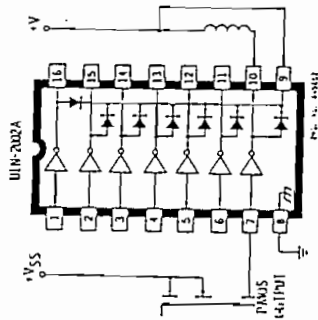


COLLECTOR CURRENT
AS A FUNCTION OF INPUT CURRENT

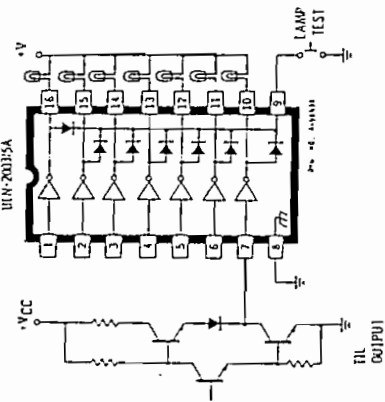


TYPICAL APPLICATIONS

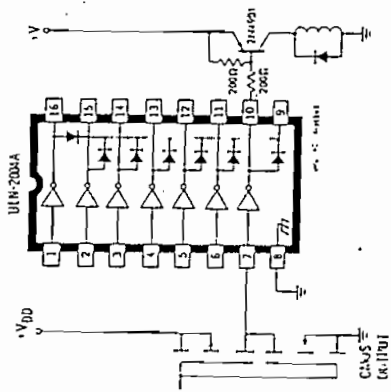
PMOS TO LOAD



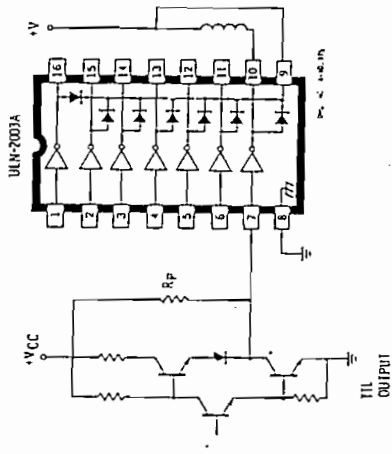
TTL TO LOAD



BUFFER FOR HIGH-CURRENT LOAD



USE OF PULL-UP RESISTORS TO INCREASE DRIVE CURRENT



SERIES ULN-2000L

HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS

These high-voltage, high-current Darlington arrays are comprised of seven silicon NPN Darlington pairs on a common monolithic substrate. All inputs have open-collector outputs and integral diodes for inductive load transient suppression.

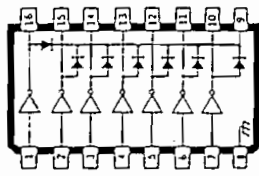
The output transistors are capable of sinking 500 mA and will sustain at least 50 V in the OFF state. Outputs may be paralleled for higher load-current capability. All devices are packaged in the SOIC package.

Output pins are opposite input pins to facilitate printed wiring board layout. The ICs are priced to compete directly with discrete transistor alternatives.

The ULN-2000L is a general-purpose array that can be used with standard bipolar digital logic using external current limiting, or directly with most PMOS or CMOS.

The ULN-2002L is designed for use with 14 V to 25 V PMOS devices. Each input has a Zener diode and resistor in series to limit the input current to a safe value in that application. The Zener diode also gives these devices excellent noise immunity.

The ULN-2003L has a 2.7 kΩ series base resistor for each Darlington pair, allowing operation directly with TTL or CMOS operating at a supply voltage of 5 V. These devices will handle numerous inter-



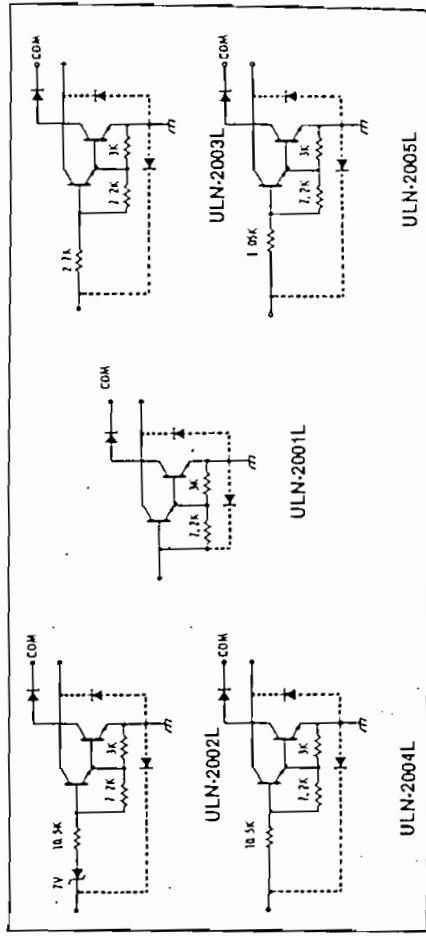
SOIC PACKAGE

face needs—particularly those beyond the capabilities of standard logic buffers.

The ULN-2004L has a 10.5 kΩ series input resistor that permits operation directly from CMOS or PMOS outputs utilizing supply voltages of 6 to 15 V. The required input current is below that of Series ULN-2003L, while the required input voltage is less than that required by Series ULN-2002L.

The ULN-2005L is designed for use with standard TTL and Schottky TTL, with which higher output currents are required and loading of the logic output is not a concern. These devices will sink a minimum of 350 mA when driven from a "totem pole" logic output.

PARTIAL SCHEMATICS



SERIES UDN-2980A HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT SOURCE DRIVERS

FEATURES

- TTL, DTL, PMOS, or CMOS Compatible Inputs
- 500 mA Output Source Current Capability
- Transient-Protected Outputs
- Output Breakdown Voltage to 80 V

RECOMMENDED for applications requiring separate logic and load grounds, load supply voltage to +80 V, and load currents to 500 mA, Series UDN-2980A source drivers are used as interfaces between standard low-power digital logic and relays, solenoids, stepping motors, and LEDs.

Under normal operating conditions, these devices will sustain 120 mA continuously for each of the eight outputs at an ambient temperature of +50°C and a supply of +15 V. All devices in this series incorporate input current limiting resistors and output transient suppression diodes.

Type UDN-2981A and UDN-2983A drivers are for use with +5 V logic systems — TTL, Schottky TTL, DTL, and 5 V CMOS. Type UDN-2982A and UDN-2984A drivers are intended for MOS interface (PMOS and CMOS) operating from supply voltages derived from supply voltages.

of 6 to 16 V. Types UDN-2981A and UDN-2982A will withstand a maximum output off voltage of +50 V, while Types UDN-2983A and UDN-2984A will withstand an output voltage of +80 V. In all cases, the output is switched ON by an active high input level.

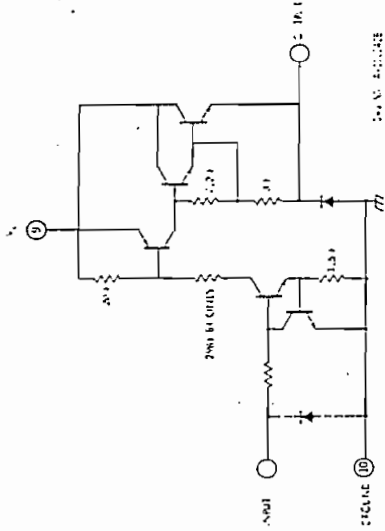
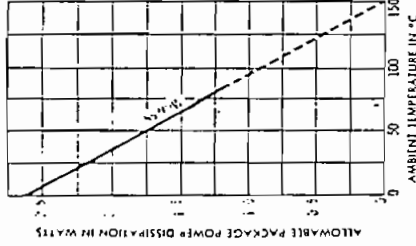
Series UDN-2980A high-voltage, high-current source drivers are supplied in 18-lead dual in-line packages. On special order, hermetically-sealed versions of these devices (with reduced package power dissipation capability) can also be furnished.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS at 25°C Free-Air Temperature

Output Voltage Range, V_o (UDN-2981A & UDN-2982A) (UDN-2983A & UDN-2984A) +5 V to +50 V
Input Voltage, V_i (UDN-2981A & UDN-2983A) (UDN-2982A & UDN-2984A) +15 V
Output Current, I_{out} (any one driver) +30 V
Power Dissipation, P_d (total package) -500 mA
Operating Temperature Range, T_o 1.1 W
Storage Temperature Range, T_s 2.2 W*
Operate at the rate of 18 mW/°C above +25°C. -20°C to +85°C
 -55°C to +150°C

ONE OF EIGHT DRIVERS

POWER DISSIPATION
AS A FUNCTION OF AMBIENT TEMPERATURE



ELECTRICAL CHARACTERISTICS at $T_a = +25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

Characteristic	Symbol	Applicable Devices	Test Conditions	Test Fig.	Min.	Typ.	Max.	Units
Output Leakage Current	I_{OL}	UDN-2981/82A UDN-2983/84A	$V_A = 0.4 V, V_i = 50 V, T_o = +70^\circ\text{C}$ $V_A = 0.4 V, V_i = 80 V, T_o = +70^\circ\text{C}$	1	—	—	200	μA
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(sat)}$	All	$V_A = 2.4 V, I_o = -100 \text{ mA}$ $V_A = 2.4 V, I_o = -225 \text{ mA}$ $V_A = 2.4 V, I_o = -350 \text{ mA}$	2	—	1.6	1.8	V
Input Current	I_{in}	UDN-2981/83A UDN-2982/84A	$V_A = 2.4 V$ $V_A = 3.85 V$ $V_A = 2.4 V$ $V_A = 12 V$	3	—	1.8	2.0	V
Output Source Current	I_{out}	UDN-2981/83A UDN-2982/84A	$V_A = 2.4 V, V_o = 2.0 V$ $V_A = 2.4 V, V_o = 2.0 V$	2	—	—	—	mA
Supply Current (Outputs Open)	I_s	UDN-2981/82A UDN-2983/84A	$V_A = 2.4 V, V_i = 50 V$ $V_A = 2.4 V, V_i = 80 V$	4	—	—	10	mA
Clamp Diode Leakage Current	I_k	UDN-2981/82A UDN-2983/84A	$V_A = 50 V, V_o = 0.4 V^*$ $V_A = 80 V, V_o = 0.4 V^*$	5	—	—	50	μA
Clamp Diode Forward Voltage	V_f	All	$I_f = 350 \text{ mA}$	6	—	1.5	2.0	V
Turn-On Delay	t_{on}	All	$0.5 E_{on}$ to $0.5 E_{off}, R_L = 100\Omega$, $V_i = 35 V$	—	—	1.0	2.0	μs
Turn-Off Delay	t_{off}	All	$0.5 E_{on}$ to $0.5 E_{off}, R_L = 100\Omega$, $V_i = 35 V$	—	—	5.0	10	μs

*All Inputs Simultaneously

TEST FIGURES

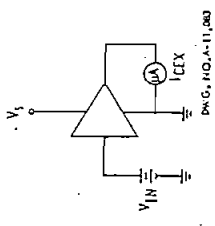


Figure 1

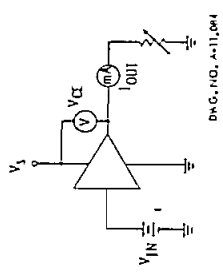


Figure 2

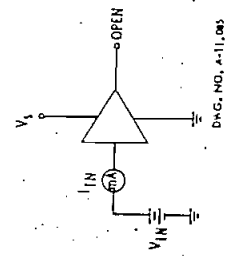


Figure 3

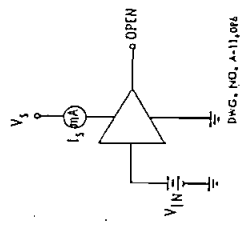


Figure 4

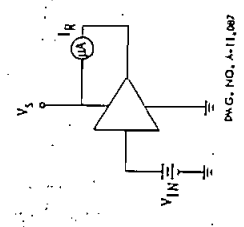


Figure 5

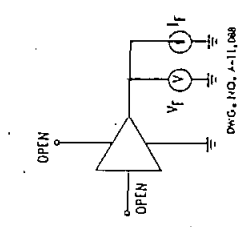
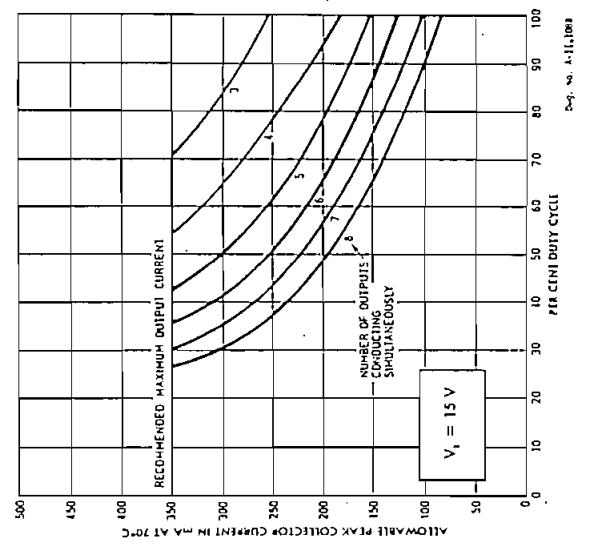
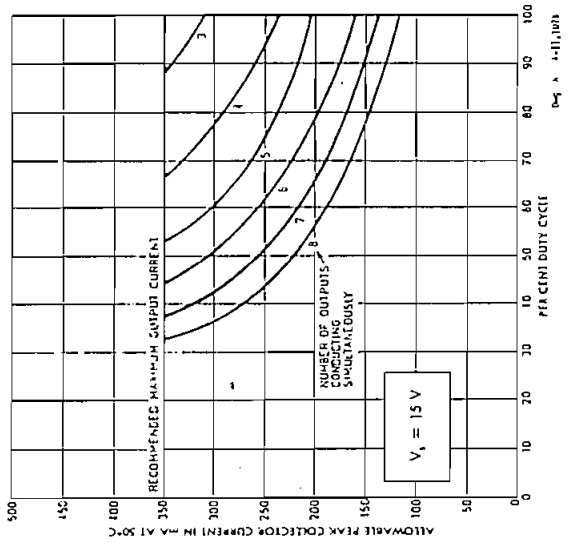
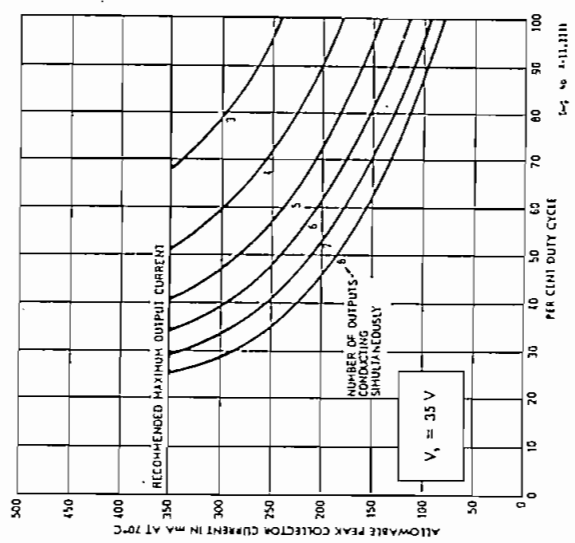
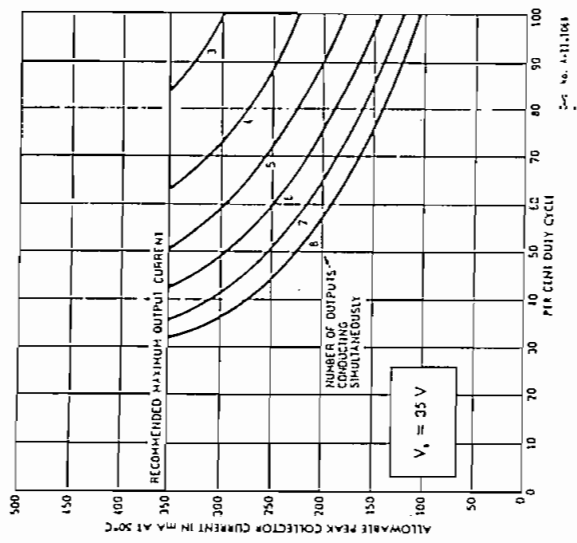


Figure 6

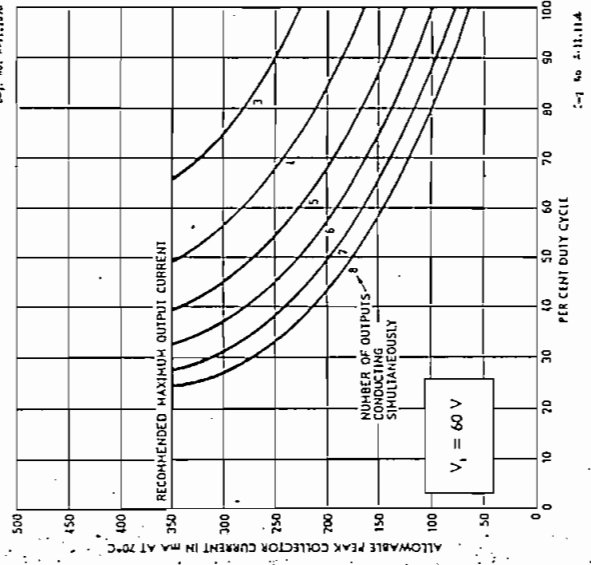
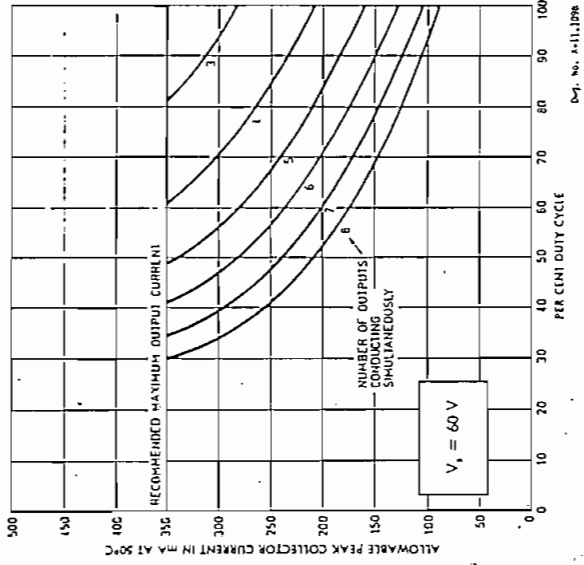
ALLOWABLE PEAK COLLECTOR CURRENT
AS A FUNCTION OF DUTY CYCLE
TYPE UDN-2981A82A



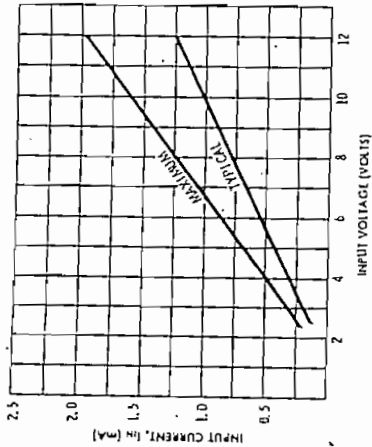
ALLOWABLE PEAK COLLECTOR CURRENT
AS A FUNCTION OF DUTY CYCLE
SERIES UDN-2980A



ALLOWABLE PEAK COLLECTOR CURRENT
AS A FUNCTION OF DUTY CYCLE
TYPES UDN-2983A B1A

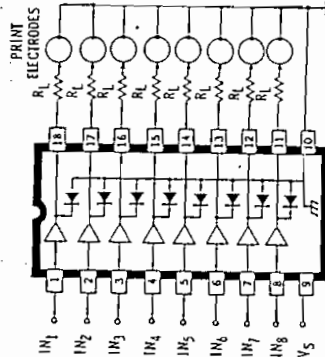


INPUT CURRENT
AS A FUNCTION OF INPUT VOLTAGE



Dwg No A-11,115B

TYPICAL ELECTROSENSITIVE PRINTER APPLICATION



Dwg No A-11,115A

TYPICAL VALUES: $V_5 = 50\text{ V}$
 $I_{out} = 200\text{--}300\text{ mA}$

UDN-2985A AND UDN-2986A
8-CHANNEL SOURCE DRIVERS

FEATURES

- TTL, DTL, PMOS, or CMOS Compatible Inputs
- 250 mA Output Source Current Capability
- Output Transient-Suppression Diodes
- 30 V Minimum Output Breakdown Voltage
- Low Output-Saturation Voltage

Recommended for applications requiring separate logic and load grounds, load supply voltages to 30 V, and load currents to 250 mA, the UDN-2985A and UDN-2986A source drivers are used as interface between standard low-power digital logic and LEDs, relays and solenoids. The outputs feature saturated transistors for low collector-emitter saturation voltages.

The UDN-2985A driver is for use with 5 V logic systems—TTL, Schottky TTL, DTL, and CMOS. The UDN-2986A is intended for MOS interface (PMOS and CMOS) operating from supply voltages of 6 to 16 V. Both devices have a minimum output breakdown rating of 30 V with a minimum output sustaining voltage of 15 V. In all cases, the output is switched ON by an active high input level.

Under normal operating conditions, these devices can source up to 120 mA for each of the eight outputs at an ambient temperature of 75°C and a supply voltage of 15 V. Both devices incorporate input current-limiting resistors and output transient suppression diodes.

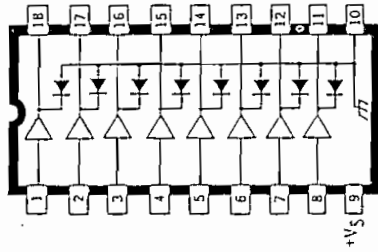
The UDN-2985A and UDN-2986A source drivers are supplied in 18-lead dual in-line packages. All inputs are on one side of the package, output pins on the other, to simplify printed wiring board layout.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

at $T_A = 25^\circ\text{C}$

Driver Supply Voltage, V_5	30 V
Continuous Output Current, I_{out}	250 mA
Input Voltage, V_{in}	20 V
Package Power Dissipation, P_D	2.2 W*
Operating Temperature Range, T_A	-20°C to +85°C
Storage Temperature Range, T_S	-55°C to +150°C

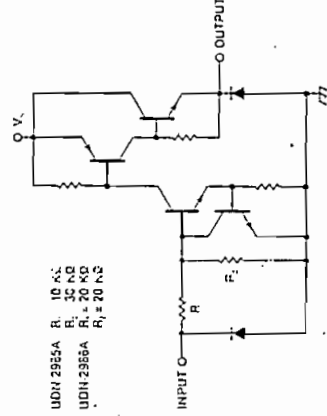
*Dwell at the rate of 18 mW/°C above $I_A = 25^\circ\text{C}$



Dwg No A-10,243

PARTIAL SCHEMATIC DIAGRAM

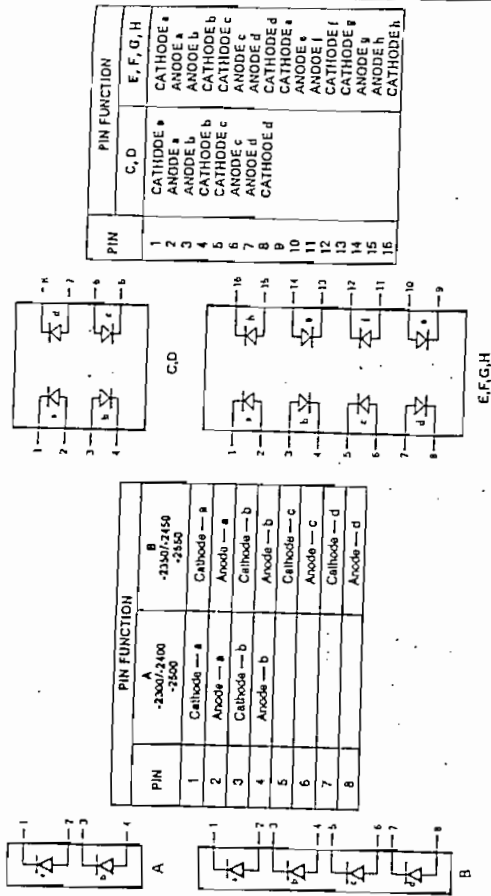
1 of 8 Drivers



UDN-2985A $R_1 = 10\text{ k}\Omega$
 $R_E = 35\text{ }\Omega$
 $R_C = 20\text{ k}\Omega$
UDN-2986A $R_1 = 20\text{ k}\Omega$
 $R_E = 20\text{ }\Omega$

Dwg No 05-1013

Internal Circuit Diagrams



Electrical/Optical Characteristics at $T_A = 25^\circ\text{C}$

High Efficiency Red HLMP-2300/-2600 Series

Parameter	HLMP-	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
Luminous Intensity ⁽⁴⁾ Per Light Emitting Area	2300	I_V	6	23	mcd	20 mA DC	
	2350	I_V	13	45	mcd	60 mA Pk; 1 of 3 DF	
	2600	I_V	6	22	mcd	20 mA DC	
	2620	I_V	6	25	mcd	60 mA Pk; 1 of 3 DF	
	2650	I_V	13	45	mcd	60 mA Pk; 1 of 3 DF	
	2655	I_V	13	43	mcd	20 mA DC	
	2670	I_V	13	45	mcd	60 mA Pk; 1 of 3 DF	
	2685	I_V	22	80	mcd	60 mA Pk; 1 of 3 DF	
	2695	I_V	22	82	mcd	20 mA DC	
	2700	I_V	22	80	mcd	60 mA Pk; 1 of 3 DF	
	2705	I_V	22	82	mcd	20 mA DC	
	2710	I_V	22	80	mcd	60 mA Pk; 1 of 3 DF	
Peak Wavelength		λ_{peak}	635	nm			
Dominant Wavelength ⁽⁵⁾		λ_d	626	nm			
Forward Voltage Per LED		V_F	2.0	2.6	V	$I_F = 20 \text{ mA}$	
Reverse Breakdown Voltage Per LED		V_{BR}	6	15	V	$I_R = 100 \mu\text{A}$	
Thermal Resistance LED Junction-to-Pin		$R_{\theta j-PIN}$	150	°C/W	Chip		

Yellow HLMP-2400/-2700 Series

Parameter	HLMP-	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
Luminous Intensity ⁽⁴⁾ Per Light Emitting Area	2400	I_V	6	20	mcd	20 mA DC	
	2450	I_V	13	38	mcd	60 mA Pk; 1 of 3 DF	
	2700	I_V	6	18	mcd	20 mA DC	
	2720	I_V	6	18	mcd	60 mA Pk; 1 of 3 DF	
	2735	I_V	13	35	mcd	20 mA DC	
	2755	I_V	13	35	mcd	60 mA Pk; 1 of 3 DF	
	2770	I_V	13	35	mcd	20 mA DC	
	2785	I_V	26	70	mcd	60 mA Pk; 1 of 3 DF	
	Peak Wavelength		λ_{peak}	580	nm		
	Dominant Wavelength ⁽⁵⁾		λ_d	585	nm		
	Forward Voltage Per LED		V_F	2.1	2.6	V	$I_F = 20 \text{ mA}$
	Reverse Breakdown Voltage Per LED		V_{BR}	6	15	V	$I_R = 100 \mu\text{A}$
Thermal Resistance LED Junction-to-Pin		$R_{\theta j-PIN}$	150	°C/W	Chip		

High Performance Green HLMP-2500/-2800 Series

Parameter	HLMP-	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
Luminous Intensity ⁽⁴⁾ Per Light Emitting Area	2500	I_V	6	25	mcd	20 mA DC	
	2550	I_V	11	50	mcd	60 mA Pk; 1 of 3 DF	
	2800	I_V	5	25	mcd	20 mA DC	
	2820	I_V	5	28	mcd	60 mA Pk; 1 of 3 DF	
	2835	I_V	11	50	mcd	20 mA DC	
	2855	I_V	11	50	mcd	60 mA Pk; 1 of 3 DF	
	2870	I_V	11	50	mcd	20 mA DC	
	2885	I_V	22	100	mcd	60 mA Pk; 1 of 3 DF	
	2895	I_V	22	100	mcd	20 mA DC	
	2910	I_V	22	100	mcd	60 mA Pk; 1 of 3 DF	
	2920	I_V	22	100	mcd	20 mA DC	
	2930	I_V	22	100	mcd	60 mA Pk; 1 of 3 DF	
Peak Wavelength		λ_{peak}	565	nm			
Dominant Wavelength ⁽⁵⁾		λ_d	572	nm			
Forward Voltage Per LED		V_F	2.2	2.6	V	$I_F = 20 \text{ mA}$	
Reverse Breakdown Voltage Per LED		V_{BR}	6	15	V	$I_R = 100 \mu\text{A}$	
Thermal Resistance LED Junction-to-Pin		$R_{\theta j-PIN}$	160	°C/W	Chip		

Notes:
 4. These devices are categorized for luminous intensity with the intensity category designated by a letter code on the side of the package.
 5. The dominant wavelength, λ_d , is derived from the CIE chromaticity diagram and is that single wavelength which defines the color of the device. Yellow and green devices are categorized for dominant wavelength with the color bin designated by a number code on the side of the package.

Electrical

The HLMIP-2300/-2400/-2500/-2600/-2700/-2800 series of light bar devices are composed of two, four or eight light emitting diodes, with the light from each LED optically scattered to form an evenly illuminated light emitting surface. The LEDs have a P-N junction diffused into the apical layer on a GaP transparent substrate.

The anode and cathode of each LED is brought out by separate pins. This universal pinout arrangement allows for the wiring of the LED's within a device in any of three possible configurations: parallel, series, or series/parallel.

The typical forward voltage values, scaled from Figure 5, should be used for calculating the current limiting resistor values and typical power dissipation. Expected maximum VF values for the purpose of driver circuit design and maximum power dissipation may be calculated using the following VF models:

$$VF = 1.8V + I_{PEAK} (401I)$$

$$VF = 1.6V + I_{DC} (501I)$$

For $I_{PEAK} \geq 20mA$
 For $5mA \leq I_{DC} \leq 20mA$

The maximum power dissipation can be calculated for any pulsed or DC drive condition. For DC operation, the maximum power dissipation is the product of the maximum forward voltage and the maximum forward current. For pulsed operation, the maximum power dissipation is the product of the maximum forward voltage at the peak forward current times the maximum average forward current. Maximum allowable power dissipation for any given ambient temperature and thermal resistance ($R_{\theta J-A}$) can be determined by using Figure 2. The solid line in Figure 2 ($R_{\theta J-A}$ of 538°C/W) represents a typical thermal resistance of a device socketed to a printed circuit board. The dashed lines represent achievable thermal resistances that can be obtained through improved thermal design. Once the maximum allowable power dissipation is determined, the maximum pulsed or DC forward current can be calculated.

Optical

The radiation pattern for these light bar devices is approximately Lambertian. The luminous sterance may be calculated using one of the two following formulas:

$$L_v (cd/m^2) = \frac{I_v (cd)}{A (m^2)}$$

$$L_v (footcandle) = \frac{\pi I_v (cd)}{A (ft^2)}$$

Size of Light Emitting Area	Surface Area	
	Sq. Metres	Sq. Feet
8.89 mm x 8.89 mm	67.74×10^{-6}	729.16×10^{-4}
8.89 mm x 3.81 mm	33.87×10^{-6}	364.58×10^{-4}
6.89 mm x 19.05 mm	135.48×10^{-6}	1458.32×10^{-4}
3.81 mm x 19.05 mm	72.58×10^{-6}	781.25×10^{-4}

Refresh rates of 1 kHz or faster provides the most efficient operation resulting in the maximum possible time average luminous intensity.

The time average luminous intensity may be calculated using the relative efficiency characteristics of Figure 4, η_{PEAK} , and adjusted for operating ambient temperature. The time average luminous intensity at $T_A = 25^\circ C$ is calculated as follows:

$$I_v \text{ TIME AVG} = \left[\frac{I_{AVG}}{20mA} \right] \eta_{PEAK} I_v \text{ Data Sheet}$$

Example: For HLMIP-2735 series

$$\eta_{PEAK} = 1.18 \text{ at } I_{PEAK} = 48 \text{ mA}$$

$$I_v \text{ TIME AVG} = \left[\frac{12mA}{20mA} \right] (1.18) (35 \text{ mcd}) = 25 \text{ mcd}$$

The time average luminous intensity may be adjusted for operating ambient temperature by the following exponential equation:

$$I_v (T_A) = I_v (25^\circ C) e^{(K \cdot T_A - 25^\circ C)}$$

Device	K
-2300/-2600 Series	-0.0131/°C
-2400/-2700 Series	-0.0112/°C
-2500/-2800 Series	-0.0104/°C

Example: $I_v (180^\circ C) = 125 \text{ mcd} e^{(0.0112 \cdot 180 - 25)} = 14 \text{ mcd}$

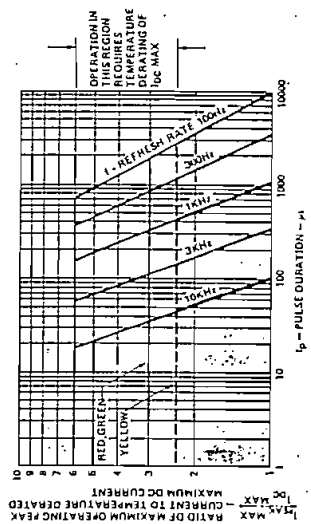


Figure 3. Maximum Allowable DC Current per LED vs. Ambient Temperature. Deratings Based on Maximum Allowable Thermal Resistance Values, LED Junction-to-Ambient on a per LED Basis, Tj MAX = 100° C.

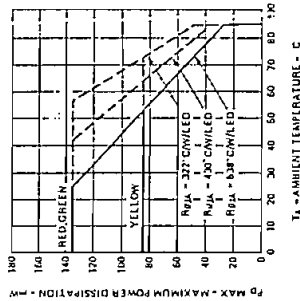


Figure 2. Maximum Allowable Power Dissipation per LED vs. Ambient Temperature Deratings Based on Maximum Allowable Thermal Resistance Values, LED Junction to Ambient on a per LED Basis, Tj MAX = 100° C.

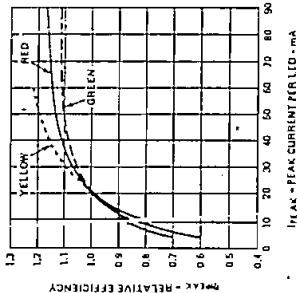


Figure 4. Relative Efficiency (Luminous Intensity per Unit Current) vs. Peak LED Current.

Mechanical

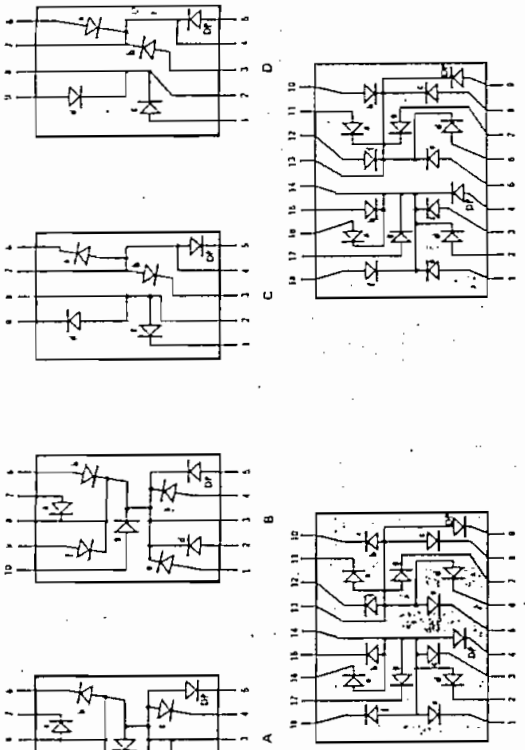
These light bar devices may be operated in ambient temperatures above 160°C without derating when installed in a PC board configuration that provides a thermal resistance to ambient value less than 250°C/W. See Figure 3 to determine the maximum allowed thermal resistance for the PC board, RθPC-A, which will permit nonderated operation in a given ambient temperature.

To optimize device optical performance, specially developed plastics are used which restrict the solvents that may be used for cleaning. It is recommended that only Ethanol, Isopropanol or water with a mild detergent.

mixtures of Freon F113 and alcohol be used for vapor cleaning processes with an immersion time in the vapors of less than two (2) minutes maximum. Some suggested vapor cleaning solvents are Freon TE, Genisolv DI-15 or DE-15, Aklone A or K, A 60°C, 140°F, water cleaning process may also be used, which includes a neutralizer rinse 3% ammonia solution or equivalent, a surfactant rinse 1% detergent solution or equivalent, a hot water rinse and a thorough air dry. Room temperature cleaning may be accomplished with Freon T-E35 or T-P35. Ethanol, Isopropanol or water with a mild detergent.

Figure 3. Maximum Allowed Peak Current vs. Pulse Duration.

Internal Circuit Diagram



Absolute Maximum Ratings

	-5301 Series	-5501 Series	-5601 Series	-5701 Series
Average Power per Segment or DP	80 mW	105 mW	105 mW	80 mW
Peak Forward Current per Segment or DP	150 mA	90 mA	90 mA	60 mA
DC Forward Current per Segment or DP	25 mA	30 mA	30 mA	20 mA
Operating Temperature Range	-40°C to +100°C	-40°C to +100°C	-40°C to +100°C	-40°C to +100°C
Storage Temperature Range	-55°C to +100°C	-55°C to +100°C	-55°C to +100°C	-55°C to +100°C
Reverse Voltage per Segment or DP	3.0V	3.0V	3.0V	3.0V
Lead Solder Temperature	260°C for 3 sec.	260°C for 3 sec.	260°C for 3 sec.	260°C for 3 sec.

Notes:
 1. See Figure 1 to establish pulsed operating conditions.
 2. See Figure 6 to establish pulsed operating conditions. HDSP-5301.
 3. See Figure 7 to establish pulsed operating conditions. HDSP-5601.
 4. See Figure 8 to establish pulsed operating conditions.

Electrical/Optical Characteristics at TA = 25°C

Parameter	Symbol	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
Luminous Intensity/Segment (Digit Average)	I_v	$I_f = 20 \text{ mA}$ 100 mA Peak 1 of 5 Duty Factor	800	1300	1400	μcd
Peak Wavelength	λ_{PEAK}			655		nm
Dominant Wavelength (1)	λ_d			640		nm
Forward Voltage/Segment or DP (1)	V_f	$I_f = 20 \text{ mA}$		1.6	2.0	V
Reverse Voltage/Segment or DP (1)	V_r	$I_r = 100 \mu\text{A}$		3	12	V
Thermal Resistance LED Junction-to-Pin	$R_{\theta\text{J-PIN}}$			345		$^{\circ}\text{C/W}$

Notes:
 10. The digits are categorized for luminous intensity with category designated by a letter located on the right hand side of the package. The luminous intensity minimum and categories are determined by computing the numerical average of the individual segment intensities. decimal point not included.
 11. The dominant wavelength, λ_d , is derived from the C.I.E. Chromaticity Diagram and is that single wavelength which defines the color of the device.
 12. Quality level for Electrical Characteristics is 10000 parts per million.

HDSP-5301 SERIES

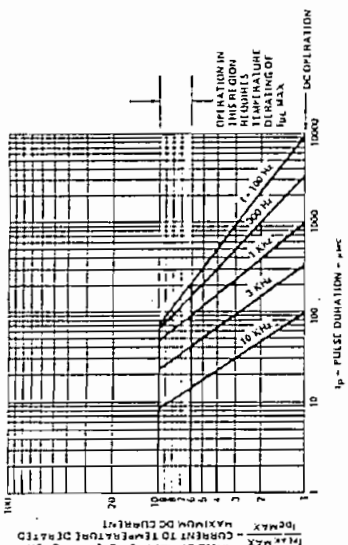


Figure 1. Maximum Tolerable Peak Current vs. Pulse Duration.

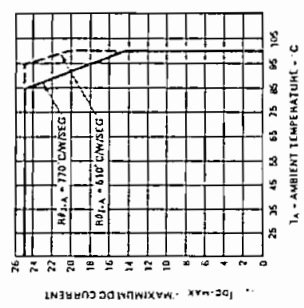


Figure 2. Maximum Allowable Average Forward Current Per Segment vs. Ambient Temperature. HDSP-5301 Series.

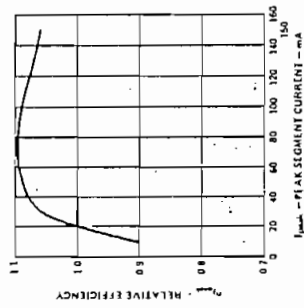


Figure 3. Relative Efficiency (Luminous Intensity per Unit Current) vs. Peak Segment Current.

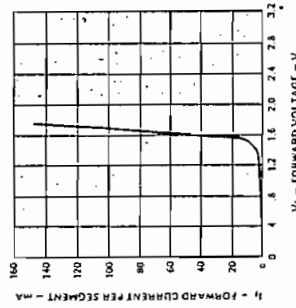


Figure 4. Forward Current vs. Forward Voltage.

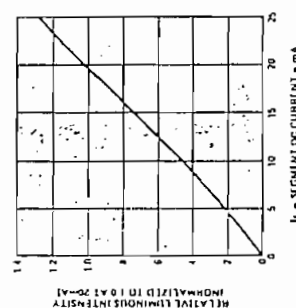


Figure 5. Relative Luminous Intensity vs. D.C. Forward Current.

For a Detailed Explanation of the Use of Data Sheet Information and Recommended Soldering Procedures, See Application Note 1005.

HIGH EFFICIENCY RED HDSP-5501 SERIES

Parameter	Symbol	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
Luminous Intensity/Segment ⁽¹³⁾ (Digit Average)	I_v	10 mA DC 60 mA Peak; 1 of 6 Duty Factor	900	2850		μ cd
Peak Wavelength	λ_{PEAK}			635		nm
Dominant Wavelength ⁽¹⁴⁾	λ_d			626		nm
Forward Voltage/Segment or DP ⁽¹⁶⁾	V_f	$I_f = 20$ mA	2.1	2.5		V
Reverse Voltage/Segment or DP ⁽¹⁷⁾	V_R	$I_R = 100$ μ A	3	30		V
Thermal Resistance LED Junction-to-Pin	$R_{\theta J-PIN}$			345		$^{\circ}$ C/W Seg.

HIGH PERFORMANCE GREEN HDSP-5601 SERIES

Parameter	Symbol	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
Luminous Intensity/Segment ⁽¹³⁾ (Digit Average)	I_v	10 mA DC 60 mA Peak; 1 of 6 Duty Factor	900	2500		μ cd
Peak Wavelength	λ_{PEAK}			566		nm
Dominant Wavelength ⁽¹⁴⁾	λ_d			571	577	nm
Forward Voltage/Segment or DP ⁽¹⁶⁾	V_f	$I_f = 10$ mA	2.1	2.5		V
Reverse Voltage/Segment or DP ⁽¹⁷⁾	V_R	$I_R = 100$ μ A	3	50		V
Thermal Resistance LED Junction-to-Pin	$R_{\theta J-PIN}$			345		$^{\circ}$ C/W Seg.

YELLOW HDSP-5701 SERIES

Parameter	Symbol	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
Luminous Intensity/Segment ⁽¹³⁾ (Digit Average)	I_v	10 mA DC 60 mA Peak; 1 of 6 Duty Factor	600	1800		μ cd
Peak Wavelength	λ_{PEAK}			583		nm
Dominant Wavelength ⁽¹⁴⁾	λ_d			581.5	586	nm
Forward Voltage/Segment or DP ⁽¹⁶⁾	V_f	$I_f = 20$ mA	2.2	2.5		V
Reverse Voltage/Segment or DP ⁽¹⁷⁾	V_R	$I_R = 100$ μ A	3	40		V
Thermal Resistance LED Junction-to-Pin	$R_{\theta J-PIN}$			345		$^{\circ}$ C/W Seg.

Notes:

- The digits are categorized for luminous intensity with category designated by a letter, located on top of the package. The luminous intensity minimum and categories are determined by computing the numerical average of the individual segment intensities, decimal point not included.
- The dominant wavelength, λ_d , is derived from the C.I.E. Chromaticity Diagram and is that single wavelength which defines the color of the device.
- The HDSP-5601 and HDSP-5701 series displays are categorized as to dominant wavelength with the category designated by a number adjacent to the intensity category letter.
- Quality level for Electrical Characteristics is 1000 parts per million.
- Typical specification for reference only. Do not exceed absolute maximum ratings.

HDSP-5501/5601/5701 SERIES

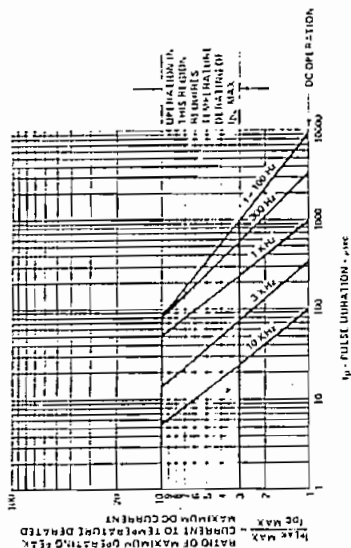


Figure 6. Maximum Tolerable peak Current vs. Pulse Duration — HDSP-5501 Series.

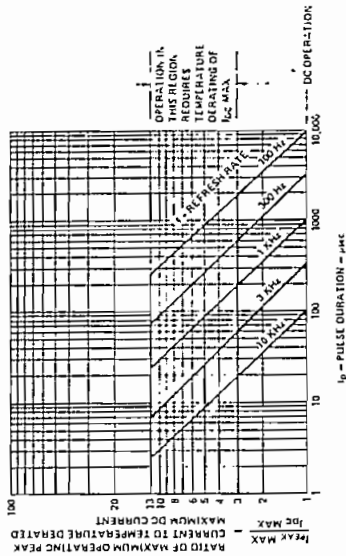


Figure 7. Maximum Tolerable peak Current vs. Pulse Duration — HDSP-5601 Series.

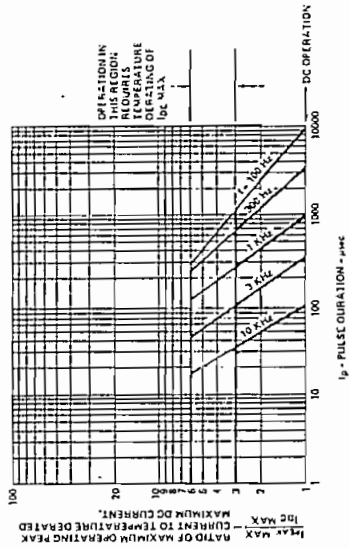


Figure 8. Maximum Tolerable peak Current vs. Pulse Duration — HDSP-5701 Series.

HDSP-5501/-5601/-5701 SERIES

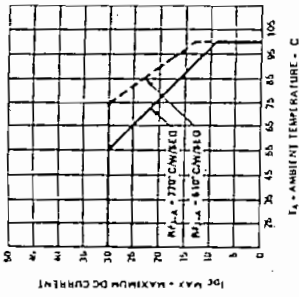


Figure 9. Maximum Allowable Average Current per Segment vs. Ambient Temperature.
— HDSP-5501 Series.

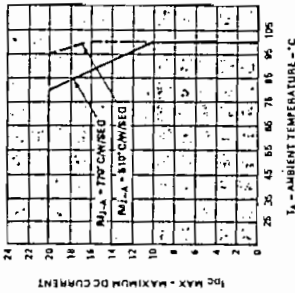


Figure 10. Maximum Allowable Average Current per Segment vs. Ambient Temperature.
— HDSP-5601 Series.

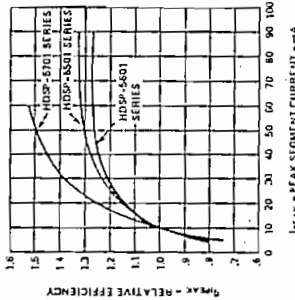


Figure 11. Maximum Allowable Average Current per Segment vs. Ambient Temperature.
— HDSP-5701 Series.

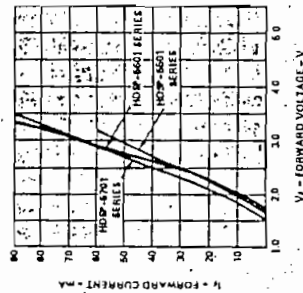


Figure 12. Relative Efficiency (Luminous Intensity per Unit Current) vs. Peak Segment Current.

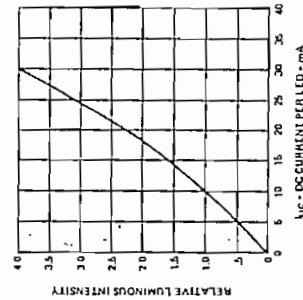


Figure 13. Forward Current vs. Forward Voltage Characteristics.

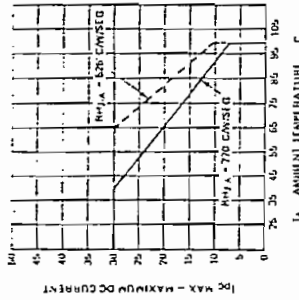


Figure 14. Relative Luminous Intensity vs. DC Forward Current. — HDSP-5501/-5601/-5701

Electrical

The HDSP-5501, -5601, -5701 series of display devices are composed of light emitting diodes, with the light from each LED optically stretched to form individual segments and decimal points. The -5501 series uses a p-n junction and diffusion into a GaAsP epitaxial layer on a GaAs substrate. The -5601 and -5701 series have their p-n junctions diffused into a GaAsP epitaxial layer on a GaP substrate. The -5601 series use a GaP epitaxial layer on GaP.

These display devices are designed for strobed operation. The typical forward voltage values, scaled from Figure 4 or 13, should be used for calculating the current limiting resistor value and typical power dissipation. Expected maximum V_f values, for the purpose of driver circuit design and maximum power dissipation, may be calculated using the following V_f MAX models:

HDSP-5301 Series:
 $V_f \text{ MAX} = 1.55V + I_{\text{PEAK}}(71)$
 For: $I_{\text{PEAK}} \geq 5 \text{ mA}$

HDSP-5501/-5701 Series:
 $V_f \text{ MAX} = 1.75V + I_{\text{PEAK}}(381)$
 For: $I_{\text{PEAK}} \geq 20 \text{ mA}$
 $V_f \text{ MAX} = 1.5V + I_{\text{DC}}(451)$
 For: $5 \text{ mA} \leq I_{\text{DC}} \leq 20 \text{ mA}$

HDSP-5601 Series:
 $V_f \text{ MAX} = 2.0V + I_{\text{PEAK}}(501)$
 For: $I_{\text{PEAK}} \geq 5 \text{ mA}$

Contrast Enhancement

The objective of contrast enhancement is to provide good display readability in the end use ambient light. The concept is to employ both luminance and chrominance contrast techniques to enhance readability by having the OFF-segments blend into the display background and the ON-segments stand out vividly against this same background. Therefore, these display devices are assembled with a gray package and matching encapsulating epoxy in the segments.

Contrast enhancement may be achieved by using one of the following suggested fillers:

- HDSP-5301: Panelgraphic RUBY RED 60
- SGL Homalite H100-1605 RED
- 3M Louvered Filler R6610 RED or N0210 GRAY

Mechanical

To optimize device critical performance specially developed plastics are used which restrict the segments that may be used for cleaning. It is recommended that only mixtures of Freon F113 and alcohol be used for vapor cleaning processes, with an immersion time in the vapors of less than two (2) minutes maximum. Some suggested vapor cleaning solvents are Freon TE Genesolve D1-15 or DE-15, Aklone A or K, A 60°C 140°F water cleaning process may also be used, which includes a neutralizer rinse. 3% ammonia solution or equivalent, a surfactant rinse, 1% detergent solution or equivalent, a hot water rinse and a thorough air dry. Room temperature cleaning may be accomplished with Freon T-635 or T-635 Ethanol, Isopropanol or water with a mild detergent.

Such cleaning agents from the ketone family (acetone, methyl ethyl ketone, etc. and from the chlorinated hydrocarbon family: methylene chloride, trichloroethylene, carbon tetrachloride, etc. are not recommended for cleaning LED parts. All of these various solvents attack or dissolve the encapsulating epoxies used to form the packages of plastic LED devices.

HDSP-5301 Panelgraphic SCARLETT ILED 65 or GRAY 10
 SGL Homalite H100-1670 RED or -1266 GRAY
 3M Louvered Filler R6610 RED or N0210 GRAY

HDSP-5601 Panelgraphic GREEN 48
 SGL Homalite H100-1440 GREEN
 3M Louvered Filler G5610 GREEN or N0210 GRAY

HDSP-5701 Panelgraphic YELLOW 27 or GRAY 10
 SGL Homalite H100-1720 AMBER or -1266 GRAY
 3M Louvered Filler A5910 AMBER or N0210 GRAY

ANEXO D

MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

ANEXO D

MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

Manual de uso del taxímetro.

Al conectar por primera vez el taxímetro aparece en pantalla las 12 horas 00 minutos. Con la TECLA 1 se iguala horas, con la TECLA 2 se iguala minutos y con la TECLA 3 entra al programa principal, prendiéndose el indicador luminoso de reloj. Una vez igualado el reloj no es posible volver a igualarlo mientras se mantenga la polarización del equipo.

Pulsando la TECLA 3 se ingresa al estado "LIBRE", apareciendo en pantalla la palabra LIBRE. En este momento está listo para iniciar una carrera. Cuando el taxímetro está en el estado "LIBRE" la TECLA 3 permite visualizar el "reloj" y la misma tecla sirve para volver al estado LIBRE.

Estando en LIBRE, pulsando la TECLA 1 o la TECLA 2 se inicia una carrera, sea esta con tarifa 1 o con tarifa 2 prendiéndose el indicador T1 o T2 respectivamente. Al finalizar la carrera se pulsa la TECLA 1 encendiéndose el indicador con el mensaje TOTAL; pulsando nuevamente la TECLA 1 se regresa al estado LIBRE, apagando todos los indicadores, con lo que el taxímetro está listo para iniciar otra carrera.

Si durante una carrera se pulsa la TECLA 3 se ingresa en

"reloj", prendiéndose el indicador de reloj y se observa que se mantienen encendidos los indicadores luminosos de T1 o T2; el taxímetro sin embargo, sigue contabilizando la carrera. Pulsando nuevamente la TECLA 3 vuelve al estado en que se encuentre la carrera.

Al finalizar una carrera, la TECLA 1 permite detener la cuenta del taxímetro indicando el valor a pagar con el mensaje TOTAL. En este momento se puede ingresar a la opción de adición de extras con la TECLA 3; al hacerlo en pantalla aparece la cantidad correspondiente a un extra y se apaga el mensaje TOTAL; a cada nueva nueva pulsación de la TECLA 3 la cantidad mostrada se incrementará en el valor correspondiente a un extra hasta un máximo de extras permitidos. Pulsando en este momento la TECLA 1 se realiza la suma aritmética del valor de la carrera a pagar con la de los extras, mostrando en pantalla el valor de la suma y encendiéndose el mensaje TOTAL. Pulsando nuevamente la TECLA 1 se vuelve al estado LIBRE.

Si estando en LIBRE se ingresa al reloj, a partir de este estado se puede ingresar a visualizar las memorias pulsando la TECLA 2 cada vez que se desee ir a la siguiente memoria. Para salir de memorias se pulsa la TECLA 1, regresando al estado LIBRE.

Manual de uso para reprogramación de tarifas.

La reprogramación de tarifas se realiza con la ayuda del

paquete de software denominado TAXI el cual se ejecuta en un computador personal tipo IBM o en un compatible.

Para ingresar al programa se escribe la palabra taxi y se pulsa (enter) con lo que se ingresa al siguiente menú:

<p>ESCUELA POLITECNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA</p> <p>REPROGRAMACION DEL PROTOTIPO DE TAXIMETRO</p> <p>T E S I S D E G R A D O</p> <p>Rev. Febrero 1993 Marco Rodríguez R.</p>
--

(Presione cualquier tecla)

Al pulsar cualquier tecla se ingresa al menú principal, pulsando (enter) se puede ingresar a las diferentes opciones con las teclas de navegación siendo estas : TARIFA1, TARIFA2, EXTRAS y CONSTANTES; estando en cualquiera de estas opciones pulsando (enter) aparece un submenú. Por ejemplo, para la TARIFA1 se tiene la siguiente distribución:

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

Facultad de Ingeniería Eléctrica

TARIFA1

TARIFA2

EXTRAS

CONSTTS.

ARRANCADA
INCREMENTOS
MINUTO ESP.
KILOMETRO REC

Marco Rodriguez R

B.Ledesma G.

Ubicándose en las diferentes opciones del submenú, con las teclas de navegación y pulsando (enter), se puede ingresar los diferentes valores a ser programados.

Para TARIFA1 los valores a ingresar son: arrancada 1, incremento 1, minuto de espera 1 y costo del kilómetro recorrido 1.

Para TARIFA2 los valores a ingresar son: arrancada 2, incremento 2, minuto de espera 2 y costo del kilómetro recorrido 2.

Para EXTRAS los valores a ingresar son: valor del extra y número de extras.

Para CONSTANTES los valores a ingresar son: número de serie,

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

Facultad de Ingeniería Eléctrica

TARIFA1

TARIFA2

EXTRAS

CONSTTS.

ARRANCADA INCREMENTOS MINUTO ESP. KILOMETRO REC
--

Marco Rodriguez R

B.Ledesma G.

Ubicándose en las diferentes opciones del submenú, con las teclas de navegación y pulsando (enter), se puede ingresar los diferentes valores a ser programados.

Para TARIFA1 los valores a ingresar son: arrancada 1, incremento 1, minuto de espera 1 y costo del kilómetro recorrido 1.

Para TARIFA2 los valores a ingresar son: arrancada 2, incremento 2, minuto de espera 2 y costo del kilómetro recorrido 2.

Para EXTRAS los valores a ingresar son: valor del extra y número de extras.

Para CONSTANTES los valores a ingresar son: número de serie,

constante del automóvil y pregunta si los datos están correctos.

Si no se desea programar la TARIFA 2 o EXTRAS simplemente no se deben ingresar esos datos.

En la siguiente figura se muestra como están distribuidos los valores a ser ingresados:

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

Facultad de Ingeniería Eléctrica

TARIFA1	TARIFA2	EXTRAS	CONSTTS.
			NUMERO SERIE CONSTANTE DATOS OK?

Marco Rodriguez R

B.Ledesma G.

A1 ? I1 ? MIN1? KM1 ?	A2 ? I2 ? MIN2 ? KM2 ?	EXT ? NEX ?	Número de serie ? Constante auto ? TODO CORRECTO? (S/N)? N
--------------------------------	---------------------------------	----------------	--

Una vez ingresados los datos, se pregunta si todos los datos están correctos. Si la respuesta es afirmativa (S) se procesan estos datos generando un archivo ptax1.hex el cual debe ser grabado en la memoria EPROM interna del microcontrolador 8749H. Si los datos ingresados están incorrectos aparece un mensaje de error.

Mantenimiento

A continuación se muestra un conjunto de posibles fallas y la posible solución a las mismas.

FALLA	RECOMENDACION
Al conectarlo no se prende	revisar el fusible
	revisar que este bien polarizado
	polarización es > 7 VDC
	revisar diodos zener
Al conectarlo muestra en pantalla cualquier cosa y no 12 00	revisar que el μ C este bien conectado
	revisar el reset del μ C
	revisar los caminos de polarización negativa (tierra)
Se mantiene encendido dos o más segmentos que deberían estar apagados	revisar que no exista cortocircuito en el impreso
	revisar el ULN2003A
Se mantiene encendido o apagado dos o más displays que no deberían hacerlo	revisar que no exista cortocircuito en el impreso
	revisar el UDN2981A
En la memoria 7 al recorrer el auto no incrementa su valor	revisar si la cadena del velocímetro está conectada
	revisar el optoacoplador
	revisar el 74C14