

Diseño y desarrollo de un Taxímetro y una Impresora emisora de comprobantes de viaje

Ponente: **Francisco Javier Rodríguez García**

Carrera: Ingeniería Mecánica-Eléctrica

UNAM ENEP Aragón



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme abierto sus puertas y permitirme desarrollar mis capacidades intelectuales y humanas, por lo que siempre estaré en deuda con ella, y a quien espero no defraudar como profesional.

A la Escuela Nacional De Estudios Profesionales Aragón por haberme acogido en sus instalaciones, y a todos los profesores que contribuyeron a mi formación académica.

A mi abuela Isabel, a quien el tiempo ya no le alcanzó para ver este momento, pero que desde donde esté siempre cuidará de mí.

A mi mamá Lidia, por haberme dado la vida, por sus sacrificios para llegar hasta donde estoy, y por apoyarme siempre en todos los proyectos que he emprendido.

Al MI. Lauro Santiago Cruz por su paciencia y tiempo en el desarrollo de este trabajo, así como por haber confiado en mí, y también por todas las cosas académicas y humanas que de él he aprendido en todo el tiempo que tenemos de conocernos.

A mis tíos Octavio, Graciela y Roberto, por apoyarme siempre que los he necesitado.

A José Luis, Eduardo, Beto y Tania, por su amistad, y por tener las palabras correctas en el momento correcto.

A Ultimax Technological Systems por haber depositado su confianza en mí para el desarrollo de este proyecto, y por todas las facilidades otorgadas. Un agradecimiento especial al Lic. Rodolfo Farías.

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera han influido en este momento.

A todos ellos *GRACIAS*

Índice

Agradecimientos	II
Índice	III
Capítulo 1 Introducción	1
1.1. Ultimax Technological Systems, S.A. de C.V.	1
1.2. La necesidad de un taxímetro inteligente	2
1.2.1. Antecedentes	2
1.2.2. Problemática	2
1.3. Propuesta de solución	5
1.4. Objetivos	6
1.5. Estructura del trabajo	7
Capítulo 2 Generalidades	8
2.1. Taxímetro	8
2.1.1. Definición	8
2.1.2. Funcionamiento	9
2.2. Impresora	12
2.2.1. Definición	12
2.2.2. Impresora térmica	13
2.3. Microprocesadores	14
2.3.1. Definición	14
2.3.2. Ventajas del uso de microprocesadores	15
2.4. Microcontroladores	17
2.4.1. Definición	17
2.5. Evaluación de microcontroladores	19
2.6. Microcontrolador COP8 de National Semiconductor	26
2.6.1. Generalidades	26

2.6.2. Arquitectura	28
2.6.3. Subsistemas Onboard	29
2.6.4. Juego de instrucciones	31
2.7. COP8SAC	31
2.8. COP8SGR	32
Capítulo 3 Desarrollo del sistema	33
3.1. Taxímetro	33
3.1.1. Descripción	33
3.1.2 Funciones	34
3.2. Desarrollo	35
3.2.1 Diseño del hardware	37
3.2.2 Diseño del software	47
3.3. Programa de retarifamiento	65
3.4 Impresora	67
3.4.1 Descripción	67
3.4.2 Hardware	67
3.4.3 Software	73
3.5 Centros de servicio	81
Capítulo 4 Pruebas	82
4.1. Taxímetro	82
4.2 Impresora	95
4.3 Comentarios	96
Capítulo 5 Conclusiones	97
5.1. Conclusiones	97
5.2. Taxímetro	98
5.3. Impresora	100
Apéndice A: Set de instrucciones COP8	102
A.1. Principales características del juego de instrucciones	103
A.2. Modos de direccionamiento	103

A.2.1. Direccionamiento del operando	103
A.2.2. Direccionamiento para el flujo del programa	105
A.3. Instrucciones	106
A.3.1. Instrucciones aritméticas	107
A.3.2. Instrucciones de salto	107
A.3.3. Instrucciones de carga e intercambio	108
A.3.4. Instrucciones lógicas	108
A.3.5. Instrucciones para manipulación de bits del acumulador	108
A.3.6. Instrucción para la manipulación de la pila	109
A.3.7. Instrucciones para manipulación de bits	109
A.3.8. Instrucciones condicionales	109
A.3.9. Instrucción de no-operación	110
Apéndice B: Hojas de especificaciones	111
COP8SGx	112
COP8Sax	116
MC34064	120
93LC66	121
DS14C232	122
DS1302	123
LM78xx	124
Apéndice C: Manual del usuario del taxímetro	125
Apéndice D: NOM-007-SCFI-1997	131
Bibliografía	147

CAPÍTULO 1

Introducción

Este capítulo presenta las condiciones actuales en que se encuentra el mercado mexicano de taxímetros, y el porqué de la conveniencia de desarrollar uno con mejores características. Así mismo, se da una breve introducción del proyecto ULTIMAX.

1.1. Ultimax Technological Systems, S.A. de C.V.

Es una empresa fundada en el año 1997 con la finalidad de desarrollar un taxímetro que evitara en la medida de lo posible cualquier ataque fraudulento, para contribuir con la difícil tarea de acabar las prácticas ilícitas que existen en los autos de alquiler.

Todo el proceso de diseño y desarrollo se lleva a cabo dentro de las instalaciones de esta empresa, ubicada en Iztapalapa, México, D.F., y la parte de maquilado y ensamble se encarga a empresas especializadas.

La primera etapa del proyecto llamado "Taxímetro Inteligente" fue realizada en el Instituto de Ingeniería de la UNAM (1997-1999), bajo la tutela del M. en I. Lauro Santiago Cruz, dentro del área de Instrumentación de dicho Instituto. Aquel sistema contaba con diversas características que lo hacían altamente resistente al fraude, tal y como se había concebido originalmente. Pero con el avance de la tecnología, y el alto costo de aquel primer dispositivo, fue necesario darle otro enfoque al proyecto.

De esta manera se propuso el desarrollo de una nueva etapa dentro del proyecto "Taxímetro inteligente". Esta etapa contempla tanto un nuevo taxímetro, que tiene que cumplir con los requisitos que se irán mencionando a lo largo de este capítulo, así como una impresora emisora de comprobantes de viaje, que será un dispositivo periférico del taxímetro. El presente trabajo se ocupará del desarrollo de ambos dispositivos, taxímetro e impresora.

1.2. La necesidad de un taxímetro inteligente

1.2.1. ANTECEDENTES

Los taxis han sido desde hace mucho tiempo una manera efectiva de transporte público. Un taxi, en su concepción más simple, es un vehículo para transportar pasajeros, que no sigue una ruta fija y donde el costo del viaje depende de la distancia y/o tiempo requerido para realizarlo.

Este medio de transporte es uno de los más importantes en la Cd. de México, tanto por el tamaño de su parque vehicular (el más grande del mundo), como por el número de pasajeros transportados y el número de empleos generados. A diferencia de otras ciudades dentro de la República Mexicana, todos los taxis que presten sus servicios dentro de la Cd. de México deben contar con un dispositivo electrónico que calcule automáticamente el costo de cada viaje. Y es a partir de este punto de donde se desprende la problemática.

1.2.2. PROBLEMÁTICA

La falta de oportunidades para conseguir un buen empleo, las tarifas bajas y la propaganda política han hecho que el parque vehicular, tanto de autos de alquiler como de transporte masivo de ruta fija, crezca de manera desordenada y totalmente fuera del control de las autoridades. Así mismo, el taxímetro, al ser el dispositivo que calcula el costo de los viajes de un taxi, es el elemento más susceptible de modificaciones en aras de alterar el costo que el usuario tiene que pagar por su viaje, siendo éste último, el usuario, el más afectado por este tipo de comportamiento fraudulento.

Existen diversas maneras de alterar a un taxímetro de modo que este calcule una cantidad mayor a la cantidad real que el usuario debe de pagar, siendo las siguientes tres las formas más comunes de realizar un fraude:

1. *Modificación de las ruedas del vehículo.* Esta forma de fraude se basa en el hecho de que el taxímetro está calibrado para trabajar con un diámetro específico para las llantas. Así, si se cambian las ruedas

por unas de diámetro más pequeño, éstas revolucionarán más rápido y el taxímetro recibirá un número de señales mayor al normal, y por ende, indicará una cantidad a pagar mayor a la real.

2. *Inducción de señales falsas.* Este sistema se aprovecha de dos efectos: a) ruido y b) el "efecto antena". Para el primer caso se tiene un interruptor del tipo botón normalmente abierto, conectado en paralelo con el sensor, y cercano al chofer en un lugar donde el usuario no se percate de ello. Cada determinado tiempo el chofer presiona el botón, y debido al ruido que se genera entre los contactos del interruptor, se envía un tren de señales falsas al taxímetro, que interpreta como señales del transductor y las contabiliza, calculando, una cantidad mayor a la real. En el caso del "efecto antena" se tiene un interruptor del tipo botón normalmente cerrado conectado en serie entre la terminal activa de conteo del taxímetro y el sensor. Al presionar el interruptor una de las terminales del sensor queda flotando, es decir, no queda conectada a ningún lado, siendo propensa a captar señales de ruido generadas por el mismo entorno del vehículo, que el taxímetro interpreta como señales provenientes del sensor, calculando, una vez más, una cantidad a pagar mayor a la real.

3. *Modificación del programa de instrucciones.* Este es el modo más sofisticado, y hoy en día el más común de alterar la cantidad a pagar por el usuario. Un altísimo porcentaje de taxímetros en servicio son electrónicos, y todos ellos utilizan un microcontrolador como centro de operaciones. Estos dispositivos tienen la particularidad de, o ser baratos y de fácil consecución, o ser reprogramables. Para cualquiera de los dos casos el fraude está en que personal ajeno a las compañías manufactureras de taxímetros realiza sus propios programas de instrucciones para taxímetros, lo más parecidos en funcionamiento al original pero sin la misma calidad. Lo más relevante de estos nuevos programas es que el número de señales que debe de recibir el taxímetro para realizar un incremento, está alterado hacia abajo, es decir, el número de señales requerido para hacer un incremento es menor que lo normal. Este sistema tiene la particularidad de no necesitar componentes externos, la implementación es rápida, y muchas veces es difícil de detectarlo.

Una variante menos sofisticada de este sistema es modificar la memoria. En lugar de escribir un programa lo que se altera es la memoria externa (lugar donde se encuentran los datos referentes al número de señales que debe recibir el taxímetro para realizar un incremento). De aquí en adelante sucede lo mismo que si se hubiese alterado el programa de instrucciones.

Así mismo, se puede implementar cualquier número de combinaciones dependiendo del grado de fraude que el chofer desee realizar.

Otro problema serio es el robo de taxímetros. Todos los días una gran cantidad de taxímetros son robados y vendidos en el mercado "negro" por mucho menos de su costo real. Ello se debe principalmente a que ni se cuenta con un registro de quiénes son los auténticos compradores, ni los taxímetros cuentan con algún modo de evitar su funcionamiento en un vehículo diferente al cual fueron instalados originalmente.

También un aspecto a considerar es la propia norma nacional para este tipo de dispositivos, NOM-007-SCFI-1997 (www.economia.gob.mx/work/normas/noms/1998/007scfi.doc, la cual se encuentra reproducida en su totalidad en el Apéndice D), la cual manifiesta algunas carencias y puntos débiles. Las normas se han creado con el fin de establecer los requerimientos mínimos de calidad, funcionamiento y seguridad que equipos, sistemas y servicios deben cumplir. Para este caso en particular, la Norma Mexicana para Taxímetros contiene elementos que se pueden englobar básicamente en tres grupos, que no permiten obtener equipos de suficiente calidad y prestaciones:

1. *Transductor.* Como se mencionó arriba, este es uno de los elementos más susceptibles de sufrir alteraciones, internas o externas, que modifiquen su funcionamiento. Sin embargo, la norma mexicana lo toma como un elemento más dentro del sistema, y no le presta la debida atención en el sentido que debe ser más estricta en cuanto a la forma de construcción e inviolabilidad de este tipo de dispositivos.
2. *Precisión y exactitud.* También en este punto la norma es muy blanda, ya que exige como mínimo un 1% de exactitud en la contabilización de tiempo y distancia; en números esto se traduce en lo siguiente: por cada 1044 pulsos¹ que un Volkswagen Sedan debe de suministrarle al taxímetro por cada kilómetro recorrido, la norma permite que se pierdan un poco más de 10 pulsos. Bajo este tenor, es importante señalar que **la exactitud en distancia depende del transductor, no del taxímetro**. Ello se debe a lo siguiente: considérense al taxímetro y al transductor como dos entes separados, luego la función del taxímetro es recibir pulsos y contabilizarlos, y un programa de instrucciones bien diseñado no se permite perder pulsos. Por lo tanto, *teóricamente* se puede establecer que el error del taxímetro es cero (dentro del rango de operación normal). Ahora es conveniente explicar entonces de dónde proviene el error. Como se mencionó, el error es implícito al transductor por las siguientes circunstancias: a) el transductor debe proveer uno, dos o más pulsos por cada revolución de las ruedas del vehículo, y b) estos pulsos son enviados al taxímetro por medio de cables. Para el primer caso se tiene que entre más pulsos se generen por cada revolución, el error

¹ En el capítulo 2, Generalidades, se justifica este número de pulsos.

disminuye, y viceversa, debido al hecho de que se generan más pulsos por fracción de revolución y esto permite contabilizar distancias más pequeñas. En el otro caso se tiene que aunque la distancia entre el transductor y el taxímetro es relativamente corta, cierto ruido inherente al ambiente del vehículo se filtra por los cables que los conectan el uno con el otro. Para este inciso en particular se tiene que a pesar de que la norma indica que los cables deben ser blindados, en la práctica los fabricantes construyen los transductores con cable común y corriente que permite que un porcentaje de ruido se cuele entre ellos y falsee el número de pulsos originales.

De aquí se desprende el porqué el transductor debe ser tratado en forma casi independiente al taxímetro.

También se ha creído conveniente hablar del error generado en la contabilización del tiempo. Aunque el error no es tan importante como el de la distancia, éste existe y por lo tanto se deben analizar sus causas. Así como se mencionó un ejemplo numérico para el error en la distancia, también hay uno para el tiempo: se requieren 45 seg para realizar un incremento en la tarifa, y con un error del 1% significa que hay una tolerancia para casi medio segundo. Al igual que con la distancia, es inaceptable un error de esta magnitud en un programa de instrucciones bien realizado. Este error se genera principalmente por tener una base de tiempo inexacta y retardos mal controlados. Como se puede observar, este tipo de errores es implícito tanto al software como al hardware, pero mucho más difícil de alterar para cometer fraudes. A diferencia de la contabilización de la distancia, la contabilización de tiempo siempre tendrá un error, pero éste se puede minimizar.

En el año 2000 las autoridades de la Cd. de México implementaron un programa para que los choferes de taxis entregaran un recibo de viaje al usuario. Este programa dió pie a muchas irregularidades, y como aún no se cuenta con una cultura para este tipo de acciones, el programa terminó en un fracaso. Sin embargo, Ultimax tomó la decisión de desarrollar una impresora electrónica, tanto para estar preparada por si en un futuro las autoridades vuelven a implementar un programa de este tipo, así como para vender el conjunto *taxímetro-impresora* en países donde ya se manejen este tipo de dispositivos.

1.3. Propuesta de solución

Como se ha visto, el diseño de un taxímetro no sólo debe contemplar el cálculo de un costo, sino también debe tomar en cuenta puntos esenciales como la resistencia al fraude y buena exactitud. Por ello se pretende desarrollar un taxímetro electrónico que minimice los efectos negativos de los sistemas

utilizados para cometer fraudes y robos. Así mismo, se desarrollará también una impresora que trabaje en conjunto con el taxímetro.

1.4. Objetivos

Por lo expuesto anteriormente el taxímetro que se desarrollará deberá cumplir con los siguientes puntos básicos:

1. *Resistencia al fraude.* Este punto contempla atacar las tres formas comunes de realizar fraudes comentadas previamente.
2. *Exactitud.* Aquí se desea cumplir la exactitud, en tiempo y distancia, del 1% que maneja la Norma Mexicana para Taxímetros en su punto 7.1.
3. *Seguridad contra robo.* Se implementarán medidas para desalentar el robo de taxímetros.
4. *Funcionalidad.* Se agregarán funciones tales como mayor número de tarifas, reloj-alarma, datos personales del dueño de la unidad, entre otros, que den un valor agregado al taxímetro.
5. *Facilidad de uso.* Debido a las múltiples funciones con que contará este taxímetro, será necesario que la forma de operarlo sea lo más sencilla posible para que el usuario pueda sacar el máximo provecho de este equipo.
6. *Modularidad.* El diseño modular permitirá interconectar diversos dispositivos con el taxímetro. Por ejemplo: impresora, módulo de GPS, módulo de cobro con tarjeta inteligente, retarifamiento, etc.
7. *Adaptativo.* Se pretende que el taxímetro pueda ser adaptable a los cambios y necesidades del mercado. Para ello, tanto la arquitectura física como lógica, deberán ser flexibles para permitir un fácil y rápido ajuste a los requerimientos que exija el mercado.

En cuanto a la impresora, ésta deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

1. Ser capaz de imprimir, por lo menos, los siguientes campos:
 - Costo del viaje.
 - Kilómetros recorridos y tiempo utilizado en cada viaje.
 - Totalizadores.

- Datos del dueño de la unidad.
2. Ser fácilmente modificada, tanto en su arquitectura física como lógica, para poderse adaptar fácil y rápidamente a los cambios y necesidades del mercado.

1.5. Estructura del trabajo

El presente trabajo está estructurado en 5 capítulos, un apartado para bibliografía y un área de apéndices.

El capítulo 1 es una reseña de la problemática existente en el campo de los autos de alquiler y la solución propuesta.

En el capítulo 2 se explica en detalle los elementos principales que utilizan el taxímetro y la impresora.

El capítulo 3 es propiamente el desarrollo del proyecto. Este capítulo se divide en dos partes: a) el taxímetro y b) la impresora. Cada uno de ellos contiene la metodología utilizada para alcanzar los objetivos propuestos.

En el capítulo 4 se presentan los métodos de prueba de laboratorio y de campo que se le tienen que realizar al taxímetro y a la impresora.

El capítulo 5 contiene los resultados de las pruebas realizadas al taxímetro. Adicionalmente se presentan las perspectivas y alcances del que fue objeto el presente trabajo.

La bibliografía presenta los textos consultados, así como páginas de Internet y otras fuentes.

El área de apéndices contiene información adicional como diagramas eléctricos, hojas de especificaciones, el manual del usuario del taxímetro y la reproducción exacta de la NOM-007-SCFI-1997.

CAPÍTULO 2

Generalidades

En este capítulo se presentan los aspectos más relevantes referentes al taxímetro e impresora, así como una introducción a los microprocesadores y microcontroladores, dando énfasis a uno de los elementos claves del proyecto: el microcontrolador COP8 de National Semiconductor; también se incluye una comparación entre éste y otros microcontroladores comerciales.

2.1. Taxímetro

2.1.1. DEFINICIÓN

Un taxímetro es un dispositivo cuya función es determinar los factores distancias y/o tiempos del recorrido, así como los tiempos de espera, indicando automáticamente el valor del importe a pagar por el servicio.

Los primeros taxímetros fueron mecánicos, y a través del tiempo fueron evolucionando hasta incorporar microcontroladores como elementos principales de procesamiento. A estos son a los que se les llama "taxímetros electrónicos", y son los que actualmente predominan en el mercado mexicano.

2.1.2. FUNCIONAMIENTO

Para poder realizar el cómputo del importe a pagar, primeramente es conveniente definir dos conceptos básicos: a) costo inicial o banderazo y b) incremento. El banderazo se refiere a una cantidad inicial, establecida por el gobierno estatal, que marca el taxímetro al momento de ser puesto en servicio. El incremento se refiere a una cantidad regular y constante de cada uno de los cambios en la lectura del taxímetro, y que son acumulativos al importe inicial; el valor de los incrementos también es establecido por el gobierno estatal.

El cálculo básico del costo se realiza de la siguiente forma: supóngase que se tiene un banderazo de \$4.80, es decir, que el sólo hecho de subirse al vehículo cuesta \$4.80, que el costo de cada incremento es de \$0.65, y que la distancia recorrida, y el tiempo, para producir un incremento son 250 m y 45 s, respectivamente. De esta manera, al subirse al vehículo y recorrer una distancia de 2000 m, a una velocidad moderada alta, y con 3 pausas de 50 s cada una, por ejemplo, debidas a semáforos, se tiene que el costo total del viaje sería de \$11.95. A continuación se presenta el procedimiento para llegar a este total:

Incrementos por distancia:	8	(2000m / 250m)
Incrementos por tiempo:	3	(150s / 45s)
Total de incrementos:	11	
Costo por incrementos:	7.15	(11 x \$0.65)
Banderazo:	\$4.80	
Total a pagar:	\$11.95	(\$7.15 + \$4.80)

Circunstancialmente se puede dar el caso de que ni el tiempo ni la distancia alcancen sus respectivos valores para generar un incremento, ello debido quizás a arrancones y paradas repentinas clásicas de un embotellamiento. Para evitar este problema, existe un parámetro llamado *velocidad de cambio de arrastre, Vca*, que dice que a una velocidad menor a ésta, el taxímetro funcionará por tiempo, bloqueando la función distancia, y a una velocidad superior el taxímetro funcionará por distancia, bloqueando la función tiempo. Por lo tanto, el incremento caerá según lo primero que se alcance, ya sea el tiempo o la distancia. Así, de una forma u otra siempre habrá un incremento mientras el taxímetro se encuentre en servicio. A esta forma de trabajo se le conoce como "función tiempo-distancia".

La *velocidad de cambio de arrastre* se obtiene de la siguiente manera

$$Vca = \frac{\text{distancia para alcanzar un incremento}}{\text{tiempo para alcanzar un incremento}} = \frac{m}{s}$$

Por ejemplo, supóngase que para alcanzar un incremento se requiere una distancia de 250 m ó un tiempo de 45 seg, por lo tanto, Vca estará determinada por :

$$Vca = d / t$$

$$Vca = 250 / 45 \text{ [m/s]}$$

$$Vca = 5.55 \text{ [m/s]} = 20 \text{ [km/h]}$$

Esto significa que a una velocidad inferior a 20 km/h el taxímetro deberá funcionar por tiempo, inhibiendo la función distancia, y a una velocidad superior, deberá funcionar por distancia, inhibiendo la función tiempo.

Todo el proceso debe ser realizado de forma totalmente automática por el taxímetro. El operador simplemente indica el momento en que inicia el viaje y el momento en que termina. El usuario del taxi sabe cuánto tiene que pagar gracias a que la pantalla con que cuenta el taxímetro le va indicando en cada momento el importe acumulado.

A continuación se explica la forma en que el taxímetro calcula la distancia recorrida y el tiempo transcurrido para poder realizar un incremento en la tarifa.

Para realizar la función distancia es necesario acoplar al taxímetro con el sistema mecánico del vehículo a través de un sensor. Este sensor convierte las revoluciones de las ruedas en impulsos eléctricos que son leídos por el sistema de conteo del taxímetro, como lo muestra la Fig 2.1, en donde las flechas indican el flujo de la señal. El taxímetro tiene un contador de impulsos que inicia en cero. Cuando se alcanza un número de impulsos equivalente a la distancia establecida por las autoridades se realiza un incremento en la lectura del taxímetro. Luego, tanto el contador de impulsos como el reloj contador de segundos son puestos a cero, y el sistema queda listo para continuar con el ciclo. Cabe señalar que el número de impulsos que el sensor envía para una distancia en particular no es un estándar y varía dependiendo de la marca del vehículo, del radio de las ruedas y del tipo de sensor utilizado. Esta cantidad se conoce como *Constante K* y está definida como el *Número de impulsos por kilómetro*. Esta constante se determina de la siguiente manera:

$$K = 2\pi rN$$

II

Donde: $2\pi = 6.28$
 r = Radio de la rueda delantera del vehículo
 N = Número de señales por cada revolución

Así tenemos, por ejemplo, que la Constante K para un automóvil Volkswagen Sedán es de 1044 pulsos por cada kilómetro recorrido.

$$K = 2\pi rN$$

$$K = (6.28)(0.2 \text{ m})(2)$$

$$K = 1044$$

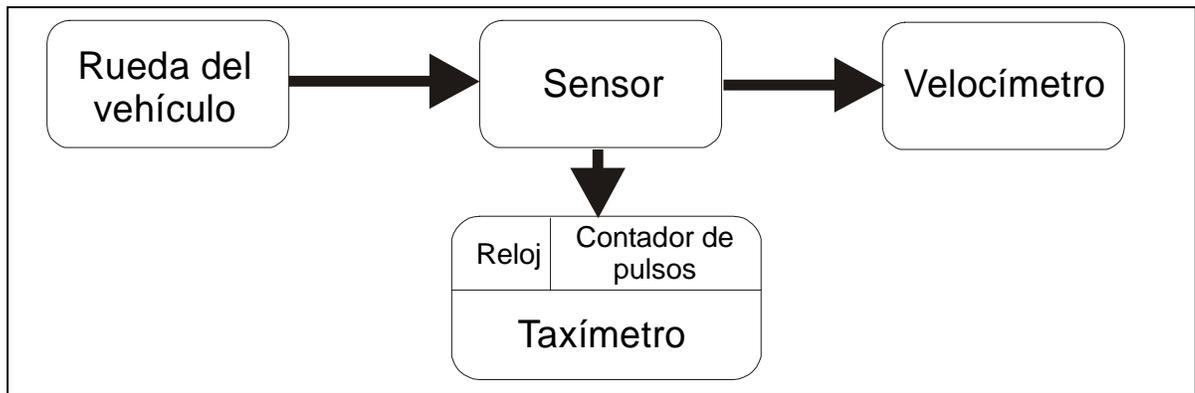


Fig 2.1. Representación esquemática del sistema contador de distancia y tiempo del taxímetro.

Para realizar la función tiempo el sistema tiene incorporado un reloj que realiza un conteo desde cero hasta una cantidad dada, que al igual que la distancia es establecida por las autoridades, y que al alcanzar el máximo lleva a cabo un incremento y hace que tanto el reloj como el contador de distancia se reestablezcan a cero para la siguiente cuenta, y así sucesivamente.

Además de la función básica de contabilizar un costo, el taxímetro tiene otras funciones como el registro de datos. Este registro se refiere a almacenar información tal como distancia total recorrida, cobro acumulado, número de incrementos, número total de viajes y distancia total recorrida con pasaje. Otros datos que puede almacenar son: el nombre del dueño de la unidad, el teléfono para quejas, el

nombre del sitio al que pertenece o la modalidad del servicio, tipo de vehículo y número de serie del taxímetro.

2.2. Impresora

2.2.1. DEFINICIÓN

Es un dispositivo electrónico que imprime texto o ilustraciones sobre papel. Dependiendo de la tecnología utilizada, las impresoras caen dentro de las siguientes categorías:

De impacto

Se les conoce así porque existe un contacto físico entre el elemento de impresión y el papel. Las impresoras que caen en este rango utilizan una cinta negra o de color entre el cabezal de impresión y el papel.

El tipo de impresora más común es la conocida como de matriz de puntos, donde el cabezal de impresión es una pequeña matriz de agujas con la cual se pueden imprimir casi todo tipo de caracteres, además de la posibilidad de imprimir gráficas tanto en blanco y negro como en color. Este tipo de impresoras son las más utilizadas en situaciones que requieren largas jornadas de trabajo debido a su durabilidad y bajo costo.

De no impacto

Se les conoce así porque no existe, o es mínimo, el contacto físico entre el elemento de impresión y el papel. Los tipos más representativos de este grupo son:

- *De inyección de tinta.* En estas impresoras el texto o las imágenes se forman al combinar la huella dejada por diminutos chorros de tinta. Son baratas y pueden llegar a tener calidad fotográfica.
- *Láser.* Este es uno de los tipos más sofisticados de impresoras que existen, y de las más caras. La calidad es excepcional y regularmente son de calidad fotográfica.
- *Térmicas.* Este tipo de impresoras se utiliza básicamente cuando se requiere imprimir en pequeñas superficies, como por ejemplo, boletos de autobús, comprobantes de supermercado, etc. Regularmente sólo imprimen en un color, aunque hay algunas que también imprimen en color.

Las impresoras también puede ser clasificadas según sus características:

- *Calidad de impresión.* Este parámetro determina cuán buena es una impresión. Entre mejor calidad de impresión, la impresora es más cara.

- *Velocidad.* Este parámetro determina el número de impresiones que la impresora es capaz de realizar en un determinado tiempo. Entre más rápida sea la impresión decrece la calidad.
- *Capacidad para imprimir gráficas.* Este parámetro simplemente indica si una impresora es capaz o no de imprimir gráficas.

2.2.2. IMPRESORA TÉRMICA

La impresión térmica requiere una transferencia de calor desde un cabezal térmico hacia un papel tratado químicamente, como el utilizado en un fax. Al momento de formarse texto o gráficas en los elementos calentadores se forma una reacción termoquímica que permite ver el texto o las gráficas sobre el papel. El cabezal térmico consiste de una fila de elementos calentadores de tamaño miniatura que son constantemente presionados contra el papel térmico. Esto da la posibilidad de imprimir letras, números y gráficas. Puesto que son muy pocas las partes mecánicas en movimiento, las impresoras térmicas ofrecen rentabilidad, mínimo mantenimiento y operación constante. En la Fig. 2.2 se puede observar un cabezal térmico típico, y el par de conectores planos que se utilizan para conectarla al circuito de control.

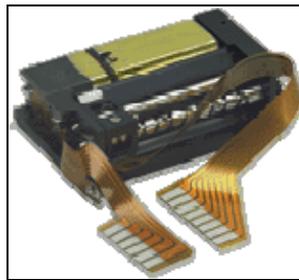


Fig 2.2. Impresora térmica.

Para realizar una impresión, la impresora recibe instrucciones y datos desde un sistema de cómputo a través de un puerto de comunicaciones, el cual puede ser serial o paralelo; los datos se almacenan en una área de memoria conocida como *buffer* y las instrucciones establecen la forma en cómo y de qué manera se van a imprimir los datos. A continuación, el papel es alimentado dentro del cuerpo de la impresora. El papel se mueve a través del alimentador y uno o más elementos calentadores son activados, según las instrucciones y los datos, para imprimir pequeños puntos sobre el papel, puntos que a su vez forman el texto o la imagen deseada. Este proceso se mantiene hasta que se haya finalizado la orden de impresión. La Fig. 2.3. muestra los elementos que intervienen en este tipo de impresión, así mismo muestra cómo se forma un carácter.

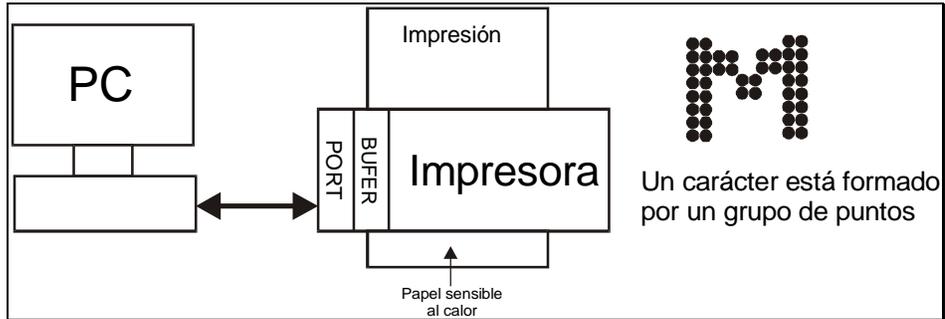


Fig 2.3. Elementos que intervienen durante la impresión.

2.3. Microprocesadores

2.3.1. DEFINICIÓN

Un microprocesador es una pastilla de silicio alojada dentro de una cubierta de plástico, cerámica, etc., que contiene en su interior toda la circuitería necesaria para implementar un componente funcional programable, capaz de desempeñar las funciones de la unidad de control y de la unidad lógico-aritmético de un calculador numérico, de una manera relativamente fácil y barata.

La Fig. 2.4 muestra los elementos principales de un sistema con microprocesador, así como la dirección del flujo de datos a través del bus de comunicaciones. La memoria ROM (Read Only Memory, memoria de sólo lectura) almacena el programa de instrucciones; la memoria RAM (Random Acces Memory, memoria de lectura/escritura) almacena los datos del programa; el puerto I/O (Input/Output, entrada/salida) se encarga de la comunicación desde y hacia los dispositivos periféricos como el teclado y la pantalla; la CPU (Central Proces Unit, unidad central de procesamiento) es el cerebro del sistema; y finalmente, el Clock (reloj), el cual se encarga de marcar la velocidad de trabajo del sistema. El *bus* es un conjunto organizado de conductores por los cuales circulan las señales necesarias para que todos los elementos del sistema se comuniquen entre sí. A la colección de todos los componentes que conforman al sistema se le da el nombre de *hardware*.

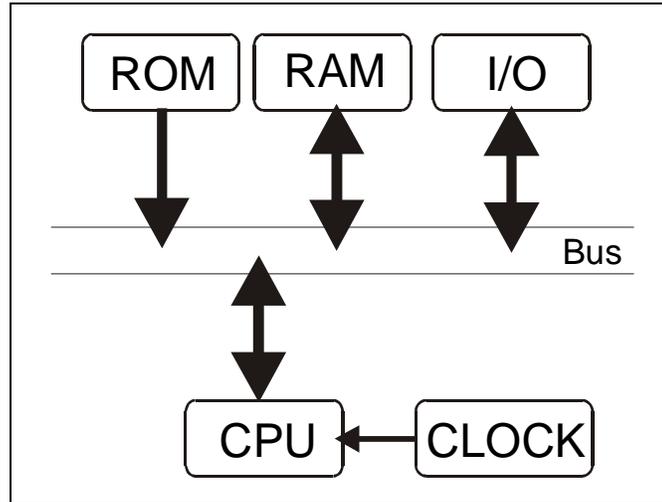


Fig 2.4. Elementos mínimos de un sistema con microprocesador.

2.3.2. VENTAJAS DEL USO DE MICROPROCESADORES

Los microprocesadores desplazaron a la electrónica tradicional en casi todas las áreas, incluyendo programas o control automático. Las tres ventajas esenciales de los microprocesadores son que requieren menor número de componentes, representan una solución de bajo costo, y ofrecen la flexibilidad que da la programación.

Menor número de componentes. Los pocos componentes requeridos por un sistema con microprocesador tiene las siguientes ventajas:

- Volumen físico reducido y miniaturización, resultando muy a menudo sistemas portables
- Baja potencia de alimentación
- Baja potencia de disipación
- La rentabilidad se incrementa debido al menor número de elementos involucrados

Bajo costo. Las características mencionadas arriba tienen como consecuencia un substancial bajo costo. Un microprocesador típico de uso general cuesta alrededor de los \$30.00 USD.

Programabilidad. La ventaja principal de la programación es que simplifica el diseño, reduce el tiempo de desarrollo, y permite realizar cambios con facilidad. Además, la programación permite el uso de módulos estándares. Esto significa que un módulo estándar con microprocesador puede ser

programado para una variedad de tareas distintas. Así mismo, pueden ser desarrolladas nuevas funciones y después ser implementadas sin que el hardware sufra considerables modificaciones.

La programación de un microprocesador se puede realizar bajo dos plataformas: alto nivel y bajo nivel. La programación en alto nivel se refiere a que existen programas de computadora que le permiten al usuario escribir instrucciones en un lenguaje muy parecido a nuestro lenguaje, por ejemplo:

```

SI( Temperatura < 25 )
    HACER( Encender el radiador )
SINO
    HACER( Encender el aire acondicionado )
FIN
    
```

Un lenguaje muy popular y muy utilizado para la enseñanza de este tipo de programación es el llamado lenguaje BASIC. La ventaja que tienen los lenguajes de alto nivel es que son rápidos de aprender y son casi independientes del hardware.

Al lenguaje de bajo nivel se le conoce así porque el usuario tiene contacto con las entrañas del microprocesador y del sistema en general. Este contacto le permite al programador tener control absoluto de las acciones del dispositivo, cosa que no sucede con los lenguajes de alto nivel, donde el programador no tiene noción de lo que en realidad está sucediendo dentro del microprocesador o del sistema.

Por ejemplo, el programa mencionado líneas arriba, en su representación en lenguaje de microprocesador, sería:

```

start_function:          ; inicia la función
    load acc, temp       ; carga la variable temperatura en el acumulador
    ifb acc, #25         ; el acumulador es menor que 25??
    goto heat_on        ; Sí, va a la rutina que enciende el radiador
    goto cold_on        ; No, va a la rutina que enciende el aire acondicionado
heat_on:                ; rutina para encender el radiador
    load acc, portA     ; carga en el acumulador el estado del puerto A
    and acc, h'0A       ; activa los bit's específicos para encender el radiador
    
```

```

    goto exit_function      ; va a terminar la función
cold_on:                   ; rutina para encender el radiador
    load acc, portB        ; carga en el acumulador el estado del puerto B
    or acc, h'1D           ; activa los bit's específicos para encender el aire acondicionado
exit_function:
    load acc, #OK          ; indica que todo se realizó con éxito
    return                 ; regresa al punto donde fue llamada a función

```

Como se observa, es claramente notorio que la programación en bajo nivel es mucho más compleja y propensa a errores; sin embargo, el control total que se obtiene del microprocesador compensa esta desventaja. A este tipo de lenguaje se le conoce como "assembler" (ensamblador).

Existe una tercer plataforma que es un híbrido entre los lenguajes de alto y bajo nivel. El más conocido de estos lenguajes, el cual es ya desde hace mucho tiempo estándar en la industria, es el lenguaje "C", el cual reúne lo mejor de ambas plataformas, lo cual se traduce en rápido desarrollo de aplicaciones y control de las acciones del microprocesador.

Al conjunto de instrucciones necesarias para que un microprocesador, o cualquier otro elemento que sea programable, trabaje de acuerdo a como fue programado, se le conoce como *software*.

Los sistemas con microprocesador son extremadamente potentes y se utilizan en lugares donde es necesario una enorme capacidad de cálculo. Por ejemplo, el sistema de aterrizaje de un módulo lunar, una planta de energía atómica, misiles teledirigidos, investigación ingenieril o biomédica, efectos especiales para el cine, y, actualmente, en las computadoras personales.

2.4. Microcontroladores

2.4.1. DEFINICIÓN

Es un circuito integrado que reúne todo el sistema de microprocesador (CPU, memoria RAM y ROM, reloj, puertos, etc.) dentro de una sola pastilla de silicio. Ello trae como consecuencia que mientras el diseño total se ve sumamente simplificado, se mantiene la flexibilidad, se reducen aún más los costos y el consumo de energía se vuelve mínimo. La Fig. 2.5 muestra los elementos más comúnmente encontrados dentro de un microcontrolador.

Este dispositivo se utiliza comúnmente en situaciones donde no se requieren demasiados cálculos, sino simplemente controlar algún dispositivo o sistema. Como ejemplos se tienen la apertura de una puerta, el encendido de una luz de emergencia, el teléfono, la lectura de un código en una banda magnética, sistemas de monitoreo, sistemas de peaje, etc.

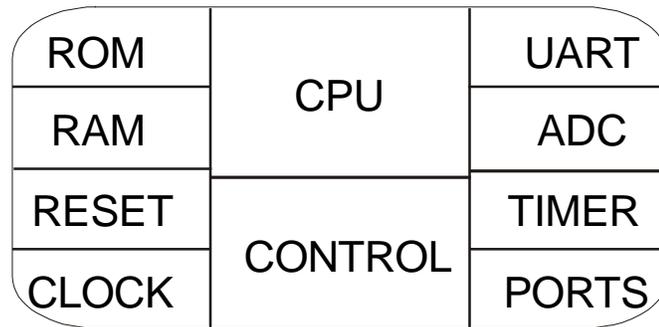


Fig 2.5. Elementos principales de un sistema microcontrolador.

Pero hay que tener en cuenta que estos dispositivos tienen algunas limitantes: tanto la memoria RAM como la ROM son restringidas, en el mejor de los casos, a algunos kilobytes, en comparación con los megabytes de memoria a los que puede acceder un microprocesador; el juego de instrucciones también se ha limitado al conjunto *RISC*², en comparación al conjunto *CISC*³ de un microprocesador; el número de puertos es fijo y es difícil expandirlos; el tamaño de la palabra comúnmente es de 8 bits mientras que los microprocesadores manejan palabras de 16 y 32 bits, inclusive hay algunos que tienen hasta 64 bits. De aquí se puede observar que cada uno de ellos, tanto el microprocesador como el microcontrolador, tienen muy bien definidos sus campos de acción.

Sin embargo, el hecho de que los microcontroladores incorporen dentro del mismo chip, además de la CPU, RAM y ROM, convertidores analógico-digitales, contadores, sensores de temperatura, amplificadores operacionales, comparadores analógicos, supervisores de voltage, etc. los hace atractivos para aplicaciones como las que se mencionaron anteriormente y otras más.

² RISC (*Reduced Instruction Set Computer*, Juego reducido de instrucciones de cómputo). El número de instrucciones se encuentra normalmente entre 35 y 70. La mayoría de las operaciones se realizan a través del acumulador.

³ CISC (*Complex Instruction Set Computer*, Juego complejo de instrucciones de cómputo). El número de instrucciones está por arriba de las 100 instrucciones. Cualquier registro es apto para realizar todo tipo de operaciones.

2.5. Evaluación de microcontroladores

Debido a que el uso de un sistema con microprocesador se utiliza cuando se requiere potencia de cálculo, grandes cantidades de memoria y gran cantidad de periféricos, además de que estos sistemas generalmente ocupan mayor volumen y necesitan de un sistema operativo que administre los recursos del sistema, su utilización no queda justificada de ninguna manera para una aplicación como la que ocupa al presente trabajo, por lo que se ha decidido utilizar un sistema con microcontrolador, donde los recursos son muy limitados, pero lo bastante robustos como para soportar una aplicación para taxímetro e impresora.

En el mercado se pueden encontrar muchas marcas de microcontroladores, y dentro de cada una de ellas toda una gama de familias, lo que hacen que la búsqueda del dispositivo ideal para una cierta aplicación sea difícil y engorrosa. Para el presente trabajo se hizo una investigación con seis dispositivos de cuatro de las casas productoras de microcontroladores más importantes del mercado. Se escogió a estos seis dispositivos con base en que las características que presentan son las más adecuadas para el desarrollo de un equipo como al que se pretende desarrollar. La tabla 2.1 conjunta y resume las características más sobresalientes de cada dispositivo y a continuación se hace una breve descripción de cada uno de ellos.

	National Semiconductor			Motorola	Microchip	Atmel
	COP8SAC	COP8SGR	COP8SBR	MC68HC705P3	PIC16C63	AT90S4434
WORD	8	8	8	8	14/8	16/8
ROM	4K	32K	-	-	-	-
EEPROM	-	-	32k VIRTUAL	128	-	256
WINDOWED EPROM	4K	32K	-	3K	4K	-
OTP	4K	32K	-	-	-	-
FLASH	-	-	32K	-	-	4K
RAM	128	512	1K	128	192	256
I/O	16, 24, 36, 40	24, 36, 40	40, 64	22	22	32
COMMUNICATION	MICROWIRE/ PLUS	MICROWIRE/ PLUS, USART	MICROWIRE/ PLUS, USART	-	SPI, IIC, USART, PARALLEL	SPI, UART
POWER SUPPLY	2.7V-5.5V	2.7V-5.5V	2.7V-5.5V	-0.3V-5V	5V	2.7V-6V
COMPARATORS	-	2	-	-	-	1
CAN	-	-	-	-	-	-
D/A	-	-	-	-	-	-
A/D	-	-	-	-	-	1
PLL	-	-	-	-	-	-
INSTRUCTION CYCLE	1 uS	750 nS	500 nS	480 nS	200 nS	1 uS
TIMERS	2	4	4	2	3	3
PACKAGING	A, B, C, D*	A, B, C, D *	C*	A, B*	A, B*	A, C, E*
POWER MANAGEMENT	YES	YES	YES	YES	-	YES
MULTIPLY/DIVIDE	-	-	-	MULTIPLY	-	-
INTERRUPTS	7	13	14	5	10	NS
WATCHDOG	YES	YES	YES	YES	YES	YES
CLOCK MONITOR	YES	YES	-	YES	-	-
POWER ON RESET	YES	YES	-	YES	-	-
REDUCED EMI	YES	YES	YES	-	-	-
SUGGESTED PRICE	2.15	3.68	-	-	-	-
COMMENTS	ON-CHIP RC OSCILLATOR	ON-CHIP RC OSCILLATOR	IN-CHIP PROGRAMMI NG, IN-CHIP EMULATOR	KEYBOARD CAPABILITY	IN-CIRCUIT PROGRAMMING, ALL HIGH CURRENT PORTS	REAL TIME CLOCK

*A DIP C PLCC E TQFP

B SOIC D PQFP

Tabla 2.1 Cuadro comparativo entre diversos microcontroladores comerciales.

- National Semiconductor COP8SAC

Este dispositivo tiene una arquitectura de 8 bits, incluye 4 Kbytes de memoria ROM y 128 bytes de memoria RAM, tiene un ciclo de instrucción de 1 us, un temporizador de 16 bits multifuncional, una interfaz serial MICROWIRE/PLUS, un contador de carrera libre, un oscilador RC integrado, puede trabajar con voltages entre 2.7 y 5.5 volts, y además contiene modos de bajo consumo y baja emisión electromagnética. Se puede encontrar en encapsulados desde 20 hasta 44 terminales. Fig. 2.6.

- National Semiconductor COP8SGR

Este dispositivo tiene una arquitectura de 8 bits, memoria ROM de 32 Kbytes y memoria RAM de 512 bytes, ciclo de instrucción de 0.67 us, 14 fuentes de interrupción, tres temporizadores multifuncionales de 16 bits, una USART (Unidad Síncrona-Asíncrona de transmisión-Recepción de datos seriales), una interfaz MICROWIRE/PLUS, dos comparadores analógicos, puertos de salida de alta corriente, dos modos de bajo consumo, oscilador integrado RC, y se puede encontrar en encapsulados de 28, 40 y 44 terminales. Comparte el mismo juego de instrucciones que el COP8SAC. Fig 2.7.

- National Semiconductor COP8SBR

Es un dispositivo basado en el núcleo COP8, con memoria flash y características avanzadas como EEPROM virtual, temporizadores de alta velocidad, USART y Brownout. Este microcontrolador se puede encontrar en aplicaciones que requieran un juego de instrucciones de alto rendimiento, reprogramación en circuito y bajas emisiones electromagnéticas. Algunas particularidades de este microcontrolador son una arquitectura de 8 bits, ISP (programación en circuito), doblador de reloj para trabajar a 20 MHz a partir de un cristal de 10 MHz, muy bajo consumo de corriente y varias opciones para comunicaciones seriales, Watchdog y otras características que lo hacen muy competitivo dentro de la gama de microcontroladores flash. Ver Fig. 2.8.

- Motorola 68HC05P3

Esta familia de microcontroladores ofrece una muy buena variedad de dispositivos de 28 terminales, con diferentes tamaños de memoria ROM y características como Puerto Serial de Entrada/Salida (SIOP) para controlar manejadores de display's y comunicación con otros periféricos. Otras opciones incluyen convertidor analógico/digital y memoria EEPROM dentro del mismo dispositivo para almacenamiento de datos no volátiles. También se dispone de versiones de bajo voltage y alta velocidad. Ver Fig. 2.9.

- Microchip PIC16C63

Los dispositivos PIC16C63 pertenecen a una familia de microcontroladores de 8 bits de bajo costo, alto rendimiento, tecnología CMOS y funcionamiento completamente estático; emplean una arquitectura RISC avanzada y cuenta con características mejoradas como pila de 8 niveles de profundidad y múltiples fuentes de interrupción internas y externas. Su arquitectura Harvard permite que el tamaño de la palabra de instrucción sea de 14 bits, mientras que el tamaño de la palabra de datos es de 8 bits. Contiene además diversos temporizadores y diferentes alternativas para comunicaciones seriales. Ver Fig. 2.10.

- ATMEL AT90S4434

Este dispositivo es un microcontrolador de 8 bits de bajo consumo basado en la arquitectura AVR RISC. Debido a que ejecuta la mayoría de sus instrucciones en un ciclo de reloj, este microcontrolador alcanza velocidades de operación de hasta 1 MIPS (millones de instrucciones por segundo), permitiendo a los diseñadores de sistemas optimizar el consumo de energía contra la velocidad de ejecución. Además, este dispositivo incluye memoria FLASH ISP, EEPROM, RAM, RTC (Reloj de Tiempo Real), UART, Watchdog, convertidor A/D, puerto de comunicaciones SPI y otras características que lo convierten en un microcontrolador que provee alta flexibilidad y bajo costo para muchas de las aplicaciones comunes de control. Ver Fig. 2.11.

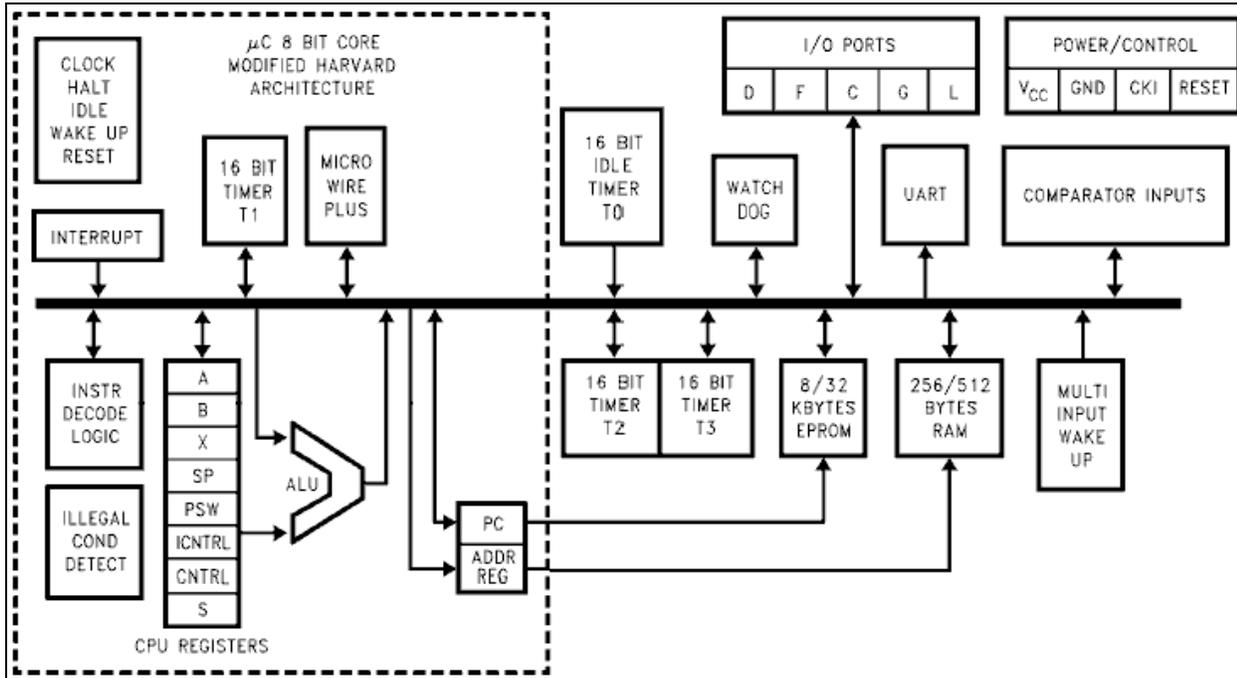


Fig. 2.6. Arquitectura del microcontrolador COP8SAx.

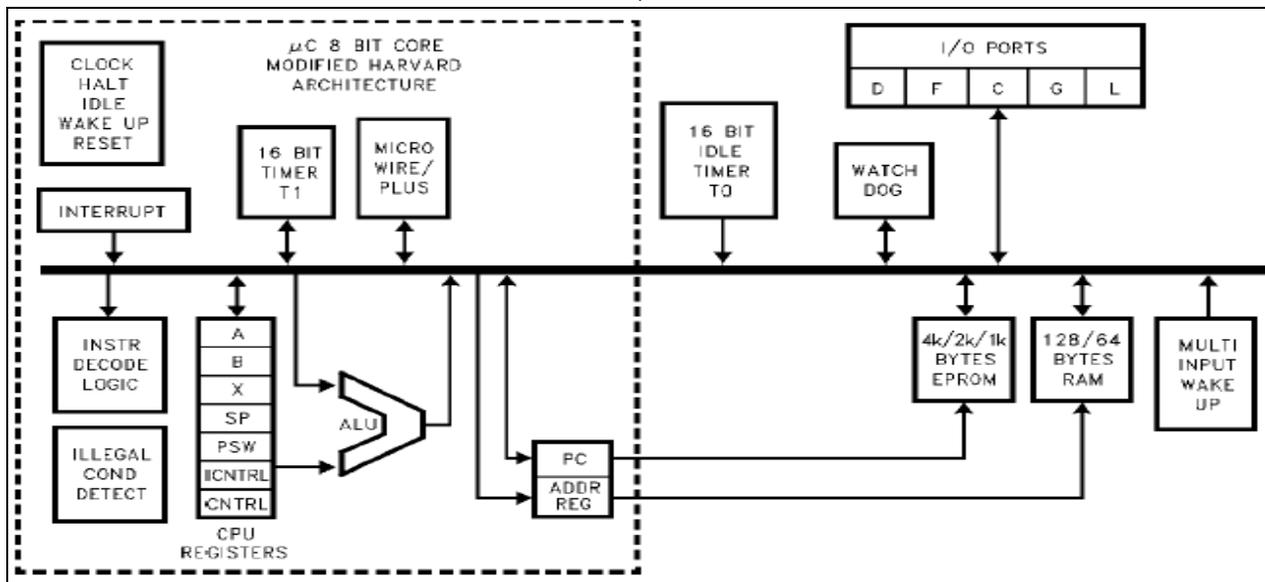


Fig. 2.7. Arquitectura del microcontrolador COP8SGx.

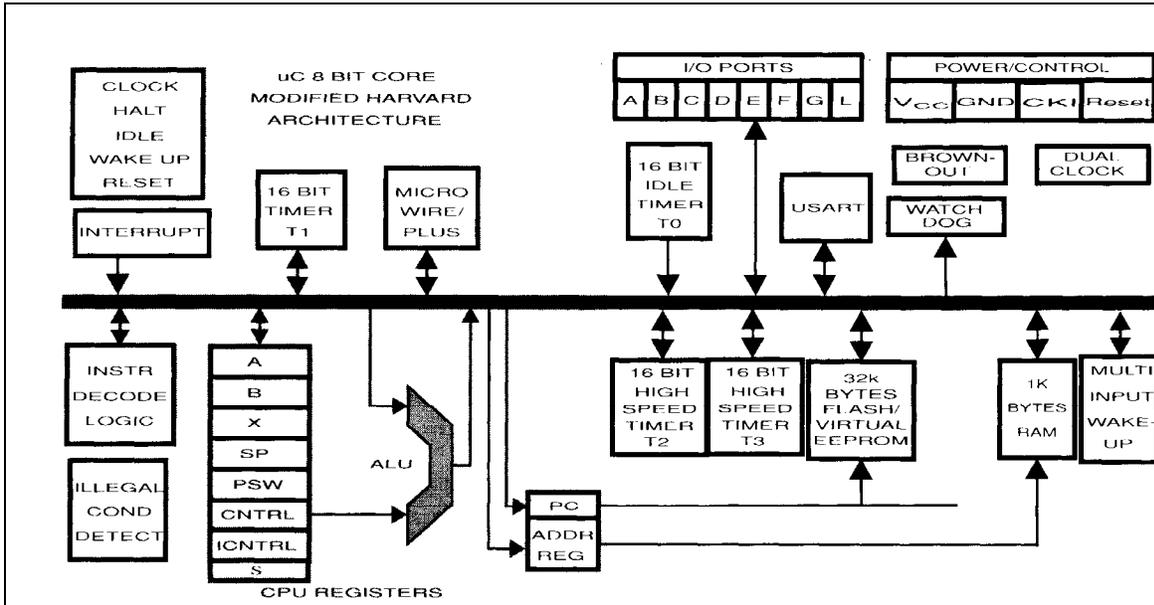


Fig 2.8. Arquitectura del microcontrolador COP8SBR.

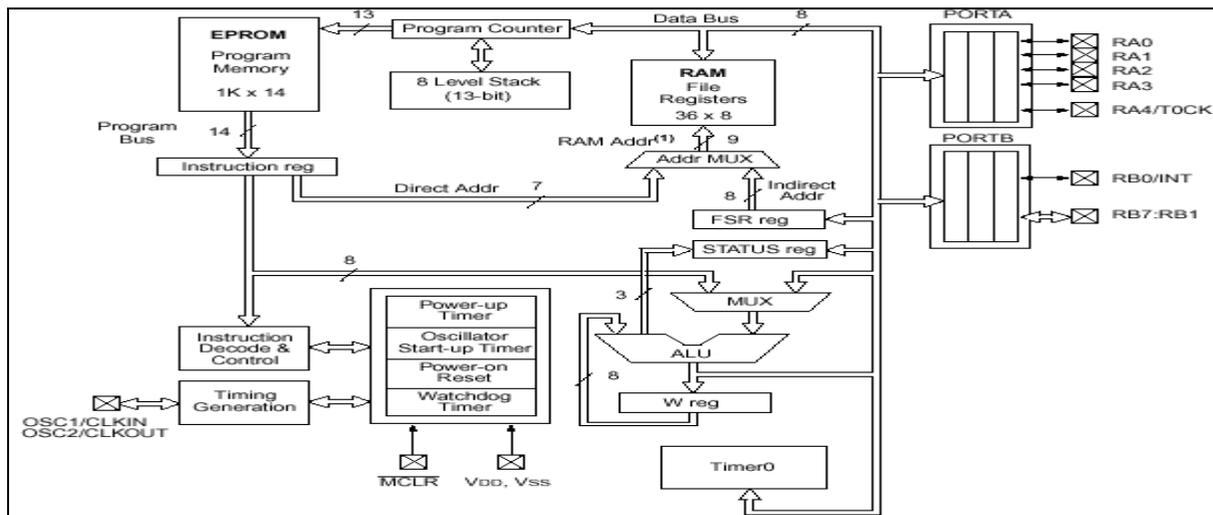


Fig. 2.9. Arquitectura del microcontrolador Motorola 68HC05P3.

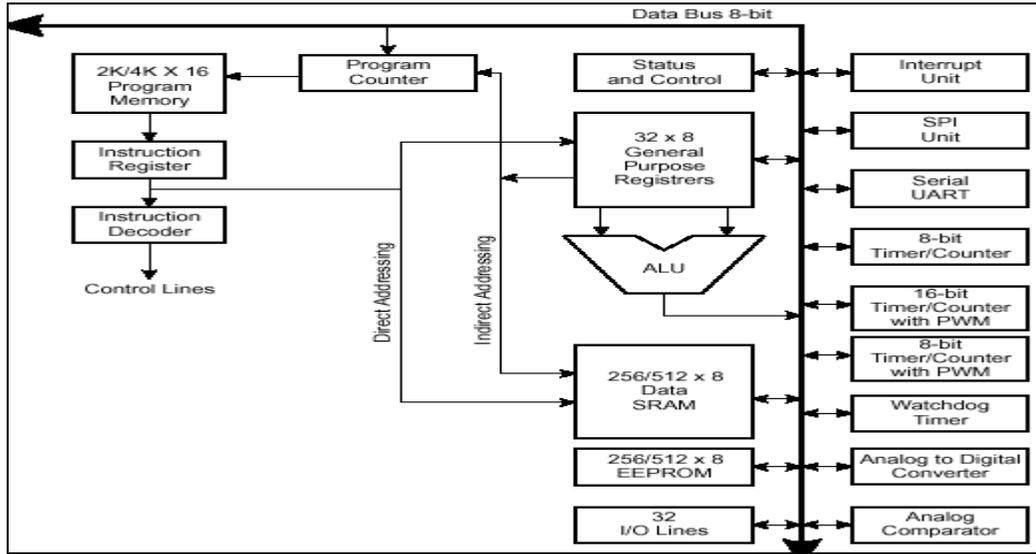


Fig. 2.10. Arquitectura del microcontrolador Microchip PIC16C63.

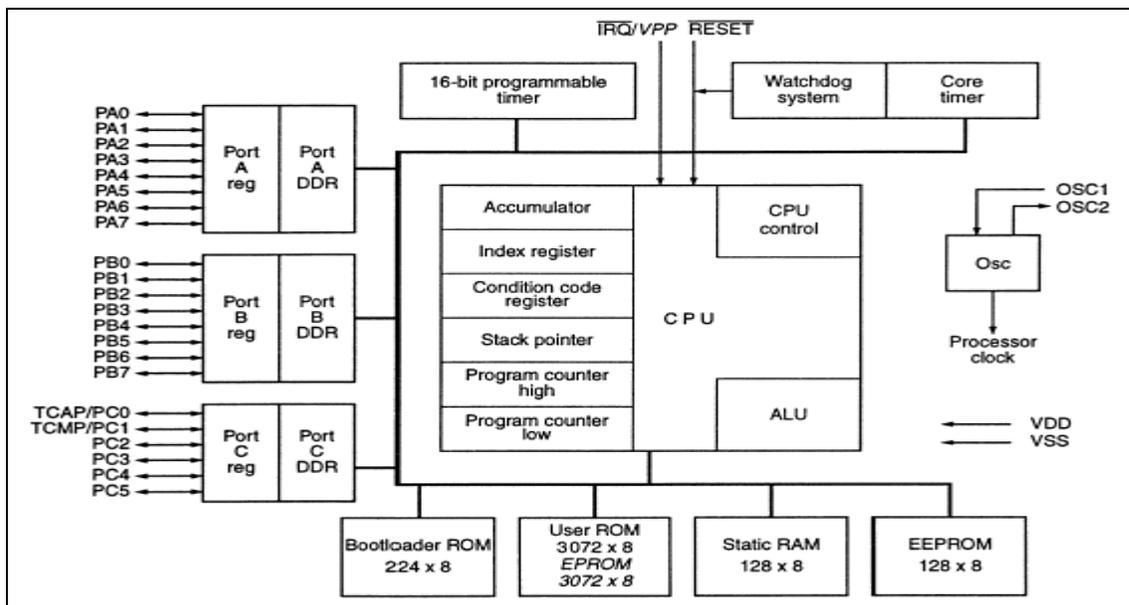


Fig. 2.11. Arquitectura del microcontrolador Atmel AT90S4434.

En base a lo expuesto anteriormente se ha creído conveniente escoger al microcontrolador COP8SGR para el desarrollo del taxímetro, y al microcontrolador COP8SAC para el desarrollo de la impresora. Ello obedece a tres razones principalmente: la primera es que las características que este par de dispositivos presentan son las más adecuadas para llevar a cabo el cometido planteado al inicio del presente trabajo; la segunda es que se cuenta tanto con las herramientas de desarrollo necesarias para trabajar con estos dispositivos, así como con experiencia generada al haber trabajado con estos dispositivos anteriormente; y, finalmente, se tiene el apoyo que el personal técnico de National Semiconductor de México ofrece a los diseñadores.

Los siguientes apartados explican con más detalle las características de la familia COP8 y a los microcontroladores COP8SGR y COP8SAC.

2.6. Microcontrolador COP8 de National Semiconductor

2.6.1. GENERALIDADES

Cada miembro de la familia COP8 se puede encontrar en diversas presentaciones y encapsulados; esto es lo que da a esta familia su versatilidad. Un mismo dispositivo se puede encontrar en encapsulados que van desde 16 hasta 64 terminales, DIP y SOIC³, y en presentaciones ROM, de desarrollo, y Flash⁴. Un punto importante a destacar es el trato personalizado que esta casa da a los diseñadores que utilizan sus productos. A pesar del hecho de que esta línea de microcontroladores no ha sido muy difundida, National Semiconductor cuenta con oficinas en la Cd. de México con personal altamente capacitado, que está dispuesto a ofrecer soporte técnico, que va desde seminarios gratuitos y visitas personales hasta el obsequio de muestras de sus productos para que el diseñador no tenga ningún problema al momento de su desarrollo.

El microcontrolador COP8 es un dispositivo que nunca había estado al alcance del aficionado o del pequeño fabricante. Pero éste no ha sido un microcontrolador de 8 bits fallido. Es un completo microcontrolador diseñado para el control a nivel de bit.

El COP8 tiene una poderosa CPU de 8 bits, direccionamiento de 15 bits (ROM máxima de 32 kbytes) y un set de instrucciones similar al 8051.

³ DIP (Dual In Line Package). Encapsulado con una fila de terminales en un lado del dispositivo y otra fila en el extremo de enfrente. SOIC (Small Outline Integrated Circuit). Circuito integrado de montaje superficial.

⁴ Tecnología que permite reprogramar el dispositivo sin retirarlo del circuito impreso.

Dependiendo del dispositivo en particular, el COP8 contiene ROM/OTPROM⁵/FLASH, RAM, entradas/salidas digitales, temporizadores, convertidor analógico/digital, generador PWM, canales síncronos/asíncronos de comunicación (UART, MICROWIRE/PLUS), comparadores analógicos, red RC (resistencia-capacitor) para generación de reloj, amplificadores operacionales, sensores de temperatura, etc. El consumo típico es de 12 mA, con modos de bajo consumo que pueden alcanzar menos de 1 uA, típicamente 500 nA. Un COP8 típico contiene:

- CPU con procesador booleano
- Procesador 100% estático, es decir, que puede trabajar con frecuencias tan bajas como 1 Hz
- 14 fuentes de interrupción
- 1, 2, o hasta 3 temporizadores/contadores/generadores PWM (modulador por ancho de pulso) de 16 bits
- Puerto síncrono de comunicaciones seriales MICROWIRE/PLUS
- Puerto asíncrono de comunicaciones seriales
- Hasta 56 terminales de entrada/salida (mínimo 11 terminales + Vcc/GND/Reset/CKI)
- Hasta 512 bytes en RAM (mínimo 64 bytes)
- Hasta 32 Kbytes en OTPROM
- Baja emisión electromagnética

La Fig. 2.14. muestra el diagrama a bloques de los elementos que se encuentran en todos los miembros de la familia COP8. Cada uno de los elementos se explican en los siguientes apartados.

⁵ OTPROM (One Time Programmable ROM). Memoria ROM que el usuario sólo puede programar una vez.

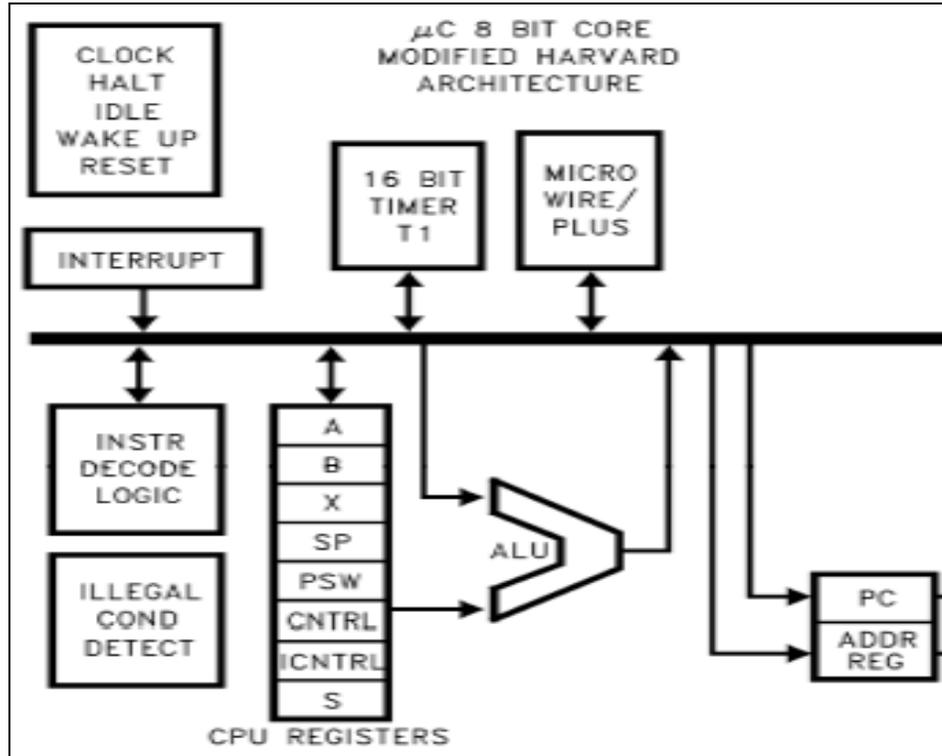


Fig 2.14. Elementos comunes a todos los miembros en la familia COP8.

El juego de instrucciones está optimizado para operaciones a nivel de bit, muy comúnmente utilizadas en las aplicaciones de "tiempo real". El procesador booleano provee soporte directo para manipulación de bits. Esto garantiza programas más eficientes que necesiten trabajar con entradas y salidas binarias inherentes a los problemas de control digital. Se puede utilizar el direccionamiento por prueba de bit para hacer el monitoreo de terminales o para banderas de control del programa.

2.6.2. ARQUITECTURA

El COP8 es una arquitectura Harvard modificada. Con la arquitectura Harvard, la ROM está separada de la memoria de datos (RAM). Ambas, ROM y RAM, tienen cada una su propio espacio de direccionamiento con buses separados (hay una dirección cero para ROM y otra dirección cero para RAM).

EL COP8, aunque basado en la arquitectura Harvard, permite transferencias entre ROM y RAM (de aquí el término arquitectura Harvard modificada).

La CPU del COP8 contiene un acumulador (A) de 8 bits para realizar a través de él todas las operaciones lógico-aritméticas, así como algunas de transferencia. Incluye además dos registros índice (X, B) para poder moverse a través de todo el espacio de memoria. El contar con dos registros índice significa que el COP8 es muy poderoso en el procesamiento de datos. Aunque la CPU es de 8 bits, el COP8 tiene algunos periféricos de 16 bits y más (temporizadores, bloque divisor de 24 entre 8, bloque multiplicador de 16 por 8, convertidor analógico/digital de 16 bits). Además de ello se cuenta con un puntero de pila, SP (stack pointer), de 16 bits e instrucciones para manipulación de la pila.

2.6.3. SUBSISTEMAS ONBOARD

A continuación se presenta una lista descriptiva de los bloques funcionales más comunes que se pueden encontrar dentro de los miembros de la familia COP8.

Timer. El sistema del temporizador principal contiene un contador de 16 bits (2 registros de 8 bits cada uno) corriendo a 1 useg con un cristal de 10 MHz. Los temporizadores tienen al menos un registro asociado y todos los miembros de la familia extendida tienen dos registros. Todos los temporizadores tienen al menos una exactitud de 1 us y pueden ser configurados en los siguientes modos:

- Contador de eventos externos (con opción de escoger el flanco de activación)
- Temporizador PWM registro de autocarga
- Temporizador con captura de tiempo transcurrido (con opción de escoger el flanco de activación)
- Generadores de tren de pulsos - Algunos dispositivos contienen salidas PWM de 16 bits con una resolución de 100 ns.

Modo Multi-Input Wakeup (MIWU). Este modo es para despertar al COP8 después de haber entrado tanto al modo HALT como al modo IDLE. Alternativamente MIWU puede también ser usado para generar 8 interrupciones externas programables independientemente. El usuario puede decidir el flanco de activación.

Convertidores analógico/digitales. Son convertidores de 8 bits, 8 canales de aproximaciones sucesivas; dos terminales dedicados sirven para el voltage analógico de referencia. El tiempo requerido para una conversión depende del *prescaler* (una conversión más rápida consume más potencia). Los convertidores tienen los siguientes modos de operación:

- Una sola conversión de un canal
 - Conversión de un canal continua
-

- Una sola conversión diferencial
- Conversiones diferenciales continuas

Algunos dispositivos soportan los convertidores de rampa - el dispositivo contiene una fuente de corriente constante, un comparador, un multiplexor analógico, y un par de timers de 16 bits. Todos ellos pueden ser configurados para trabajar como convertidores analógico/digitales de 16 bits.

UART/USART. Bloque de comunicaciones seriales síncronas/asíncronas. Se pueden generar las velocidades de transmisión más comunes (300, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400) sin requerir más cristales externos que el normal. La operación síncrona ocurre a 16 veces la velocidad asíncrona. Los formatos de comunicaciones que soporta son: 1 bit de start, 7/8/9 bits de datos, con/sin paridad, y 1/2 bits de parada.

MICROWIRE/PLUS. Es un puerto de comunicaciones seriales síncronas, que utiliza 4 canales: reloj (SK), entrada de datos (SI), salida de datos (SO), y selección de dispositivo (opcional) y su velocidad de máxima de transferencia es de 16us/byte. En el mercado se pueden encontrar dispositivos que soportan este protocolo: A/D's, D/A's, EPROM, EEPROM, FLASH, MUX'S, controles de audio, etc.

Comparadores. Son comparadores diferenciales con un par de terminales de entrada (positiva y negativa) y una salida. puede ser habilitado/deshabilitado vía software, y la salida puede ser direccionada hacia un terminal de salida o simplemente dejarla como un bit de comparación dentro del circuito integrado.

BrownOut. Es un circuito de protección integrado que restablece al dispositivo cuando el voltage de operación (V_{cc}) es menor que el voltage *BrownOut*. El dispositivo se mantiene en estado de *reset* mientras el voltage V_{cc} no supere el voltage *BrownOut*. El dispositivo volverá a trabajar (desde el *reset*) después de que el V_{cc} haya superado el voltage *BrownOut*.

Controller Area Network (CAN). Algunos COP8's soportan aplicaciones que requieren una interfaz CAN de baja velocidad. Esta interfaz es compatible con la especificación CAN 2.0 Parte B, sin la capacidad de transmitir/recibir tramas largas. El dispositivo soporta una velocidad de bus de 1 Mbit/s con un oscilador de 10 MHz y mensajes de 2 bytes.

Bloque divisor/multiplicador. Este bloque soporta multiplicaciones de 1 byte por 2 bytes (resultado de 3 bytes) en un ciclo de instrucción, y divisiones de 3 bytes entre 2 bytes (resultado de 2 bytes) en dos ciclos de instrucción.

2.6.4. JUEGO DE INSTRUCCIONES

La eficiencia del juego de instrucciones está basado en las siguientes características:

- La mayoría de las instrucciones son de sólo un byte para minimizar el tamaño del programa
- La mayoría de las instrucciones de un byte utilizan un ciclo de instrucción para minimizar el tiempo de ejecución
- Contiene instrucciones de un byte y múltiples funciones, por ejemplo DRSZ (Decrement Register and Skip if Zero)
- Contiene 3 punteros: dos para direccionamiento indirecto y uno para acceso a la pila
- 16 registros que permiten optimizar algunas instrucciones
- Habilidad para poner a 0/1 y probar bits individuales en la memoria de datos, incluyendo los puertos y registros
- Contiene instrucciones de carga indirecta LOAD y EXCHANGE con auto post-incremento/decremento opcional del registro puntero. Esto permite elevar la eficiencia (en tamaño como en tiempo) en cargas, movimientos y procesamiento de bloques en la memoria de datos

En el Apéndice A se puede encontrar el juego completo de instrucciones, así como una explicación de los modos de direccionamiento.

2.7. COP8SAC

Además de las características que son comunes a todos los miembros de la familia COP8, el microcontrolador COP8SAC agrega las siguientes características:

- Memoria de programa OTP (One Time Programable, una sola programación) de 4 Kbytes
 - Memoria de datos estática de 128 bytes
 - Temporizador programable de 16 bits
 - Temporizador de carrera libre y modo de bajo consumo IDLE
 - Modo Multi-Input Wakeup
 - Watchdog y Clock Monitor
 - Otras características: oscilador en circuito RC, Power On Reset, congelamiento programable de la terminal SK de la interfaz MICROWIRE para reducir el consumo, y una terminal WDOUT/G1 con pull-up y de I/O.
-

La Fig. 2.6. muestra el diagrama a bloques de este microcontrolador. Los elementos que se encuentran dentro de las líneas punteadas son los bloques comunes a todos los dispositivos de la familia, mientras que los bloques fuera de las líneas son particulares al COP8SAC.

2.8. COP8SGR

Este es uno de los dispositivos más poderosos con que cuenta la familia COP8. Además de las características comunes a la familia, el COP8SGR incorpora:

- Memoria ROM de 32 Kbytes
- Memoria RAM de 512 bytes
- 3 temporizadores independientes programables de 16 bits cada uno
- Temporizador de carrera libre y modo de bajo consumo IDLE
- Modo Multi-Input Wakeup
- Watchdog y Clock monitor
- UART (unidad asíncrona universal de transmisión/recepción serial)
- 2 comparadores analógicos

La Fig. 2.7. muestra el diagrama a bloques de este microcontrolador. Los elementos que se encuentran dentro de las líneas punteadas son los bloques comunes a todos los dispositivos de la familia, mientras que los bloques fuera de las líneas son particulares al COP8SGR.

Desarrollo del sistema

En este capítulo se describen las características con las que debe cumplir el taxímetro y la impresora. Así mismo, se muestra el desarrollo detallado del sistema, teniendo en primer lugar al taxímetro y finalmente la impresora.

3.1. Taxímetro

3.1.1. DESCRIPCIÓN

Los elementos que conforman el taxímetro son: una pantalla de 10 dígitos, un teclado de cuatro pulsadores, un conector por el cual recibirá la alimentación eléctrica y la señal del transductor, y otro conector para las comunicaciones; todo ello será alojado en un gabinete. Este gabinete tendrá la particularidad de ser desmontable y por ello incluirá una base que pueda ser fijada al panel frontal del vehículo.

3.1.2 FUNCIONES

Se utilizarán seis dígitos de la pantalla tanto para mostrar el importe a pagar como otras leyendas: el nombre y CURP (Clave Única de Registro de Población) del dueño de la unidad, el teléfono, el número de placas, el número de serie del taxímetro, el reloj/alarma, la estructura tarifaria, y todos los totalizadores.

Tres dígitos más se utilizarán para mostrar un importe extra que se carga a la tarifa en uso debido a diversas circunstancias, tales como el exceso de pasajeros y el exceso de equipaje.

Un dígito se utilizará para mostrar el número de tarifa en uso para un viaje en particular.

El acceso a todas las funciones del taxímetro será a través de un teclado multifuncional. Cada tecla tendrá de una a tres funciones.

- Tecla 1. Se utilizará para: entrar al modo de escoger la tarifa y para moverse hacia el elemento anterior dentro de una serie de opciones.
- Tecla 2. Se utilizará para: entrar al modo Menú, moverse hacia el elemento siguiente dentro de una serie de opciones, y seleccionar el importe extra.
- Tecla 3. Se utilizará para: encender el taxímetro, entrar al modo "En servicio", e introducir órdenes.
- Tecla 4. Se utilizará para: apagar el taxímetro y cancelar órdenes.

Como se mencionó en los primeros capítulos, la función principal de un taxímetro es la de calcular el costo de un viaje en un auto de alquiler con base en los parámetros de tiempo y distancia. El sistema propuesto realizará este cálculo utilizando la combinación de ambos parámetros, es decir, se apoyará en la velocidad de cambio de arrastre para tomar en cuenta o no el parámetro a utilizar en cada momento.

Así mismo, este dispositivo contará con funciones tales como evitar alguna manipulación del sensor de pulsos y un sistema de seguridad para desmotivar y disminuir el robo de este tipo de instrumentos. También incorporará un reloj-alarma, totalizadores y memoria de datos fijos.

La totalidad de funciones son:

- *Tarifas.* Manejará 10 tarifas totalmente independientes, donde cada una de ellas tiene valores para el primero y siguientes incrementos también independientes.

- *Reloj.* Este reloj dará la hora en el formato de 24 horas, y no tendrá que ser puesto cada vez que se interrumpa la alimentación, ya que el taxímetro incluirá un RTC (Real Time Clock, Reloj de Tiempo Real) con una batería de respaldo.
- *Alarma.* Esta alarma deberá ser puesta por el usuario y dará un aviso sonoro cuando la hora establecida sea alcanzada.
- *Datos.* El sistema mostrará en pantalla datos de control y de operación de la unidad.

Datos de operación. Se refieren a los parámetros necesarios para operar como taxímetro. Será posible visualizar para todas y cada una de las tarifas: el costo inicial (banderazo), el costo de cada incremento, el tiempo y la distancia para alcanzar el primer incremento, y el tiempo y la distancia para alcanzar los incrementos subsecuentes.

Datos de control. Se refieren a los datos del dueño y de la unidad. Será posible visualizar: el nombre del dueño de la unidad, el teléfono, el CURP, el número de placas, el número de serie del taxímetro y del auto, y la constante K del vehículo.

- *Totalizadores.* El sistema contará con 6 totalizadores: cobro total acumulado, distancia total recorrida por el auto, distancia y tiempo en servicio, número de viajes y número de incrementos.

Cobro total acumulado. Se refiere a que los importes a pagar en cada viaje son acumulados, pudiendo llevar así un control más exacto sobre los cobros

Distancia total recorrida por el vehículo. Es la distancia que ha recorrido el vehículo con/sin pasaje.

Distancia y tiempo en servicio. Es la distancia y el tiempo acumulados por todos los viajes realizados.

Número de viajes: Es el total de viajes con pasaje que ha realizado el taxímetro.

Número de incrementos: Es el total de incrementos en la tarifa.

- *Contador de pulsos.* Este será un contador que servirá para la prueba y calibración del taxímetro.

3.2. DESARROLLO

El primer paso en la descripción del desarrollo consiste en realizar un bosquejo del sistema que incluya a los módulos que contempla el proyecto ULTIMAX, como lo muestra la Fig. 3.1., ello con la finalidad de determinar las prioridades y el establecimiento de los *qué* y los *cómo*. Luego, cada módulo se descompone en módulos más pequeños, y estos a su vez en módulos más pequeños, hasta alcanzar un nivel que permitiera el desarrollo e implementación de cada célula básica. Una vez completadas las células, estas se pegan una con otra hasta llegar otra vez a constituir el todo.

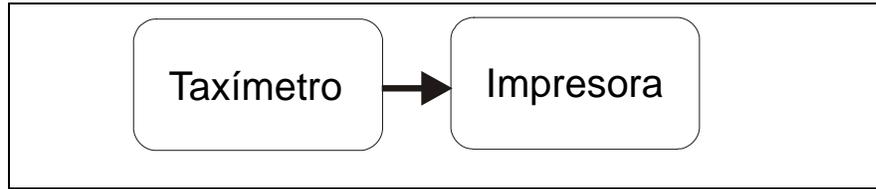


Fig. 3.1. Elementos que componen al proyecto *ULTIMAX*.

Esta metodología se utilizará tanto en el desarrollo del hardware como del software. Además, tanto en la propuesta de solución como en el desarrollo se tienen que tomar en cuenta otros factores como costos, calidad y tiempo.

Como se ha mencionado, el corazón del sistema es el taxímetro, por lo que éste llevará la prioridad más alta.

El siguiente paso en el desarrollo del taxímetro es establecer lo que éste tiene que hacer. Para ello se parte de la problemática presentada en el capítulo 1 y de los parámetros que marca la Norma Oficial Mexicana. De esta manera se definieron las funciones del taxímetro como siguen:

- Calcular el cobro de un viaje en base a los parámetros de tiempo y distancia.
- Imprimir en una pantalla el importe del viaje, importe extra, la hora, totalizadores y datos referentes al taxímetro.
- Hacer uso de un teclado de 4 pulsadores.
- Desalentar su robo implementando un código de acceso de 5 dígitos.
- Manejar 10 tarifas independientes y perfectamente diferenciadas.
- Rapidez para el retarifamiento.
- Manejar comunicaciones seriales.
- Costo moderado.
- Autobloqueo ante intentos de fraude.
- Fácil utilización por parte del usuario.
- Robusto, resistente y durable.

La Fig. 3.2. muestra los diferentes bloques constitutivos del taxímetro. Como se observa, son varias las funciones que el taxímetro debe realizar simultáneamente. El bloque denominado "Teclado" es el que se encargará tanto de sensar los pulsadores, como decodificarlos, para saber qué tecla fue presionada y así realizar la tarea que le corresponda al pulsador. El bloque "Impresión en pantalla" se encargará de presentar en la pantalla del taxímetro toda aquella información que sea concerniente al usuario del taxímetro. El bloque "Retarifamiento" es el que se encargará de la comunicación con una computadora para grabar en la memoria del taxímetro los datos correspondientes a nuevas tarifas. El bloque "Estructura tarifaria" es el que manejará todo lo relativo al uso de las tarifas. Este punto es importante porque, además de obtener de la memoria los parámetros tiempo y distancia para realizar los incrementos, la tarifa se escogerá de acuerdo al horario, es decir, si se trata de una tarifa de día, o de una tarifa de noche, por lo que el usuario no podrá utilizar una tarifa que no corresponda con el horario indicado. El bloque "Cálculo del cobro" es el que calculará el importe a pagar, apoyándose en los datos dados por el bloque "Estructura tarifaria". El bloque "Seguridad" es el que tendrá la tarea de verificar que no se intente cometer algún tipo de fraude (como los mencionados en el Capítulo 1), y en caso de que se sucedan, llevará al taxímetro a un modo de bloqueo.

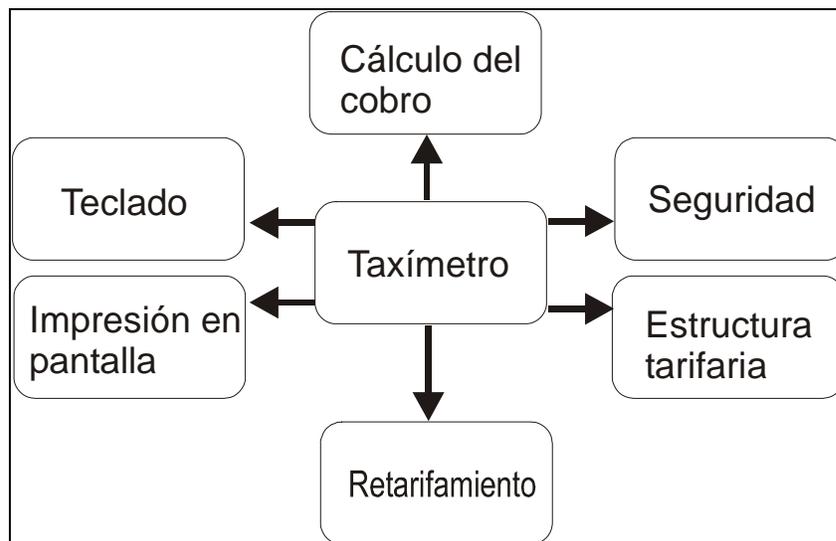


Fig. 3.2. Principales funciones del taxímetro.

3.2.1 DISEÑO DEL HARDWARE

Teniendo en cuenta los puntos anteriores se iniciará el diseño de la arquitectura hardware. Se partirá de la Fig. 3.3. para obtener una idea más clara de las funciones internas que que el taxímetro

deberá de manejar. Los cuatro bloques de la izquierda, ya fueron comentados anteriormente, sólo que ahora se deben ver más desde la parte electrónica y no tanto conceptualmente. El bloque "Sonidos" se encargará de generar un sonido según se den algunos eventos del taxímetro. El bloque "Comunicaciones" es el que se encargará de enviar/recibir información de y desde dispositivos periféricos, como la impresora, y en el caso del retarifamiento, de y desde una computadora. El bloque "Energía eléctrica" es el módulo encargado en lidiar con el sistema eléctrico del automóvil. Aunque parezca algo trivial, los fallos en el sistema eléctrico causan la mayoría de los problemas en los taxímetros, por lo que será importante darle una adecuada atención a este punto.

Todos los bloques serán abordados en detalle un poco más adelante.

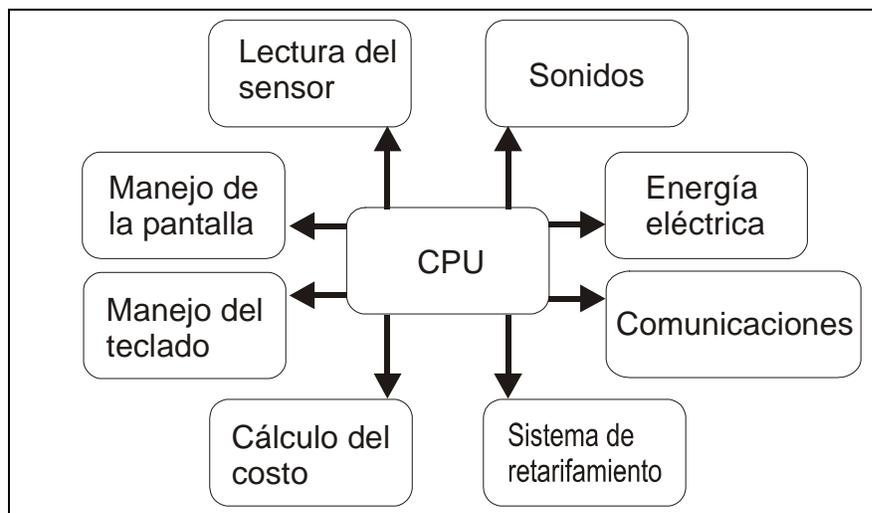


Fig. 3.3. Diagrama a bloques del taxímetro.

La Fig 3.4 es un diagrama a bloques que muestra la interrelación que existe entre el microcontrolador y las diversas funciones que tiene que llevar a cabo el taxímetro. Esta figura da la pauta para iniciar con el desarrollo de la arquitectura. El microcontrolador COP8SGR de 44 terminales en encapsulado PLCC será el cerebro del taxímetro, dado las características que presenta y de las cuales se habló en el capítulo anterior. Se escogió que fuera de 44 terminales porque ocupa menos espacio y es más económico que uno de 40 terminales. La Fig. 3.5 muestra el aspecto físico de este microcontrolador.

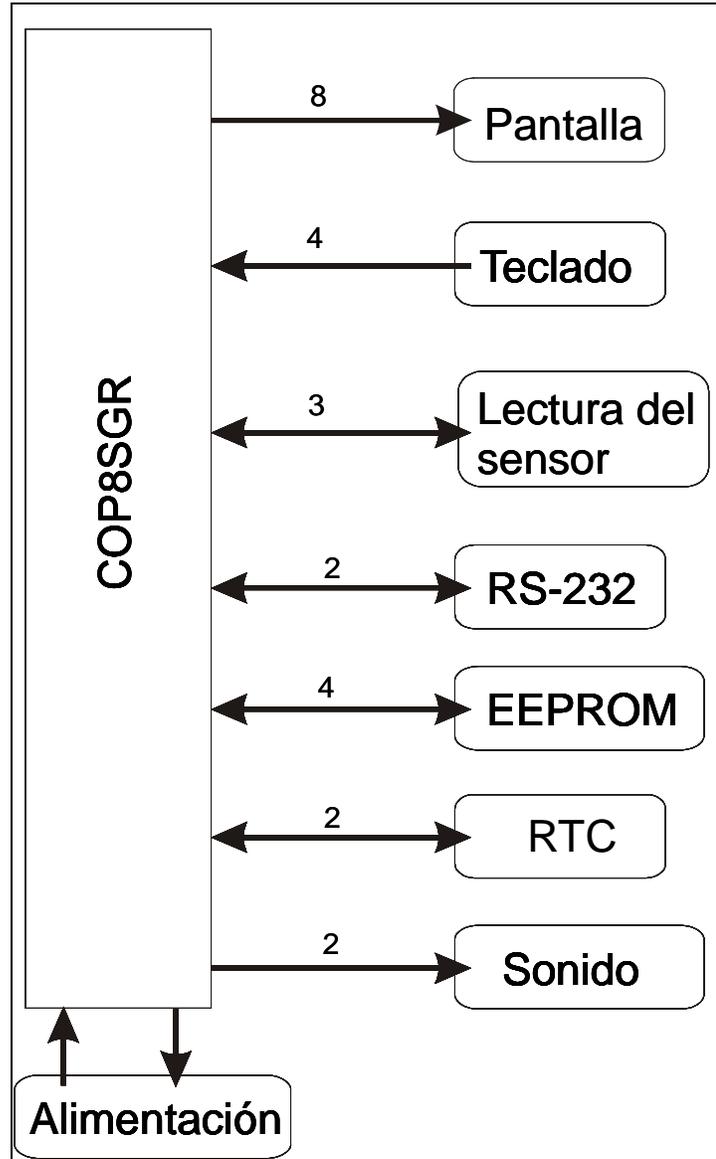


Fig. 3.4. Diagrama a bloques que permitió calcular el tipo de encapsulado a utilizar.



Fig. 3.5. Microcontrolador COP8SGR744Q3.

Una vez que se tiene decidido cuál será el cerebro del taxímetro, se procede a la implementación de los componentes auxiliares. Se seguirá el orden mostrado en la Fig. 3.4.

- **Pantalla**

El primer bloque, "Pantalla", es el encargado de manejar el conjunto de los diez visualizadores con que cuenta el taxímetro. Todos los visualizadores son de 8 segmentos y cátodo común; cada segmento se puede alimentar con hasta 30 mA, y teniendo encendidos los 8 segmentos, el consumo de corriente por cada visualizador puede llegar hasta los 240 mA, y este número multiplicado por 10, que es el número de visualizadores, da como resultado 2.4 A, lo cual es una corriente muy difícil de manejar. Sin embargo, el método de visualización que se utilizará es el denominado "multiplexado en el tiempo", que significa que sólo un visualizador estará encendido cada vez por un corto periodo de tiempo. Este esquema permite reducir el consumo de corriente y el número de líneas utilizadas para el control de la pantalla. De esta manera, cada segmento únicamente consumirá no más de 6 mA. El microcontrolador, en su puerto D, no es capaz de proveer esta corriente, por lo que será necesario incorporar un amplificador de corriente, que presenta 8 amplificadores en un mismo encapsulado, y que es apto para suministrar hasta 24 mA por cada terminal. Para el caso de los cátodos, cada uno tendrá que soportar la corriente resultante de la suma de los 8 segmentos, que será de hasta 48 mA. Por lo tanto, también será necesario incluir un amplificador de corriente por cada cátodo, ya que el puerto F sólo puede proveer hasta 1.6 mA. El amplificador a utilizar está conformado por un arreglo de 7 amplificadores Darlington en el mismo encapsulado, y cada amplificador puede manejar hasta 500 mA de corriente. Como se observa, el consumo de corriente bajó drásticamente, gracias al método de "multiplexado en el tiempo", tema del cual se abundará más adelante en este mismo capítulo, en el apartado de programación. El Apéndice B contiene las hojas de especificaciones de los componentes utilizados en este trabajo. La Fig. 3.6 muestra

la forma en que se conectaron los componentes para el control de los segmentos, mientras que la Fig. 3.7. muestra los componenetes para el control de los cátodos .

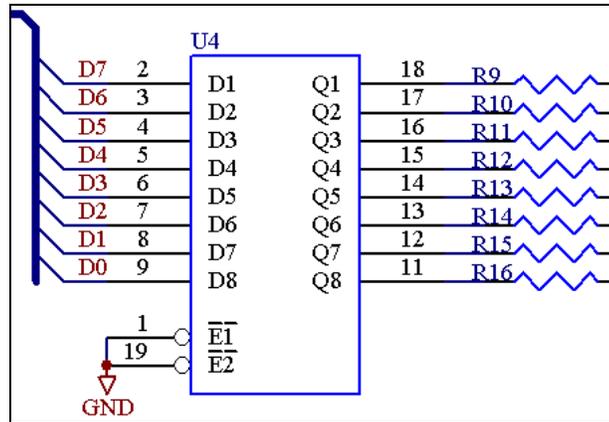


Fig. 3.6. Control de los segmentos.

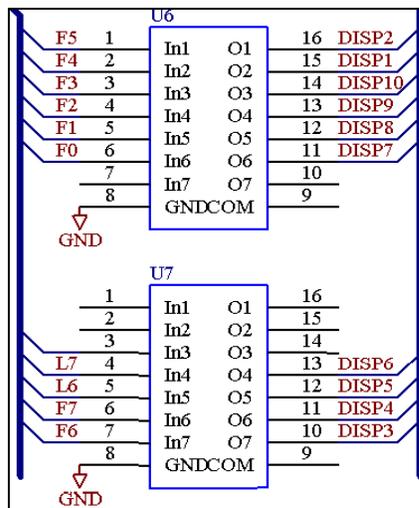


Fig. 3.7. Control de los cátodos.

- **Teclado**

El teclado es un arreglo de 4 interruptores conectados a la parte superior del puerto C (C4 a C7). Una terminal de cada interruptor se conecta a Vcc, mientras que la otra terminal es conectada a a un extremo de una resistencia (y la otra terminal de esta resistencia a GND) y al microcontrolador. Con esta

configuración se fuerza a que se lea un 0H en la parte alta del puerto C cuando ningún interruptor ha sido presionado. En el apartado de programación se explica a detalle cómo se lee y se decodifica este teclado.

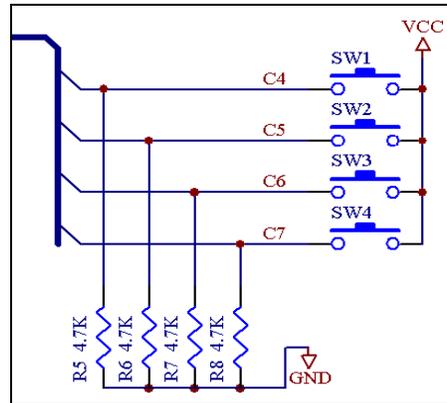


Fig. 3.8. Diagrama eléctrico del teclado.

- **Lectura del sensor**

El circuito de recepción de pulsos se diseñará de manera que, junto con el software, detecte los intentos de fraude. Este sistema se basará en la detección del corte, temporal o permanente, de los cables que van del transductor al taxímetro. Esto se hace para evitar el fraude por el método del efecto antena y del método de señales falsas provenientes de botones externos al taxímetro. El software, al detectar que una línea se ha abierto, automáticamente pasará a un estado de bloqueo que indica un intento de fraude, y sólo el fabricante o la autoridad podrán sacarlo de ese estado. Ver. Fig. 3.9.

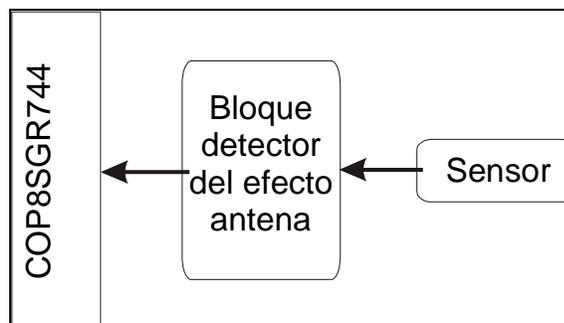


Fig. 3.9. Circuito de recepción de pulsos.

- **Puerto RS-232**

El taxímetro incluirá un puerto serial RS-232 estándar con la finalidad de cumplir con el concepto de modularidad de la cual se habló al principio. El microcontrolador cuenta con un puerto UART TTL *full-duplex* 100% configurable por software, sin embargo, esta UART trabaja con el voltage de alimentación del microcontrolador, 5 V, por lo que será necesario agregar un circuito que se encargue de acoplar este voltage a los voltages del estándar RS-232. El circuito utilizado únicamente necesita cuatro capacitores de 1 uF como elementos externos. Como conector se utilizará un jack estéreo para montaje en circuito impreso. Ver Fig. 3.10.

A través de este puerto será como el taxímetro se comunicará, en primera instancia, con una computadora, para llevar a cabo el retarifamiento, y con la impresora. Si más adelante se necesitase que el taxímetro se comunique con dispositivos diferentes a los mencionados, sólo será cuestión de agregar a éste el código correspondiente, ya que también se incluirá un protocolo de comunicaciones que soportará funciones tales como leer un registro de la RAM, escribir a un registro de la EEPROM, entre otros. Este protocolo se abordará detalladamente en el apartado de programación.

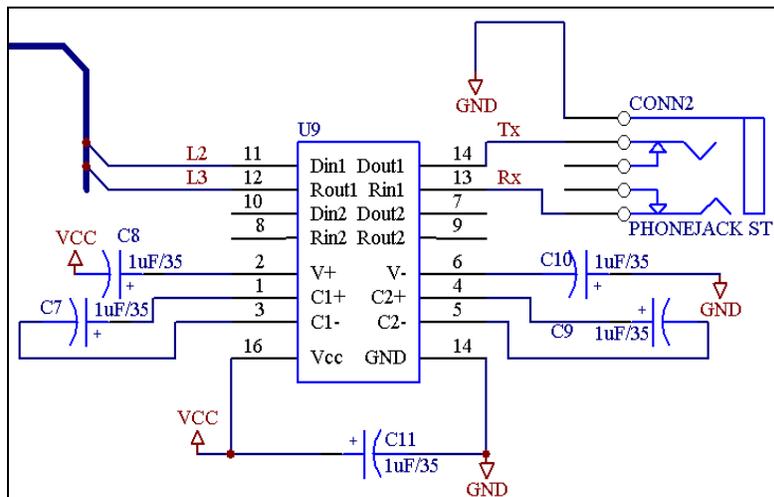


Fig. 3.10. Circuito de interfaz RS-232.

- EEPROM

Como memoria de datos no volátiles se utilizará una memoria EEPROM. Este es un dispositivo serial de 4096 bits en un arreglo de 512 palabras de 8 bits. Esta memoria se maneja a través del protocolo MICROWIRE/PLUS directamente, ya que cuenta con una entrada de reloj (CLK), una línea de entrada de datos (DI), y otra línea para salida de datos (DO). Así mismo, cuenta con otra línea para

selección de dispositivo (CS) y se alimenta a partir de 5 volts, ver la Fig. 3.11. Esta memoria se utiliza para almacenar la estructura tarifaria, los datos estadísticos y los datos de usuario. Más adelante, en el apartado de programación, se explica la forma en cómo se organizarán los datos dentro de la memoria, así como la implementación de las funciones de lectura y escritura. Observese de la Fig 3.9., que la terminal Vcc de esta componente no se conecta directamente al bus de alimentación, sino que pasa a través de una red diodo-resistencia-capacitor. Esta red tiene como propósito fundamental evitar la pérdida de datos en caso de que la alimentación fallara durante una operación de escritura, y funciona de la siguiente manera: inmediatamente que se aplica la alimentación al taxímetro, el capacitor C4 se carga a través de D2, y se mantiene así hasta que la alimentación es interrumpida. Cuando este caso suceda, el taxímetro intentará alimentarse del voltage desarrollado a través de las terminales de C4, pero el diodo D2 no permite que fluya ninguna corriente hacia el resto del circuito, así el capacitor C4 se descargará a través de R3 y de la memoria, por lo que ésta última tendrá una reserva de voltage temporal para que pueda autodesactivarse adecuadamente, y evitar así la pérdida de datos cuando la alimentación es interrumpida a la mitad de una operación de escritura. R3 funciona como un segundo camino para que la corriente instantánea suministrada por C4 no dañe a la EEPROM. C12 sirve como filtro para los transitorios.

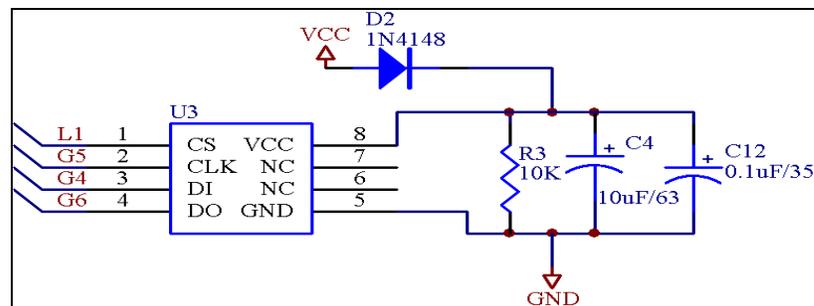


Fig. 3.11. Memoria de datos no volátiles.

- **RTC**

El sistema incorporará un reloj de tiempo real y una alarma. Debido a que el taxímetro deberá mantener la fecha y la hora, aún sin alimentación, se ha optado por incorporar un RTC (Real Time Clock, Reloj de Tiempo Real). Se utilizará un circuito de Maxim-Dallas, ya que entre otras características permite una operación con doble batería, una principal y otra de respaldo, siendo esta última una batería del tipo de las utilizadas en las calculadoras de bolsillo. La comunicación entre el reloj y el microprocesador es del

tipo serial y sólo utilizará 3 líneas. La generación del reloj interno es a través de un cristal de 32.768 kHz, ver Fig. 3.12.

Es importante destacar que el usuario no podrá en ningún momento alterar ni el reloj ni la fecha, por lo que si dada alguna circunstancia el reloj perdiera la hora, ésta sólo podrá ser reestablecida vía el programa de retarifamiento, el cual se encontrará en los centros de venta autorizados.

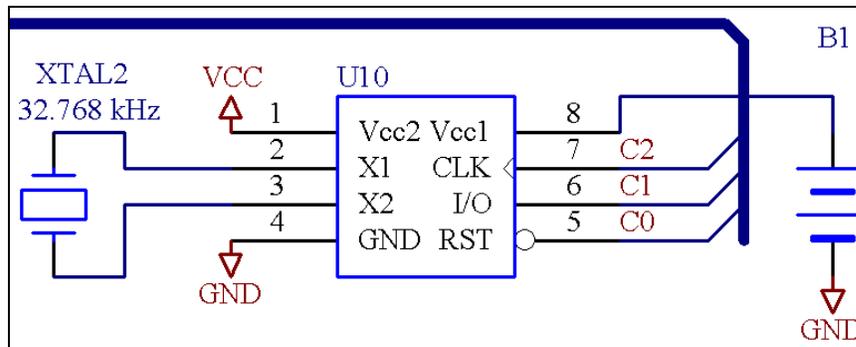


Fig. 3.12. Circuito para el Reloj de Tiempo Real (RTC).

- **Sonido**

Para la implementación de la alarma se utilizará uno de los tres temporizadores con los que cuenta el microcontrolador COP8SGR. Este temporizador trabajará en modo PWM en una frecuencia aproximada de 3 kHz, y la salida de este temporizador será conectará a un búzer piezoeléctrico, ver Fig. 3.13. La generación de los "beeps" será a través de una frecuencia modulada, donde la frecuencia portadora será de 3 kHz, y la moduladora será una señal de baja frecuencia de aproximadamente 2 Hz, donde ésta última será generada por retardos en el programa. En el apartado de programación se explica la forma en que la alarma funciona desde el punto de vista del usuario.

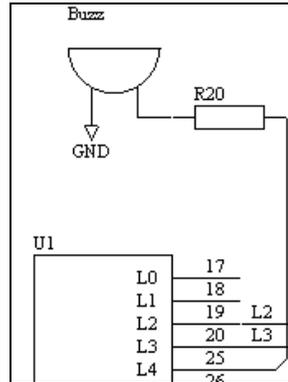


Fig. 3.13. Circuito de alarma.

- **Alimentación**

Como todos los dispositivos electrónicos que componen al taxímetro trabajan a partir de un voltage de 5 Vdc, es necesario incorporar un regulador que baje los 12 Vdc de la batería del vehículo en un voltage seguro para el funcionamiento de los otros componentes. Este dispositivo es un regulador de voltage 7805, que se acompaña por unos capacitores de desacople que ayudan a reducir los rizados y los transitorios. Así mismo, se han agregado un par de diodos para proteger al taxímetro en caso de cortos e inversiones de polaridad. El diodo D5 evita que haya un flujo de corriente en el caso de una inversión de polaridad, mientras que el diodo D6 evita que el capacitor C6 se descargue a través del regulador (corriente en sentido de la salida hacia la terminal 3) en caso de que la terminales 1 y 2 de este regulador se pusieran en corto circuito. Ver Fig. 3.14.

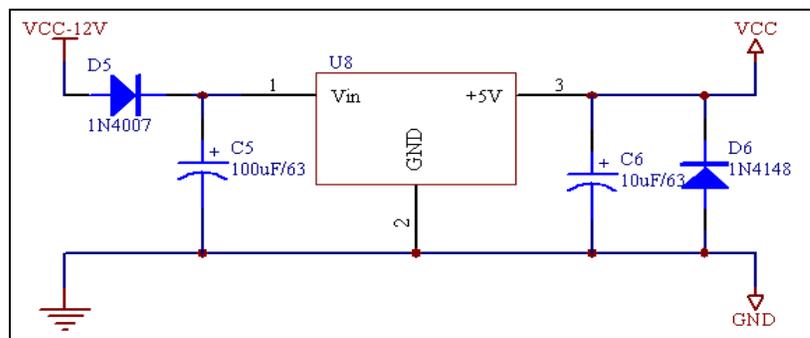


Fig. 3.14. Convertidor de voltage.

Aunque físicamente este separado de la fuente de alimentación, se considera como parte del mismo al circuito de reset del microcontrolador. El reset es la parte del microcontrolador que se encarga

de asegurar un buen arranque del mismo luego de haber sido conectada la alimentación al sistema, además de que, entre otras cosas, permite inicializar al microcontrolador a voluntad del usuario. Se le debe prestar mucha atención debido a que como el taxímetro se encuentra tanto en un sistema inherentemente ruidoso, así como que muchas veces los vehículos donde se instalan no cuentan con un sistema eléctrico fiable, entonces el taxímetro se encuentra propenso a fallas eléctricas y/o ruido que se manifiestan en un mal funcionamiento del dispositivo. Aunque el microcontrolador incorpora un sistema interno de reset, denominado *On-Chip Power-On_Reset*, éste no es lo suficientemente robusto como para asegurar un funcionamiento correcto, ya que para que este sistema cumpla con su tarea, luego de haber salido del reset, el voltage de alimentación deberá ser menor de 0.2 V, para asegurar un buen arranque, y esto no siempre es posible. Por ello se incorporará un circuito conocido como "supervisor de voltage". Este circuito sensa el voltage de alimentación y mantiene un "1" lógico a la entrada de reset del microcontrolador mientras el voltage se encuentre por arriba de 4.75 V. Cuando el voltage cae de este valor, el supervisor de voltage pone un "0" lógico en la terminal de reset, forzando a que el microcontrolador entre al estado de reset, y se mantendrá en esta condición mientras el voltage se encuentre por debajo de 4.75 V. Ver Fig. 3.15.

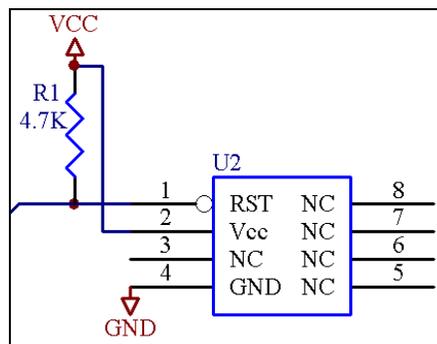


Fig. 3.15. Circuito de reset.

3.2.2 DISEÑO DEL SOFTWARE

El diseño del software es la parte más compleja del taxímetro. Esto se debe a que los microcontroladores permiten una importante reducción de hardware, pero esta reducción está acompañada de un aumento de la programación. Por ello se hace necesario planificar esta según las tareas que el taxímetro tiene que cumplir.

El código se dividirá en dos capas o estratos: bajo y alto nivel. El bajo nivel se refiere a las rutinas que interaccionan directamente con el hardware; el alto nivel se refiere a las rutinas que son

independientes del hardware. Por ejemplo, una rutina de bajo nivel sería aquella que determina qué tecla se ha presionado; una de alto nivel sería la que maneja el menú de funciones del taxímetro. Esta arquitectura tiene como ventaja que cambios en el hardware no afectan, o mínimamente, las rutinas de alto nivel y viceversa. Ver Fig. 3.16

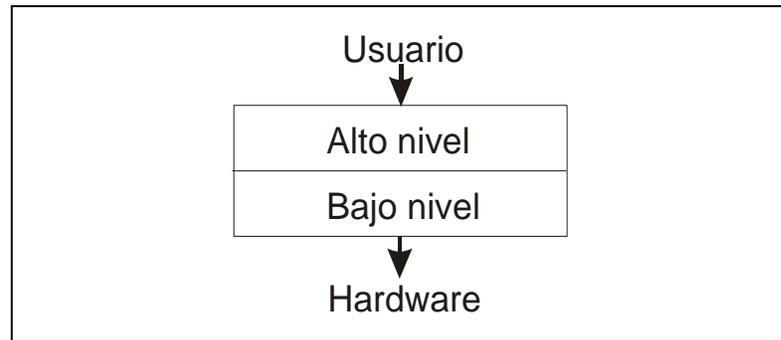


Fig. 3.16. Niveles para programación.

Por lo tanto la primera capa que se deberá implementar es la de bajo nivel, y luego la capa de alto nivel.

Las dos primeras rutinas que se tendrán que diseñar son la de captura de pulsos y la de conteo de tiempo, ya que éstas son clave para realizar las funciones del taxímetro.

- **Captura de pulsos**

Esta rutina se generará por una interrupción en la terminal G1 del taxímetro. Cada vez que un pulso sea detectado en G1, la rutina manejadora de la interrupción incrementará dos acumuladores. Uno de ellos realizará el conteo de la distancia recorrida con/sin pasaje, y el otro determinará (en caso de que el taxímetro se encuentre en el modo "en servicio") cuando se deba realizar un incremento por distancia en la tarifa. El siguiente pseudocódigo muestra estas operaciones.

```

INICIO InterrupciónPorPulsos
  HACER Incrementar contador de distancia total
  SI Está en servicio ENTONCES
    HACER Incrementar contador de distancia para caídas en la tarifa
    SI contador de distancia para caídas en la tarifa = 250 ENTONCES
      HACER una caída en la tarifa
      HACER contador de distancia para incrementos = 0
      HACER contador de tiempo para incrementos = 0
    FIN SI
  FIN SI
FIN InterrupciónPorPulsos
  
```

- **Conteo de tiempo**

La segunda rutina, conteo de tiempo, también se generará por una interrupción, sin embargo, esta será un poco más compleja que la anterior por lo siguiente: el microcontrolador, por sí mismo, no contiene una base de tiempo de 1 segundo exacto, por lo que esta se deberá implementar vía software. Como se vió del capítulo anterior, el COP8 contiene un temporizador de carrera libre, T0, que siempre está corriendo en modo descendente. Cada vez que este temporizador llega a cero se genera una interrupción, la cual es cada $4096tc$, ó 4.096 ms con un cristal de 10 MHz. Cada 244 (1/4.096 ms) ocurrencias de esta interrupción significa que ha transcurrido un segundo. Esta nueva base se utilizará para controlar el reloj-alarma, y determinará (en caso de que el taxímetro se encuentra en el modo "en servicio") cuando se deba realizar un incremento por tiempo en la tarifa. El siguiente pseudocódigo muestra la estructura de esta la interrupción por T0, y está dividido en 4 partes, donde: A) controla el contador de tiempo para realizar los incrementos, B) control del reloj, C) control de la alarma, y D) lectura del teclado. Este orden está regido por la prioridad de las operaciones.

```

INICIO InterrupciónPorT0
  HACER incrementa contador de base de tiempo
  SI contador de base de tiempo = 244 ENTONCES
    HACER contador de base de tiempo = 0
  A) SI está en servicio ENTONCES
    HACER incrementar contador de tiempo para caídas en la tarifa
    SI contador de tiempo para caídas en la tarifa = 45
      HACER una caída en la tarifa
      HACER contador de distancia para incrementos = 0
      HACER contador de tiempo para incrementos = 0
    FIN SI
  FIN SI
  B) HACER incrementar contador de segundos
  SI contador de segundos = 60 ENTONCES
    HACER contador de segundos = 0
    HACER incrementar contador de minutos
    SI contador de minutos = 60 ENTONCES
      HACER contador de minutos = 0
      HACER incrementar contador de horas
      SI contador de horas = 24 ENTONCES
        HACER contador de horas = 0
      FIN SI
    FIN SI
  FIN SI
  C) SI está activada la alarma ENTONCES
    SI hora de la alarma = hora del reloj ENTONCES
      HACER generar sonido
    FIN SI
  D) IR a leer el teclado
  FIN SI

```

Es importante explicar lo siguiente: cuando el taxímetro se encuentre en modo "en servicio", ambos contadores, de distancia y de tiempo, estarán siempre corriendo simultáneamente, independientemente de si el auto está por arriba o por abajo de la velocidad de cambio de arrastre, *Vca*. Dicho en otras palabras, el taxímetro generará un incremento por lo primero que llegue, ya sea el tiempo o la distancia. Es importante aclarar que la posibilidad de que ocurra un doble incremento en caso de que ambos acontecimientos se den al mismo tiempo es nula, ya que como ambos parámetros, tiempo y distancia, son manejadas por interrupciones, la interrupción por pulsos tiene prioridad sobre la interrupción por tiempo, lo que significa que el incremento por distancia será el que sea tomado en cuenta, anulando el incremento por tiempo.

- **Impresión en el visualizador**

El método de impresión que se utilizará, como fue mencionado en el apartado de hardware, será el multiplexado en el tiempo, esto es, que sólo un dígito está encendido en cada instante de tiempo. Este método tiene la ventaja de minimizar el número de terminales de control necesarias y un significativo ahorro de energía. La rutina funcionará de la siguiente manera: primeramente se reservaron 10 localidades de memoria, *videomem*, como búfer de impresión. Cada que una rutina quiera imprimir en la pantalla, deberá escribir el texto en la *videomem* (este texto debe pasar previamente por una rutina que cambie el formato ASCII en un formato que permita tener un texto legible en la pantalla). El refresco de la pantalla tendrá que ser a una frecuencia que a la vista parezca que todos los visualizadores están encendidos al mismo tiempo, lo que medido por métodos experimentales da como resultado una frecuencia de 600 Hz. Para poder lograr esta tasa de refresco, fue necesario utilizar el temporizador T1 en modo PWM (Pulse Width Modulation, Modulación por Ancho de Pulso) como base de tiempo, ya que T0 es demasiado lento para este propósito, 244 Hz, como se mencionó anteriormente. Al igual que este último, T1 corre en modo descendente y cada que llega a cero se genera una interrupción que lleva al COP8 a la rutina manejadora; una vez dentro de esta rutina, un puntero a la cadena, *pv*, determinará qué carácter será impreso, y un contador ascendente, *mux*, que se incrementa en cada entrada a la rutina, indica qué dígito será el que se active en ese momento. El siguiente pseudocódigo muestra el funcionamiento de esta interrupción.

```
INICIO InterrupciónPorT1
  HACER desactivar segmentos
  HACER desactivar dígitos
  HACER carácter a imprimir = carácter apuntado por pv
  HACER dígito a activar = mux
  HACER incrementar pv
```

```

HACER incrementar mux
SI mux > 09 ENTONCES
  HACER mux = 0
  HACER pv = dirección de inicio de la videomem
FIN SI
FIN InterrupciónPorT1

```

- **Teclado**

El método de lectura del teclado será el siguiente: cada que se genera una interrupción debido a T0, y al final del proceso que se lleva a cabo dentro de la rutina manejadora de esta interrupción, el teclado es leído (ver el inciso D del pseudocódigo de la interrupción por tiempo). Como se recordará, este teclado es lineal activo en nivel alto, por lo que si se lee un 0xh en el puerto C significará que no se ha presionado ninguna tecla; si se lee cualquier otro valor significa que se ha presionado una o más teclas. Por razones de funcionalidad, se restringirán los posibles valores del teclado a los siguientes: 10h, 20h, 40h, 80h; por lo tanto cualquier otro valor no se tomará en cuenta (las 'x' indican que el valor de la parte alta del puerto no importa, ya que el teclado sólo utiliza la parte alta). Si después de leer un valor se determina que éste es correcto se procederá a llevar a cabo un retardo de aproximadamente 80 ms. Luego del retardo se volverá a leer el puerto C, y si el valor es el mismo que el leído anteriormente, entonces se entrará a una rutina que es una máquina de estados (de ésta se hablará más adelante) que redirige el flujo del programa según la tecla que se haya presionado. Aun más, si la tecla se dejara presionada por más de 2 segundos ésta reenviará entradas del teclado, y si sigue presionada por más tiempo la velocidad de reenvío aumenta. Una aplicación de esta función de aumento de velocidad, entre otras, será la puesta de la alarma: si se están introduciendo las horas (o los minutos) y se deja presionada la tecla, entonces el contador de horas (o minutos) se moverá rápidamente en la pantalla. El siguiente pseudocódigo muestra la operación de esta función.

```

INICIO LecturaDelTeclado
  SI parte alta del puerto C <> 0 ENTONCES
    HACER retardo de 80 ms
    SI parte alta del puerto C <> 0 ENTONCES
      HACER guardar valor
      IR a rutina ruteadora
    FIN SI
    HACER retardo 2 seg
    SI parte alta del puerto C <> 0 ENTONCES
100:   HACER guardar valor
      IR a rutina ruteadora
    FIN SI
    HACER retardo 200ms
    SI parte alta del puerto C <> 0 ENTONCES
      IR a 100:
    FIN SI

```

FIN SI
FIN LecturaDelTeclado

- **Clave de acceso**

Como medida de seguridad este taxímetro utilizará un código de acceso de 5 dígitos decimales que se ingresarán cada vez que se reconecta la alimentación eléctrica. Esta forma de acceso es muy útil en el caso de robo del taxímetro. Cuando se reestablezca la alimentación, el taxímetro entrará a un modo de bloqueo; en esta modalidad todas las funciones del taxímetro quedan inhibidas. Para salir de este modo se introduce la clave, y si esta clave coincide con el código del taxímetro, este volverá a su funcionamiento normal; por lo tanto, si el ladrón no conoce el código, entonces no podrá utilizar el taxímetro, quedando a partir de ese momento desechable. Con ello se pretende desalentar el mercado negro.

La rutina operará de la siguiente manera. Cada que se reestablezca la alimentación, el taxímetro mostrará la leyenda "Código", y se quedará en un lazo infinito hasta que se introduzca una clave de 5 dígitos decimales (para una explicación de cómo se ingresa la clave, consúltese el Apéndice C, el cual contiene el manual del usuario del taxímetro). Una vez que se hayan ingresado los 5 dígitos, el taxímetro comparará esta clave con la que está en su memoria (cada taxímetro saldrá de la fábrica con un código y nadie podrá cambiarlo). Si ambos códigos coinciden el taxímetro iniciará sus operaciones como tal; si los códigos no coinciden entonces el taxímetro volverá a hacer la petición de clave y se mantendrá en ese estado hasta que se introduzca la clave correcta. El siguiente pseudocódigo muestra cómo funciona esta rutina.

```

INICIO LecturaClaveDeAcceso
  HACER imprimir leyenda "Clave"
  100: SI se han introducido 5 dígitos ENTONCES
    SI código de la llave = código en la EEPROM del taxímetro
      IR modo "libre"
    SINO
      IR 100:
    FIN SI
  FIN SI
FIN LecturaClaveDeAcceso

```

- **Menú**

Una parte esencial de las rutinas de alto nivel será el sistema de menús. Como se había mencionado previamente, el taxímetro contará con 4 pulsadores, y cada uno tendrá asignada una o más funciones, pero en cuanto al sistema de menús concierne, cada pulsador tendrá las siguientes funciones (ver Fig 3.17.) :

- Tecla 1. Movimiento al elemento anterior del menú
- Tecla 2. Movimiento al elemento siguiente del menú
- Tecla 3. Acceso al elemento del menú
- Tecla 4. Movimiento hacia el nivel de menú anterior

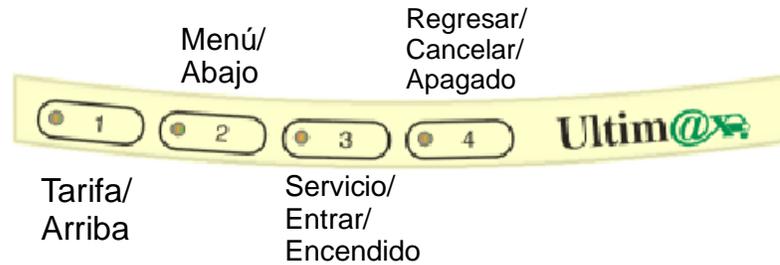


Fig. 3.17. *Aspecto físico del teclado.*

Se implementará este sistema debido a las numerosas funciones con que cuenta el taxímetro. Su funcionamiento estará basado en una máquina de estados, es decir, la secuencia de rutinas que se llevan a cabo no es lineal, sino que cada estado depende del anterior, y a su vez los estados estarán determinados por la tecla que se haya presionado. Por ejemplo, estando en el estado "Libre" podrán suceder cuatro cosas: a) se presione la tecla 1, b) se presione la tecla 2, c) se presione la tecla 3, d) se presione la tecla 4.

Mientras no se presione ninguna tecla, el taxímetro se mantendrá en el estado "Libre" indefinidamente hasta que suceda cualquiera de los casos a) al d). Para el inciso a), el taxímetro entrará al modo de "Escoger tarifa", y a partir de este momento, las cuatro teclas cambiarán de función con respecto al estado "Libre". Continuando en el estado "Libre", para el inciso b) se tendría que se entra al modo "Agregar extras" (y si esta opción no estuviera disponible, se entraría al modo "Escoger tarifa", pero en modo descendente), y en ambos casos, las teclas cambiarán de función. Para el inciso c) se entrará al modo "En servicio" con la tarifa predeterminada (tarifa 1). Para el caso d) el taxímetro será apagado, ver Fig. 3.18.

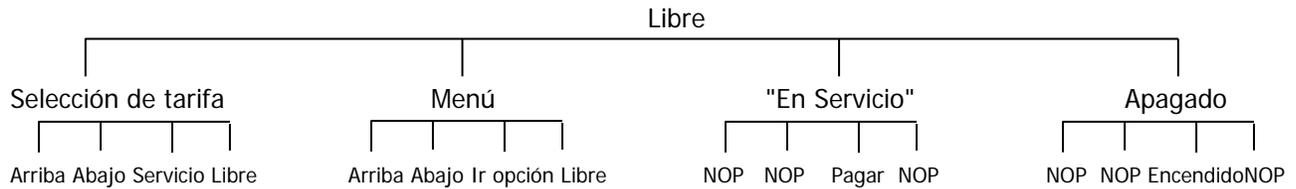


Fig. 3.18. Funciones que puede tomar el taxímetro a partir del estado "Libre".

Cada estado tendrá un número de secuencia, y cada que se entre a un nuevo estado este número será actualizado para apuntar al siguiente. Cada que se presione una tecla, y después de validarla, el microcontrolador irá a una tabla donde se encontrarán todos los estados posibles que puede tomar el taxímetro, y dependiendo del número de secuencia, y de la tecla presionada, el programa salta a la rutina que le corresponda. Por ejemplo, dentro de la rutina de la alarma (donde la tecla 1 incrementará las horas, la tecla 2 incrementará los minutos, la tecla 3 actualizará la alarma, y la tecla 4 saldrá sin haber realizado ningún cambio) cada que se presione la tecla 1 ó 2, el número de secuencia apuntará otra vez hacia la propia alarma, sin embargo, cuando se presionen las teclas 3 ó 4 se apuntará a rutinas diferentes. Y de esta misma forma, todos los demás estados seguirán el mismo patrón. La tabla 3.1 muestra como un estado y la posición de las teclas llevan al siguiente estado.

Estado	Tecla 1	Tecla 2	Tecla 3	Tecla 4
0	Nada	Nada	Encendido	Nada
1	Escoger tarifa	Menú	Servicio	Apagado
2	Nada	Nada	A Pagar	Nada
3	Nada	Nada	Fin	Nada
4	Tipo tarifa++	Tipo tarifa--	Servicio	Libre
5	Menú items++	Menú items--	Reloj	Libre
6	Reloj items++	Reloj items--	Ver la hora	Menú
7	Al. horas++	Al. minutos--	Pone la alarma	Reloj
8	Total items++	Total items--	Ver totalizadores	Reloj

9	Datos items++	Datos items--	Ver datos	Reloj
...

Tabla. 3.1. *Secuencia de estados en el taxímetro.*

Otro ejemplo de la aplicación de esta tabla sería de la siguiente manera: cuando el taxímetro arranca por primera vez (estado de bajo consumo, es decir, sólo está atento a lo que suceda con el teclado, y nada más) el estado al que apunta es el estado 0 (para simplificar la notación, a partir de ahora se utilizará estado.0 para referirse a un estado en particular), lo que significa que si se presiona la tecla 1, 2 ó 3, el taxímetro no hará nada, se mantendrá en estado.0, pero si se presiona la tecla 3, el taxímetro iniciará su funcionamiento, "Libre", y al mismo tiempo, estado = 1. Dentro de estado.1, si se presiona la tecla 1, el taxímetro irá a estado.4; si se presiona la tecla 2, el taxímetro irá a estado.5; si se presiona la tecla 3, el taxímetro irá a la rutina "En servicio" (con la tarifa por defecto, es decir, la número 1), la cual es la rutina principal del taxímetro como tal; si se presiona la tecla 4, el taxímetro irá a estado.0, lo cual significa que regresa al estado de bajo consumo. Suponiendo que se presiona la tecla 1 en estado.1, se tiene que la tarifa a operar será la número 1, y estado se mantiene en estado.4. Si se vuelve a presionar la tecla 1, ahora la tarifa será la 2, y así sucesivamente. Si se presiona la tecla 2, entonces se tendría que el número de tarifa retrocedería una posición, continuando con el ejemplo, se tendría: tarifa = 1, y así sucesivamente ($0 \leq \text{tarifa} \leq 9$). Si se presiona la tecla 3, el taxímetro irá a la rutina "En servicio", pero con el número de tarifa que se escogió. Si se presiona la tecla 4, el taxímetro volvería al estado "Libre".

- **Estados "Libre", "En servicio" y "A pagar"**

A continuación se codificarán las rutinas básicas para el funcionamiento del taxímetro como tal: los estados "Libre", "En servicio" y "A pagar". El estado "Libre" básicamente lo que hará será entrar a un lazo infinito, no sin antes haber escrito la leyenda "Libre" en la *videomem*, y reestablecer a sus valores originales algunas variables. Para salir de este lazo, será necesario que se presionen cualquiera de las cuatro teclas, como ya se explicó anteriormente. A continuación se muestra el código correspondiente a la rutina "libre".

```

libre:      clrsp          ; Resetea el stack pointer
           skbr          01          ; Apunta al estado "en servicio"
           rbit         4, T2CNTRL  ; Apaga la alarma

```

```
.ifdef EXTRAS          rbit    5, PORTLD          ;
                        ; Si el cobro extra está habilitado
                        sts                ; entonces pone los contadores
                        ld    extras, #00    ; a cero
                        ld    extras + 1, #00
                        rss
.endif
libre10:               ld    fare, #00      ; Tarifa por defecto
libre15:               clrscr           ; Limpia la pantalla
                        puts    _Libre      ; Escribe la leyenda "Libre"
libre15:               ; Loop infinito. El taxímetro se mantendrá en
                        go    libre15       ; este estado hasta que sea presionada cualquier
                        ; tecla.
```

Cuando se presione la tecla 3 el taxímetro pasará del estado "Libre" al estado "En servicio". En este nuevo estado todas las funciones del taxímetro quedarán anuladas y ninguna tecla funcionará, excepto la tecla 3 que lo lleva al estado "A pagar", del cual se hablará un poco más adelante.

Inmediatamente después de haber entrado al estado "En servicio", el número de secuencia será actualizado para apuntar al estado "A pagar". Luego se bajará la tarifa correspondiente desde la EEPROM; si se entra directamente a este estado desde el estado "Libre" entonces se tomarán los parámetros de la tarifa 0 como parámetros de trabajo, ello debido a que la tarifa 0 será la tarifa predeterminada. En el caso de que en el estado "Libre" se presione la tecla 1, cuya función será la de seleccionar el número de tarifa, las cuales van desde 0 hasta 9, entonces se entrará al modo "En servicio" con los parámetros correspondientes al número de tarifa seleccionado. Los parámetros de trabajo para cualquier tarifa serán: costo inicial (banderazo), costo de cada incremento, y el tiempo/distancia para hacer los incrementos. Una vez que se han definido los parámetros de operación se actualizará el contador de viajes. También se tendrá que obtener el número de pulsos equivalentes a 250 m ($K/4$) y el tiempo para realizar los incrementos (*tinc*).

Una vez que se tienen estos datos, lo que sigue es un lazo infinito en el cual el taxímetro se quedará contabilizando el tiempo y la distancia para calcular el costo del viaje. En el primer punto de entrada a este lazo el taxímetro verificará si es el primer incremento o no. Esto se hará ya que durante el primer incremento el taxímetro mostrará en el visualizador, alternadamente, el banderazo y el tipo de tarifa activado, pero a partir del segundo incremento sólo se muestra el importe acumulado; sin embargo, después de cada incremento se alternarán, durante algunos segundos, el importe acumulado y el tiempo y la distancia recorrida acumulados, luego de lo cual sólo se mostrará el importe acumulado hasta que caiga el siguiente incremento y el ciclo se repetirá indefinidamente. Como se mencionó más

atrás, el conteo del tiempo y distancia se llevan por interrupciones, por lo cual el lazo en el cual cae el taxímetro durante este estado consta sólo de algunas instrucciones.

El objetivo de mostrar el tiempo y la distancia acumulados después de cada incremento es que el usuario que usa frecuentemente el servicio de taxi conozca este par de parámetros y se pueda cubrir de posibles excesos por parte del prestador del servicio. Por ejemplo, si un usuario aborda un taxi en su casa y realiza un viaje de, por ejemplo, 3.1 km hasta su lugar de trabajo, se tiene que se le cobrará una cantidad por ese trayecto. Si al día siguiente ese usuario vuelve a relizar el mismo trayecto, no sería posible, ni lógico, que el mismo, o algún otro prestador del servicio le cobrara una cantidad mayor por una distancia que no se corresponda con la distancia original de 3.1 km. De ahí la importancia de mostrar estos parámetros.

Cada que caiga un incremento, y no importando cual haya sido la fuente, tiempo o distancia, el taxímetro irá a una rutina que realiza la suma entre el importe acumulado y el costo del incremento, guardando el resultado en el mismo importe acumulado. Luego de ello el taxímetro reestablecerá a sus valores de inicio tanto al contador de distancia como al de tiempo para iniciar una nueva cuenta, y finalmente incrementará al contador de incrementos. El siguiente pseudocódigo muestra el proceso que se lleva dentro del estado "En servicio", mientras que los pseudocódigos de los apartados 'Captura de pulsos' y 'Conteo de tiempo' muestran lo que se realiza dentro de las rutinas de distancia y tiempo, respectivamente, en ese mismo estado.

service:

```

clrsp
skbr    02                ; Apunta al estado "A pagar"

jsr    downinitialfare    ; Baja el costo inicial
jsr    downstepmoney      ; Baja el costo de los incrementos
jsr    downtime          ; Baja el tiempo para hacer los incrementos

load   tstep, tstepm      ; Contador de tiempo

jsr    downdistance      ; Baja la distancia para hacer los incrementos
ld     dsteph, #00        ; Acumulador de distancia para los incrementos
ld     dstepl, #00        ;

jsr    updatetotaltrips   ; Incrementa el contador de viajes

jsr    takeinitialtime    ; Toma la hora de inicio del viaje

ld     dtracumh, #00      ; Acumulador para distancia por viaje
ld     dtracuml, #00

ld     dtriph, #00        ; Contador de distancia por viaje
    
```

```

ld      dtripl, #00

ld      stepc, #00      ; Contador de incrementos
ld      stepc + 1, #00

rbit    FARE, flags0   ; Indica que está en servicio

rbit    FIRSTSTEP, flags0 ; Establece la entrada al primer incremento

serv10:
jsr     CheckSys      ; Intento de fraude??
ifeq    a, #YES       ;
go      _Reset        ; Sí. El taxímetro se resetea y se pierden todos los datos del viaje

ifbit   FIRSTSTEP, flags0 ; Primer incremento??
go      serv20        ; No
                          ; Sí

ld      a, videom + 9  ; Imprime el importe
pusha
clrscr
printtopay
popa
ifbit   0, a
sbit    0, videom + 9

delay   06            ; Retardo

ld      a, videom + 9  ; Imprime el tipo de tarifa
pusha
clrscr
printfaretype
popa
ifbit   0, a
sbit    0, videom + 9

delay   06            ; Retardo

serv20:
ifbit   INCSTEP, flags0 ; Hubo un incremento??
go      serv10        ; No
                          ; Sí
sbit    INCSTEP, flags0 ; Indica que ya se reconoció la petición de incremento
sbit    FIRSTSTEP, flags0 ; Indica que ya pasó el primer incremento

ld      _arg0, #05     ; Alterna 5 veces el importe con la distancia recorrida

serv30:
ld      a, videom + 9  ; Imprime el importe
pusha
clrscr
printtopay

ld      a, fare        ; Imprime el número de tarifa
add     a, #031        ; Internamente el taxímetro comienza desde la tarifa "0",
x       a, arg0        ; pero externamente comienza desde la tarifa "1" para
gotox   #09            ; efectos de cumplir con la norma
jsr     _putch        ;

```

```
popa
ifbit 0, a
sbit 0, videom + 9

drsz _arg0
go serv40
go serv10

serv40:
delay 06

ld a, videom + 9 ; Imprime el importe
pusha
clrscr ; Imprime la distancia recorrida
printdtrip
popa
ifbit 0, a
sbit 0, videom + 9

delay 06

go serv30
```

Para salir de este estado será necesario presionar la tecla 3, la cual llevará al taxímetro al estado "A pagar".

Ya dentro de este último estado, todos los totalizadores serán actualizados y los contadores puestos a sus valores originales. Así mismo, el índice que contiene el número de tarifa se mantendrá con el último valor introducido, para comodidad del usuario. También el número de secuencia se actualizará para que apunte al estado "Libre". Luego, el taxímetro entrará en un lazo infinito donde mostrará alternadamente el importe a pagar, la leyenda "Pagar", el tiempo y distancia del viaje y el número e incrementos en la tarifa, hasta que se presione nuevamente la tecla 3. Con base en lo anterior se mostrará la leyenda "Gracias por su viaje" e inmediatamente regresará al estado "Libre".

- **Alarma**

El taxímetro incorpora una alarma sonora que podrá ser utilizada por el taxista para alertarlo de algún evento relacionado con el tiempo, por ejemplo, ir a recoger a un pasajero a determinada hora, o el término de sus labores por ese día, o algo por el estilo. La alarma funcionará de la siguiente manera: después de haber sido seleccionada la hora a la que se desea que la alarma se active, una bandera es puesta a uno para indicar que cada segundo, dentro de la rutina manejadora del tiempo (véase el pseudocódigo correspondiente a 'Conteo de tiempo'), se debe comparar la hora del reloj con la hora de la alarma; en cuanto ambas coincidan aparecerá la hora del reloj en la pantalla, la bandera de activación es puesta a cero, y a continuación se llama a una rutina que se encarga de generar una secuencia de *beeps* y silencios. Esta secuencia se generará durante 20 veces o hasta que cualquier tecla sea presionada. Cabe aclarar que la alarma no se activará si el taxímetro se encuentra en el modo "En servicio".

- **Datos estadísticos**

Otra de las características del taxímetro es que contará con datos estadísticos, algunos de los cuales ya se mencionaron previamente, y todos ellos podrán ser visualizados en la pantalla del taxímetro. Se leerá el dato del totalizador que se encuentra en la EEPROM y se cargará en la RAM para operar aritméticamente con él, o para presentarlo en la pantalla. En el caso de que se haya efectuado una operación aritmética, el resultado será devuelto a la EEPROM. El siguiente pseudocódigo muestra cómo funciona esta rutina.

```

INICIO UpDateTotalizers
  HACER arg0 = dirección del totalizador en la EEPROM
  IR rutina para bajar los datos de la EEPROM
  HACER guardar datos en RAM
  HACER operaciones aritméticas sobre los datos en RAM
  IR rutina para subir los datos a la EEPROM
FIN UpDateTotalizers

```

En el caso de que se desee visualizar en pantalla el totalizador, se utilizarán las mismas rutinas que muestran las leyendas fijas, tales como "Libre", "A pagar", "Reloj", etc. El siguiente pseudocódigo muestra el código para visualizar la distancia total en servicio.

```

printtotdistserv:
  downtotdistserv          ; Baja el totalizador

  ld      a, arg0          ; El punto decimal es en el display 3
  or      a, #030

```

```

x      a, arg0
printf      ; Imprime
fexit      ; Regresa

```

Estos totalizadores saldrán de fábrica en ceros, y no podrán ser modificados externamente. Para realizar cualquier cambio será necesario contar con el software de retarifamiento que también servirá a este propósito, es decir, a modificar los totalizadores. Sin embargo, este software sólo se encontrará en las instalaciones de la empresa, y sólo personal autorizado podrá tener acceso a él.

- **Datos de control**

Además de los totalizadores, el taxímetro almacenará datos concernientes al responsable de la unidad: nombre, teléfono, CURP, placas, y número de serie del vehículo. Estos datos son fijos, y al igual que los totalizadores, no podrán ser modificados por nadie.

El procedimiento para descargar estos datos de la EEPROM será el mismo que se usará para descargar los totalizadores. La diferencia estriba en la forma en que se presentarán estos datos en pantalla, ya que el tamaño de estos datos normalmente no cabrían enteramente en 6 dígitos. Por esta razón se desarrollará una rutina que muestre la cadena de texto saliendo desde la derecha y recorriendo los 6 dígitos disponibles, terminando por la izquierda y hasta completar la cadena.

- **Leyendas fijas**

Una parte importante del programa será la concerniente a las leyendas fijas que se mostrarán en la pantalla del taxímetro. Una leyenda fija es una cadena que está definida previamente dentro del programa, por ejemplo "Libre", "Reloj", "Total", "Datos", etc. Estas y otras cadenas se encontrarán alojadas en ROM dentro de una tabla. La estructura de esta tabla será similar a los *arrays* de cadenas de lenguaje C, es decir, es un arreglo de caracteres bidimensional, donde el primer índice contendrá la dirección de la cadena, y el segundo el desplazamiento a través de esta. Se desarrollará una rutina, *puts* (PUT String), que escribirá estas leyendas en la pantalla. Esta rutina tendrá como argumento la dirección de inicio de la cadena.

```

ld      a, #low( msg )      ; arg = &msg
x      a, arg0
jsr     _puts

```

Una vez obtenida la dirección de la cadena se entrará a la rutina `_puts` que comenzará por tomar el primer carácter apuntado por la dirección que se le pasó a la rutina. Este carácter, en ASCII, será

llevado a otra tabla para convertirlo a su equivalente binario para escribirlo en la *videomem*. Luego se tomará el siguiente carácter y se repite el proceso hasta que se llegue a un carácter de fin de cadena, EOS. Todas las cadenas almacenadas en ROM tendrán un tamaño máximo de 6 caracteres, más el carácter EOS.

- **Comunicaciones**

Otro aspecto importante a tener en consideración son las comunicaciones. Como se ha venido mencionando desde el primer capítulo, el sistema debe ser modular; de ahí que se haya tomado la decisión de que las comunicaciones estén basadas en el estándar RS-232. Pero además, será necesario desarrollar un protocolo que permita la transferencia de datos entre el taxímetro, la impresora y la PC.

El protocolo será bastante simple: un módulo será el maestro, es decir, será quien lleve el control de las comunicaciones, y otro módulo será el esclavo, quien se limitará a recibir instrucciones. El maestro transmitirá una serie de paquetes, donde cada paquete constará de cabecera, comando, y argumentos, si fuese necesario. El esclavo recibirá los paquetes, los procesará, y finalmente enviará al maestro una señal que indicará si la recepción fue correcta. Si la instrucción no es válida, el esclavo simplemente la ignorará y esperará hasta el siguiente paquete. Para dar inicio a una sesión de comunicaciones, el maestro enviará un primer paquete con el identificador del destino y la instrucción RST, y el esclavo deberá contestar con una instrucción ACK para avisar que está listo para recibir más comandos, y en ese momento ambos estarán preparados para realizar la transferencia de datos. Al final de la sesión, el maestro enviará un comando EOT, y el esclavo contestará con su propio identificador, y la sesión habrá finalizado. Ver Fig. 3.18. Para escribir hacia el esclavo, el maestro enviará: el tamaño del paquete, el comando WR, un byte de *checksum* (para recuperación de errores), y por último los datos que desea escribir. El esclavo deberá contestar con su propio *checksum* calculado. Para leer, el maestro enviará el tamaño del paquete, y el comando RD, y el esclavo contestará con los datos y un byte de checksum; finalmente, el maestro terminará con la instrucción enviando un comando OK hacia el esclavo.

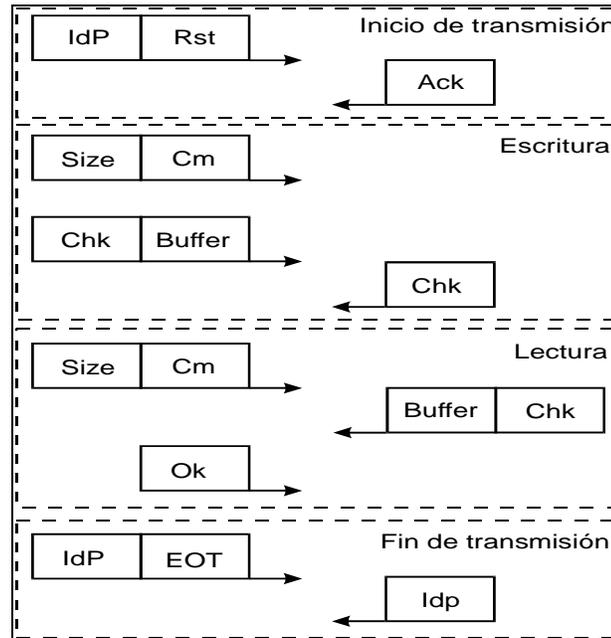


Fig. 3.18. Protocolo utilizado para la transmisión/recepción.

- **Retarifamiento**

Para llevar a cabo el retarifamiento, el protocolo será ligeramente diferente por razones de seguridad. Además de la cabecera normal, se deberá enviar un código de seguridad, y los datos deberán estar encriptados. Existirá un estado especial que llevará al taxímetro al modo de retarifamiento. Una vez ahí, el taxímetro esperará hasta que una PC envíe una señal de inicio de comunicaciones, la cual será una palabra de 64 bits. El taxímetro responderá con otra palabra, esta vez de 32 bits, para indicarle al dispositivo externo que puede comenzar con vaciado de datos. Como se mencionó, los datos se enviarán por paquetes que se encuentren encriptados, y la validación de cada paquete se hará de forma diferente a como se explicó anteriormente. Una vez que todos los datos sean escritos al taxímetro, se realizará un volcado hacia la PC para corroborar que los datos hayan sido escritos correctamente.

- **Macroinstrucciones**

Para hacer la programación en ensamblador más amigable, se recurrirá al uso de macroinstrucciones. Como no es posible cambiar los mnemónicos, es decir, los nombres de las instrucciones, lo que se hará es utilizar las macroinstrucciones para facilitar la programación. Una macroinstrucción es un conjunto de operaciones sencillas referenciadas por un nombre y uno o más argumentos, o ninguno, si es el caso. Una vez definidas las operaciones que van dentro del cuerpo de la

macro, ésta se llama dentro del código del programa utilizando su nombre y, si los hay, los parámetros. Cuando el programa se compila, la macro es substituida con las instrucciones que la componen. La ventaja de usar macros es que si hay porciones de código que se repiten dentro del programa no es necesario estarlas escribiendo cada que se necesiten, en su lugar sólo se escribe el nombre de la macro. Por ejemplo:

Definición de la macro:	En el código fuente se escribe así:	Se compila así:
.MACRO clrscr jsr _clrscr .ENDM	ld a, #034 wkh10: clrscr ; Limpia la pantalla x a, [b+]	ld a, #034 wkh10:jsr _clrscr x a, [b+]

Nótese que esta expresión es homónima a una función de lenguaje C, a excepción que esta no usa los paréntesis. Otro ejemplo sería que en lugar de utilizar:

```
ld    arg0, #05
jsr   _delay
```

se escribiría:

```
delay 05
```

Además de este uso, otra aplicación que se dará a las macros será definir un nombre alternativo para las instrucciones o mnemónicos; por ejemplo, en lugar de utilizar la instrucción 'JMP' ó 'JP' se usará la macro 'go'. Otro uso también es juntar una instrucción con su(s) parámetro(s) en un sólo nombre; por ejemplo, en lugar de utilizar 'push a', con macros se utilizará 'pusha'; en lugar de utilizar 'ld s, #01' , con macros se escribirá 'sts' (de SeT register S), y así sucesivamente.

Es conveniente aclarar la diferencia entre una macro y una rutina. La *macro* es una secuencia de instrucciones que se escriben cada que se le llama. El código es realmente incrustado dentro del programa y esto se hace para ganar velocidad a costa del tamaño del programa. Una *rutina* es un bloque de código que se escribe una sola vez y que cada que se llama se va a ese bloque de código y se ejecuta. Con este esquema se gana en tamaño, pero se pierde velocidad, ya que cada llamada a una rutina consume tiempo guardando y recuperando direcciones de regreso y parámetros. La decisión entre utilizar una macro o una rutina depende de lo que se desee optimizar, tiempo o tamaño.

3.3. PROGRAMA DE RETARIFAMIENTO

Para el caso del programa de retarifamiento será necesario desarrollar un programa para PC, de modo que la captura de datos sea de manera sencilla. Este programa se desarrollará en lenguaje C bajo el sistema operativo MS-DOS. Las figuras Fig. 3.19. y Fig. 3.20. muestran las pantallas de captura de los datos.

Ultimax Technological Systems, S.A. de C.V.							
Programador de taxímetros UPROM R0.1 01/08/2001							
Número consecutivo: 00265							
Número de serie: BI0U8090100265m							
Tarifa	Inicial	1er Inc	Tiempo 1	Dista 1	2do Inc	Tiempo 2	Dista 2
1	4.80		0.65	45	0.250	0.65	45 0250
2	5.20		0.80	45	0.250	0.80	45 0250
3	5.90		1.05	45	0.250	1.05	45 0250
4	0.64		1.25	45	0.250	1.25	45 0250
5	7.25		1.40	4			

Fig. 3.19. Fragmento de la pantalla de captura de datos referentes a la estructura tarifaria.

Ultimax Technological Systems, S.A. de C.V.	
Programador de taxímetros UPROM R0.1 01/08/2001	
Constante K:	01040
Propietario:	FCO JAVIER RODRIGUEZ GARCIA
Teléfono:	57536899
CURP:	ROGF721011HMMDRR09
Modelo del auto:	TSURU 1997
Placas:	L98765

Fig. 3.20. Esta figura muestra la pantalla de captura de datos referentes al dueño de la unidad.

El programa se dividirá en dos partes: la primera tiene que ver con la captura de los datos, y la segunda con la transmisión de los mismos. Para la captura habrá dos funciones: una de captura de datos, es decir, que al mismo tiempo que captura, evita cualquier entrada errónea; y la otra función será para conversión de datos y el llenado del *buffer* de transmisión/recepción.

En la captura de datos se recogerá información acerca de las tarifas (banderazo, costo del incremento, tiempo y distancia), los datos estadísticos y los datos de usuario. Las tarifas serán escritas al *buffer* de transmisión junto con los datos estadísticos y los datos de usuario. A continuación se llamará a la rutina de comunicación, la cual se encargará de abrir el puerto correspondiente, cumplir con el

protocolo de comunicaciones (el cual ya fue mencionado), y finalmente de cerrar el puerto al término de la transmisión del *buffer*. La transmisión de datos se llevará a cabo por el puerto serial de la PC. El siguiente pseudocódigo muestra el procedimiento llevado a cabo durante la captura y transmisión de datos.

```
INICIO CapturaTransmisiónDeDatos
10: HACER capturar datos de la estructura tarifaria
    SI no están correctos los datos de la estructura tarifaria ENTONCES
        IR a 10
    SINO
20: HACER capturar datos del usuario
    SI no están correctos los datos del usuario ENTONCES
        IR 20
    FIN SI
    HACER convertir la estructura tarifaria a BCD natural
    HACER escribir la estructura tarifaria en el búfer de transmisión
    HACER escribir los datos del usuario en el búfer de transmisión
    HACER poner a ceros los totalizadores
    HACER escribir los totalizadores en el búfer de transmisión
    HACER abrir el puerto de comunicaciones
    SI el puerto no se abrió exitosamente ENTONCES
        HACER imprimir mensaje de error
        SALIR
    FIN SI
    HACER transmitir el búfer de transmisión
    SI la transmisión fué correcta ENTONCES
        HACER imprimir mensaje "Transmisión exitosa"
    SINO
        HACER 5 intentos de transmisión
        SI no se consigue una transmisión exitosa ENTONCES
            HACER imprimir mensaje de error
            HACER cerrar puerto
            SALIR
        FIN SI
    FIN SI
    HACER cerrar puerto
FIN CapturaTransmisiónDeDatos
```

3.4 Impresora

3.4.1 DESCRIPCIÓN

La impresora ULTIMAX será una impresora térmica que entregará un comprobante con todos los datos del viaje: hora de inicio, hora de término, distancia recorrida y el costo del viaje. Así mismo, esta impresora será capaz de imprimir los datos contenidos dentro de la memoria no volátil del taxímetro.

La impresora se conectará al puerto serial del taxímetro. Cada que termine un viaje un recibo será impreso. Cuando se desee imprimir los totalizadores se entrará a un modo especial de impresión.

Físicamente la impresora estará constituida de un gabinete para alojar al cabezal de impresión, al papel y a la circuitería electrónica, y contará con dos conectores en la parte lateral izquierda: uno de ellos será para realizar la conexión con el taxímetro y el otro para conectar la alimentación. La impresora podrá trabajar en conjunto con otros módulos, en este caso, el taxímetro, gracias a que esta impresora contará con un puerto serial RS-232 y el mismo protocolo de comunicaciones que el taxímetro.

La impresora sólo se limitará a imprimir lo que le envíe el taxímetro. Ello permitirá que en cualquier momento el número de datos a imprimir aumente o disminuya sin modificar en lo más mínimo la estructura de la impresora.

3.4.2 HARDWARE

Al igual que con el taxímetro, el desarrollo de esta impresora se iniciará partiendo de un diagrama a bloques. Ver Fig. 3.21.

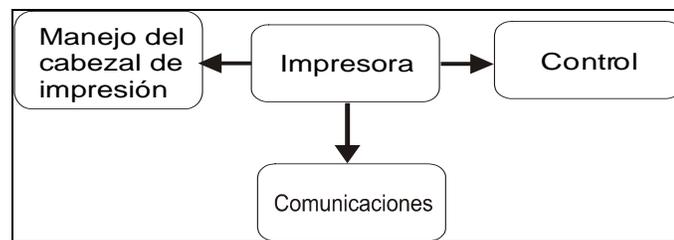
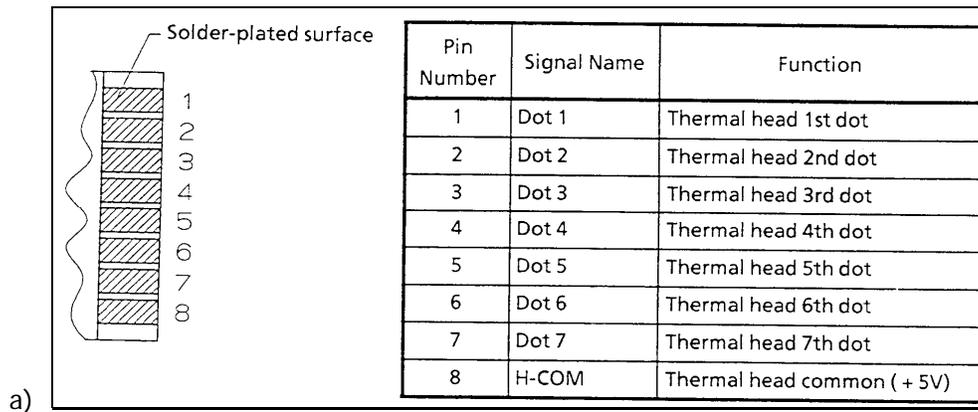


Fig. 3.21. Diagrama a bloques de la impresora.

El componente fundamental de la impresora es el cabezal de impresión. Este cabezal es movido por un motor de DC, y con la aplicación de un voltage, el cabezal se mueve automáticamente de extremo a extremo, y el papel es alimentado a su debido momento; así, no hay necesidad de mover en reversa el motor. La impresora incorpora un tacogenerador (TG) para conocer en qué posición se encuentra el cabezal en cada momento. Este TG está conectado directamente al cabezal y genera ondas senoidales de dos ciclos por vuelta del motor. Estas ondas deben ser convertidas en ondas cuadradas para poderse utilizar como señales de sincronía para el control del cabezal.

El cabezal también incluye un interruptor llamado *home switch* (HS). Este es un interruptor mecánico del tipo normalmente cerrado, el cual se encuentra en posición "OFF" cuando el cabezal esta en su posición inicial (totalmente a la izquierda). Este interruptor tiene dos funciones. La primera es detectar la posición inicial cuando el cabezal se encuentra en el inicio de su carrera, es decir, totalmente a la izquierda. La segunda función es usada como punto de referencia para iniciar el conteo de los pulsos de sincronía. Cuando el cabezal comienza a moverse hacia la derecha desde la posición inicial, el HS cambia de "OFF" a "ON", lo que indica que se debe iniciar el conteo de los pulsos de sincronía.

La impresora cuenta con dos cables planos flexibles para conectarse con el circuito de control. Uno de los conectores es de 8 posiciones y sirve para la excitación de la matriz térmica. El otro conector es de 6 posiciones y se utiliza para las señales de control HS, TG, M- y M+. Ver Fig. 3.22.



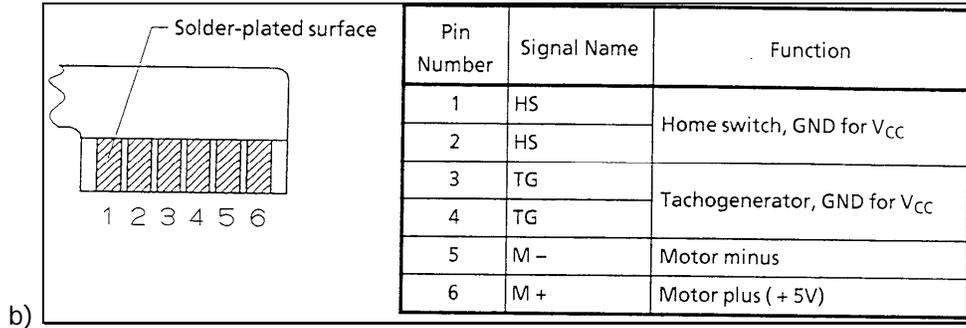


Fig. 3.22. a) Conector para la matriz de impresión. b) conector para las señales de control.

Una vez explicado el funcionamiento del cabezal de impresión lo que sigue es el circuito de control. Es circuito tendrá como cerebro a un COP8SAC de 20 terminales. A comparación del taxímetro, el hardware de la impresora es mucho más sencillo, pues sólo incluirá unos pocos componentes externos, tales como transistores y *buffer's*. El software también será más sencillo puesto que la impresora no incorporará muchas funciones; sin embargo, habrá que ser bastante cuidadosos en cuanto al manejo del cabezal de impresión, ya que éste es muy delicado y cualquier exceso de calor lo puede dañar. La Fig. 3.23 es un diagrama que muestra en forma de bloques el circuito de control.

Se ha escogido al microcontrolador COP8SAC7N20 como cerebro debido a las características que presenta, y las cuales son muy similares a las COP8SGR utilizado en el taxímetro; inclusive las mismas herramientas de desarrollo sirven para ambos componentes. Algunas diferencias con el COP8SGR es que éste tiene 32KB/512B de ROM/RAM, y el COP8SAC sólo 4KB/128B de ROM/RAM; también el COP8SGR incorpora una UART y 4 temporizadores, mientras que el COP8SAC no tiene UART y sólo tiene 2 temporizadores.

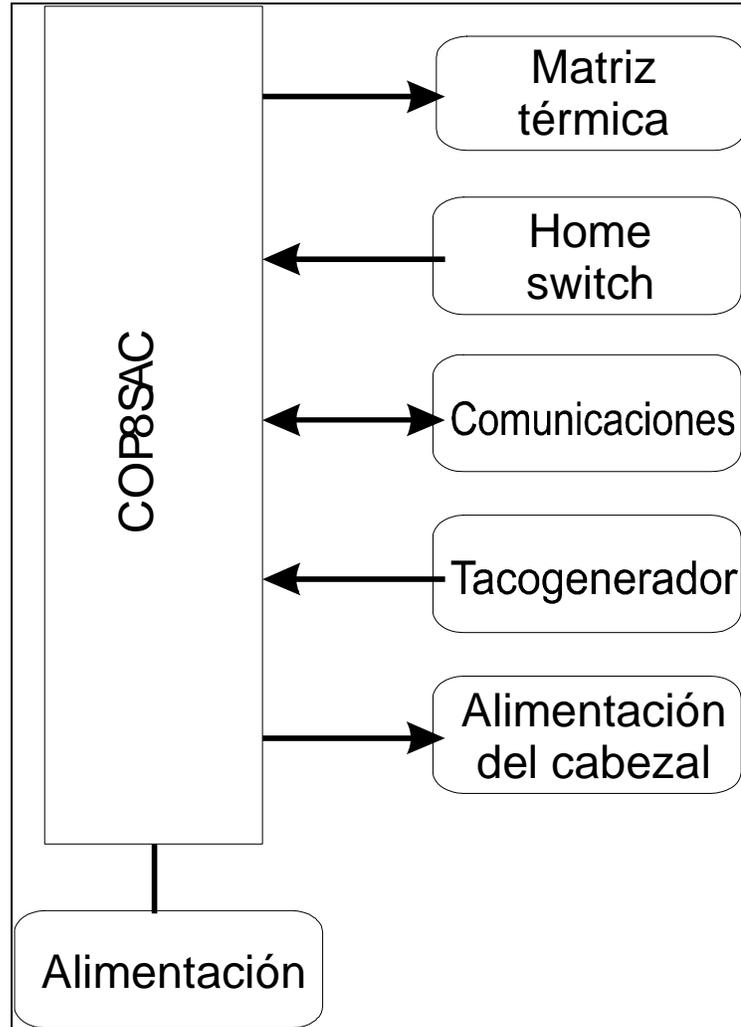


Fig. 3.23. Diagrama a bloques del circuito de control de la impresora.

- **Matriz térmica**

Para la excitación de la matriz térmica se utilizará el puerto L. De este puerto sólo se requieren 7 líneas, puesto que son siete los puntos térmicos del cabezal (en el apartado del software de la impresora se explica cómo se controlan estas siete líneas). Sin embargo el COP8SAB no es capaz de suministrar la corriente necesaria para la excitación de la matriz, la cual es de cerca de 500 mA por punto, por lo tanto será necesario agregar un búfer de corriente, el cual consta de 8 amplificadores Darlington, en un encapsulado DIP de 16 terminales, que pueden drenar los 500 mA requeridos. Ver Fig. 3.24.

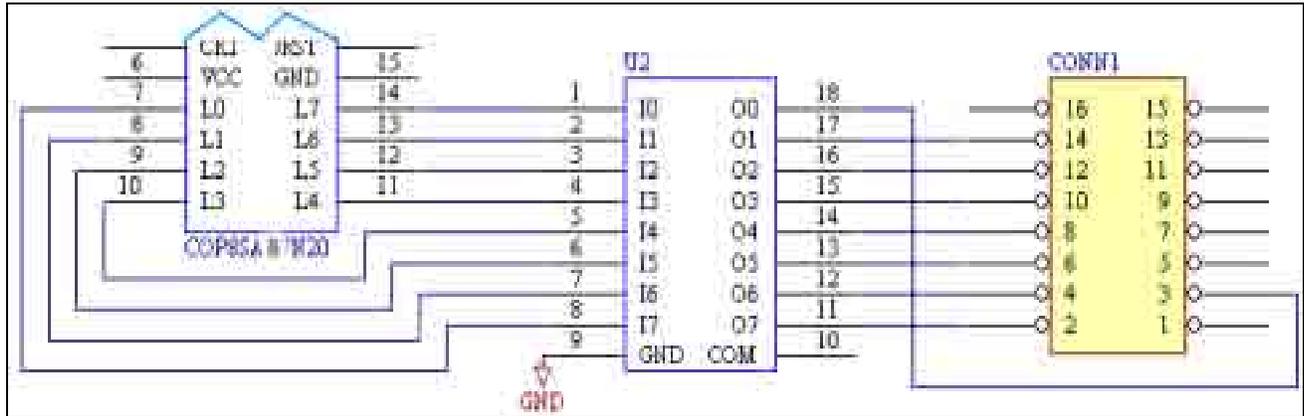


Fig. 3.24 Excitación de la matriz térmica.

- **Home Switch**

Para la detección de la señal HS sólo será necesario agregar una resistencia entre la terminal G0 y Vcc. Cada que el cabezal llegue a esta posición se generará un interrupción. El manejo de esta interrupción se explica más adelante.

- **Comunicaciones**

Un punto a destacar es que el microcontrolador COP8SAC no incluye ninguna UART, por lo que será necesario desarrollar una vía software. Para ello se utilizarán dos líneas del COPSAB, el puerto G4 y el G5, para transmisión y recepción, respectivamente. Se implementará con el mismo circuito de interfaz RS-232 que se utilizó en el taxímetro. Ver Fig. 3.25.

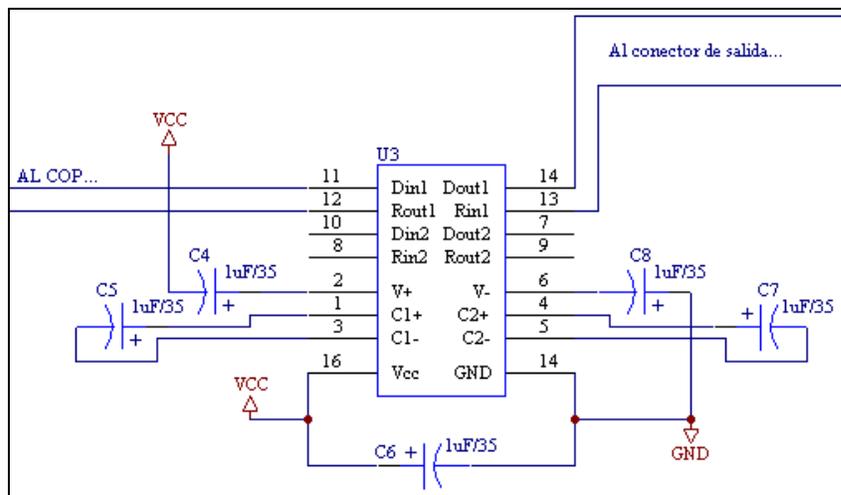


Fig. 3.25 Circuito de comunicación RS-232.

- **Tacogenerador**

Se refiere a la detección de la señal senoidal entregada por el cabezal. Para adecuarla se utilizará un circuito cuadrador, o Schmit Trigger, que se encargará de convertir la señal senoidal que entrega el cabezal en pulsos rectangulares, ya que esta señal la utilizará el microcontrolador como sincronización. El circuito cuadrador estará formado alrededor de un transistor BC547C, el cual es un transistor NPN de uso general, en configuración emisor común en saturación, ver la Fig. 3.26. Las variaciones de tensión en la salida tendrían los valores de 0.2 V y 5 V. Cabe recordar que en la configuración emisor común una señal de entrada positiva da como resultado una señal amplificada pero de sentido opuesto, y viceversa.

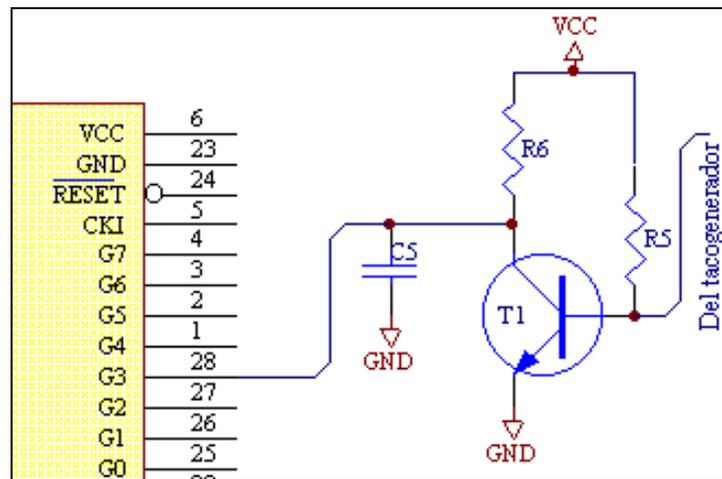


Fig. 3.26. Circuito Schmit Trigger.

- **Reset**

Esta impresora incorporará un circuito de *reset*, ver la Fig. 3.27, que funciona de la siguiente manera: inicialmente C9 se encuentra descargado, y cuando se aplica alimentación al circuito, C9 se comienza a cargar a través de R5. Cuando el voltage en la terminal RST supera 2.0 V el taxímetro comienza a trabajar. Cuando se desconecta la alimentación del circuito, la tensión en RST tiene picos positivos y negativos, los cuales pueden llegar a dañar al microcontrolador, ya que no éste no está diseñado para trabajar con voltages menores a 0 V. Para evitar esta situación, se ha agragado el diodo D2, el cual impide que el voltage caiga por debajo de los 0 V.

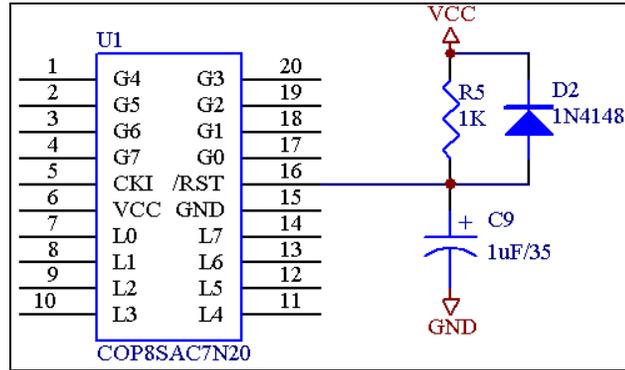


Fig. 3.27. Circuito de reset.

3.4.3 Software

De la misma manera como se ha venido realizando hasta ahora, el software de la impresora se describirá partiendo de un diagrama a bloques general que muestre las funciones más importantes que la impresora debe realizar. De esta forma se llega al diagrama mostrado en la Fig. 3.28.

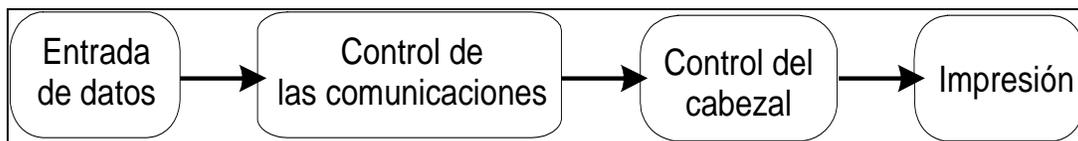


Fig. 3.28 Flujo de información hacia la impresora.

Como se puede observar de la figura anterior, realmente esta impresora no será muy complicada, sin embargo, y como se mencionó más arriba, su complejidad reside en el hecho de que el manejo del cabezal es muy delicado, y por lo tanto, habrá que ser demasiado cuidadosos en el control de ésta.

Se comenzará la explicación del software de la impresora con el bloque de las comunicaciones, y después se describirá cómo se realizará el control de la impresión.

- **Comunicaciones**

Debido a la característica de modularidad con que deben contar tanto la impresora como el taxímetro, ambos deben incluir un protocolo de comunicaciones para poderse entender el uno con el otro, así como con una PC. Este último fungirá en todos los casos como maestro, mientras la impresora hará el papel de esclavo. Ello significa que el taxímetro siempre tendrá el control de las comunicaciones.

El protocolo de comunicaciones se explicó en el apartado del taxímetro. Por razones de funcionalidad los datos que debe recibir la impresora serán en ASCII, las cadenas deben de terminar con un carácter EOS (00h), y el tamaño máximo del bloque de datos será de 20 bytes.

Para iniciar la comunicación con la impresora el taxímetro deberá enviar el comando RST y el identificador de la impresora. Esta última deberá contestar al taxímetro con su propio identificador. A partir de este momento el taxímetro comenzará a enviar las cadenas ASCII en bloques de 20 bytes hasta que se complete el total de datos a imprimir. Al final de cada bloque se agrega un checksum, que se compara con el que se calcula en el módulo de control de la impresora, conforme va recibiendo los datos; estos datos se van almacenando en un área de memoria llamada *printmem*. Si el resultado de la comparación indica que son iguales, la impresora le indica al taxímetro que puede enviar el siguiente bloque; en otro caso le indica que debe repetir la transmisión de ese bloque. Sin embargo, como el bloque de datos de recepción es pequeño y la velocidad de transmisión es alta, el taxímetro siempre deberá esperar hasta que la impresora le indique que está preparada para recibir el siguiente bloque. El siguiente pseudocódigo muestra este proceso.

```

Inicio Protocolo
05: HACER esperar por RST y IdPr
    HACER enviar IdPr
    HACER esperar por Cm
10: SI Cm = Write ENTONCES
    HACER esperar por Size
    REPETIR Size veces
        HACER recibir carácter
        HACER calcular checksum
        HACER escribir el carácter en la printmem
    FIN REPETIR
    HACER recibir checksum
    HACER enviar checksum calculado
    IR a 10
SINO SI Cm = Ok ENTONCES
    HACER permitir que se pueda leer la printmem
    IR a 10
SINO SI Cm = SendAgain ENTONCES
    HACER no permitir que se pueda leer la printmem
    IR a 10
SINO SI Cm = EOT ENTONCES
    HACER recibir IdPr
    HACER enviar IdPr
FIN SI
Ir a 05
FIN Protocolo

```

A diferencia de la UART del taxímetro, la cual es *full-duplex* (comunicación en ambos sentidos al mismo tiempo), la UART de la impresora será *half-duplex*, lo que significa que se tratará de una

comunicación en un sólo sentido cada vez, es decir, no será posible transmitir y recibir al mismo tiempo. Sin embargo, esta no es una limitante ya que de lo observado en el párrafo anterior, se puede ver que la impresora siempre transmite al final de un bloque, por lo que no se requiere una comunicación en dos sentidos a la vez.

Los parámetros de la UART serán fijos: 2400 bits/seg, 8 bits, sin paridad y 1 bit de stop. La UART no tendrá ninguna interrupción asociada a ella, lo que significa que utilizará el método de encuesta o *polling* para saber cuándo se ha iniciado una petición de comunicación. Esto se llevará a cabo de la siguiente manera: el COP8 estará siempre sensando la terminal G6 para determinar cuándo cambia del estado "1" al estado "0" (bit de inicio); después de detectar la transición, el micro deja transcurrir un retardo equivalente a medio bit, es decir 0.28 ms, después de lo cual vuelve a sensar la terminal para ver si continua en el estado "0"; de ser así entra a un lazo, el cual tiene como primera instrucción un retardo de 1 bit completo para sensar lo que sería el primer bit del byte de datos, o sea, con esto cada bit dentro del byte de datos será sensado en la mitad de su tiempo para evitar leer posibles pulsos debido al ruido. Luego de saber si el bit recibido es "0" o "1" este valor se guardará en un acumulador realizando en él una rotación a la derecha, introduciendo el valor leído. Este proceso se repetirá ocho veces, después de lo cual el acumulador ya contendrá el byte de datos recibido. Finalmente el COP8 esperará otro tiempo equivalente para leer el bit de stop, el cual es un estado "1". Después de todo esto la impresora está lista para recibir otro byte. En la figura Fig. 3.29 se muestra el proceso descrito anteriormente

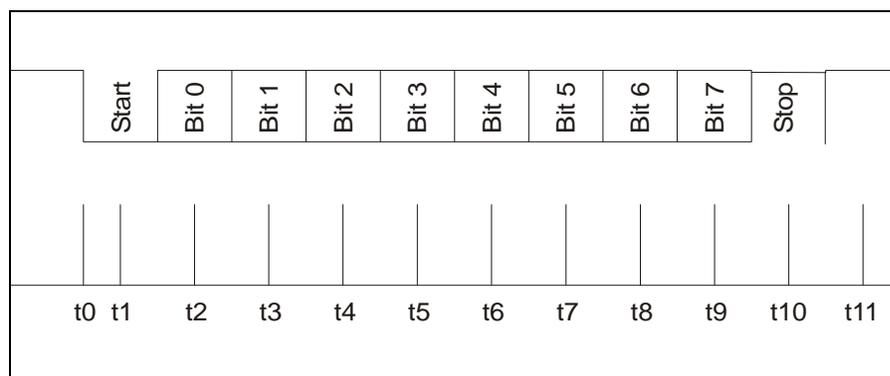


Fig. 3.29. Formato y temporización de trama para recepción.

El siguiente es el pseudocódigo para la recepción serial.

```

INICIO UART_Rx
  HACER acum = 0
10: SI no hay transición HI-LOW ENTONCES
  IR a 10
  HACER retardo de 208.3 us
  SI la línea no sigue en LOW ENTONCES
  IR a 10
  REPETIR 8 veces
  HACER retardo de 416.6 us
  SI la línea está en LOW ENTONCES
  HACER ZERO_FLAG = 0
  HACER rotar el acum una posición a la derecha
  SINO
  HACER ZERO_FLAG = 1
  HACER rotar el acum una posición a la derecha
  FIN SI
  FIN REPETIR
  HACER retardo de 416.6 us
  SI la línea no está en LOW ENTONCES
  HACER ERROR_FLAG = 1
  IR 20
  FIN SI
  HACER retardo de 416.6 us
  SI la línea no está en HI ENTONCES
  HACER ERROR_FLAG = 1
  SINO UART_Rx
  HACER ERROR_FLAG = 0
  FIN SI
FIN

```

Para la transmisión el procedimiento es similar. El dato a transmitir se debe colocar en el acumulador. Luego el COP8 debe poner la terminal G5 a "0" (bit de inicio) para indicar el inicio de la transmisión. En cuanto termina el tiempo de este bit, se inicia un retardo de un bit después del cual se realiza una rotación a la derecha en el acumulador, y dependiendo del estado de ese bit, la terminal G5 toma su valor y se mantiene así durante 0.41 ms. Este proceso se repetirá durante ocho ocasiones, luego de lo cual se transmite el bit de stop, el cual es un bit a "0". La Fig. 3.43 muestra este proceso.

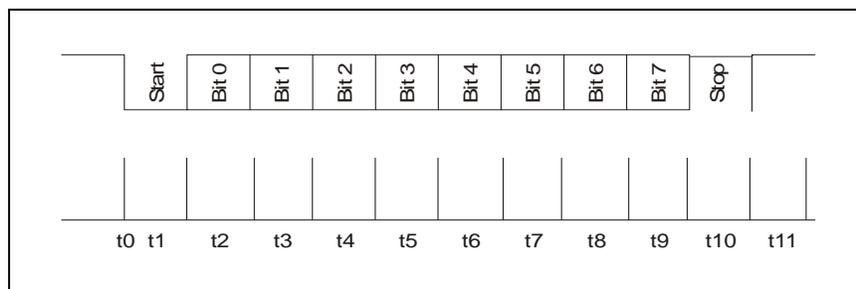
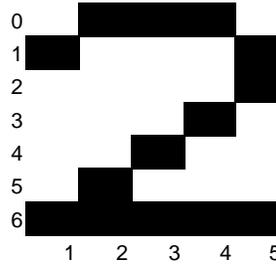


Fig. 3.30. Formato y temporización de trama para transmisión.



Si este patrón lo rotamos 90° en el sentido de las manecillas del reloj, su representación convertida a binario queda de la siguiente forma:

1000010	42h
1100001	61h
1010001	51h
1001001	49h
1000110	46h

Por lo tanto, la representación del "2" en la tabla queda de la siguiente manera: 42h, 61h, 51h, 49h, 46h. Para todos los demás caracteres el procedimiento es similar.

La impresión en el papel se llevará a cabo de la siguiente forma: conforme se vayan recibiendo los datos, todos ASCII, estos serán colocados en una área de memoria dedicada a ese propósito. Esta área de memoria, *printmem*, será de 16 bytes debido a que la memoria RAM con que cuenta el COP8SAB es pequeña. Se tendrá además un registro puntero, *pm*, que se moverá a través de toda la *printmem*; este puntero será inicializado a la primera posición de la *printmem* antes de iniciar la impresión de cada bloque. Luego, la rutina que propiamente lleva a cabo la impresión en el papel tomará el carácter apuntado por *pm* e irá a la tabla y buscará el patrón que le corresponda. A continuación, otro apuntador, *mtx*, apuntará hacia el primer byte del patrón. Ya estando el terreno preparado se iniciará el procedimiento dado por el fabricante para imprimir:

1. Se enciende el motor
2. Se espera una transición "OFF"- "ON" del HS.
3. El microcontrolador espera dos ciclos del TG, o lo que es lo mismo, el equivalente a dos puntos de impresión.

4. Toma el dato apuntado por *mtx* y lo coloca en el puerto L y espera ahí hasta recibir un ciclo del TG. *mtx* es incrementado. Si *mtx* es igual a 5, entonces se ha terminado de imprimir el carácter y pm es incrementado. Se vuelve hacia el paso 1 hasta que se haya completado de imprimir la *printmem*; luego de lo cual va al punto 7. Si *mtx* es menor que 5, entonces se va hacia el paso 3.
6. En el caso de que se haya alcanzado el final de la línea de impresión antes de completar de imprimir la *printmem*, lo cual es indicado por una transición "ON"- "OFF" en el HM, entonces el microcontrolador deberá esperar hasta que llegue una transición "OFF"- "ON" en el HS y luego va al punto 3.
7. Apaga el motor.

La Fig. 3.31 explica gráficamente el proceso que se lleva a cabo en el cabezal de impresión.

Este proceso se repetirá por cada carácter, en tanto no se encuentre un carácter EOS. Después de haber impreso la totalidad de los datos, el taxímetro entrará en un lazo infinito para recibir el siguiente bloque.

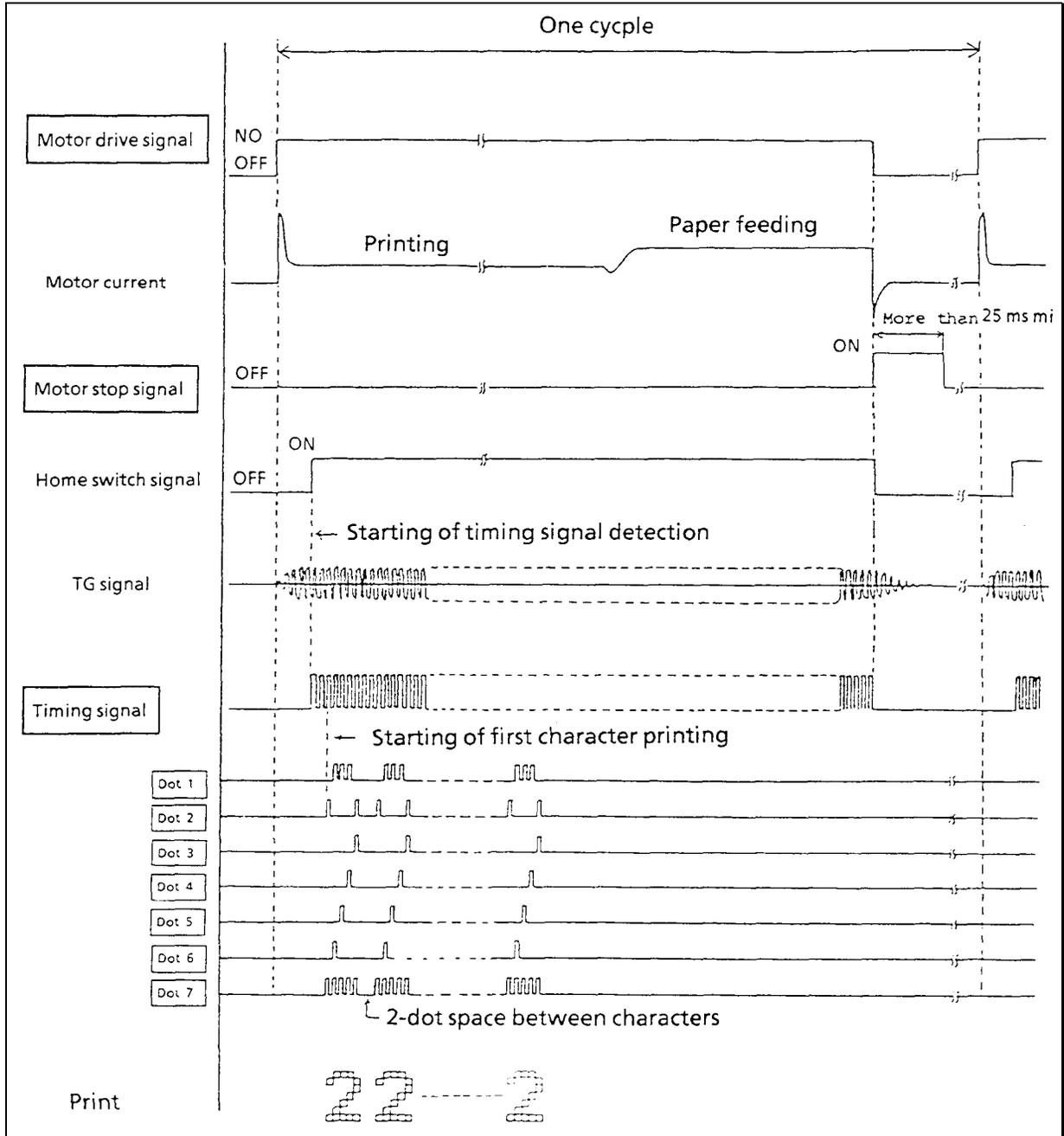


Fig. 3.31. Proceso de impresión

3.5 Centros de servicio

Ultimax Technological Systems, S.A. de C.V. se reserva el derecho de definir, comunicar y validar los procedimientos de selección para los centros de servicio, así como la forma de organización, distribución, otorgamiento de permisos y derechos, venta/renta/cesión de software y hardware, para el correcto manejo de los puntos de venta-servicio para el taxímetro y todo aquel equipo que se derive o trabaje conjuntamente con él, según convenga a sus intereses, por lo que el presente trabajo se ha enfocado sólo a la parte técnica del mismo, sin ahondar o dar detalles acerca de este tema.

CAPÍTULO 4

Pruebas

Este capítulo presenta las pruebas a las que serán sometidos tanto el taxímetro como la impresora. Los resultados se muestran al final del capítulo.

4.1. Taxímetro

Como se ha venido mencionando a lo largo del presente trabajo, la función principal del taxímetro es computar el costo de un viaje en un auto de alquiler, basándose en los parámetros de tiempo y distancia. La precisión y exactitud de estos factores son de suma importancia ya que todas las operaciones del taxímetro están basadas en ellos, porque, además del cálculo del costo, existen una serie de datos estadísticos, los cuales se mencionaron en el capítulo 2, que sirven al dueño del taxi para mantenerse al tanto de la operación de su unidad, y que no pueden ser diferentes a la realidad, porque esto representaría una falsa idea de lo que ocurre dentro de la operación del

vehículo, y, por otro lado, no podría obtener el reconocimiento como modelo prototipo por parte de las autoridades correspondientes y, por tanto, no podría comercializarse.

De la explicación dada en el capítulo dos, se desprendió que la exactitud en distancia depende de los pulsos recibidos, y que la exactitud en tiempo depende de la base de tiempo del sistema. Es por ello que se decidió manejar ambos factores como interrupciones del sistema. Esto permitió tener la plena seguridad de que el error que se presentara iba a ser el mínimo. Además, para hacer aún más pequeño el error, el código que maneja cada interrupcion se escribió de manera que el tiempo consumido en cada una de ellas fuese lo más corto posible, con el objeto de evitar que en un momento dado alguna de ellas se encimara con la otra y se perdiera alguna fracción de segundo, o algún pulso, que a la larga se haría presente como un error; desde un principio se estableció que el error práctico permitido no debía exceder el 1% en ambos factores, tiempo y distancia, para poder estar dentro de lo que indica la norma para taxímetros.

Para realizarle las pruebas al taxímetro se han desarrollado diversos procedimientos, los cuales se pueden agrupar en dos tipos:

1. **Pruebas de laboratorio.** Se refieren a las pruebas realizadas dentro de un laboratorio, donde todas las variables son conocidas o controlables, y que por lo mismo, los resultados obtenidos diferirán de los resultados obtenidos dentro del ambiente encontrado en un vehículo. No obstante, este tipo de pruebas siempre es necesario ya que, además de que es más fácil trabajar en un laboratorio, estos resultados dan una idea de cuan cerca o lejos está uno de la respuesta esperada.
2. **Pruebas de campo.** Estas pruebas se refieren a las pruebas realizadas en el ambiente en el cual se encontrará el taxímetro. Los resultados de estas pruebas son los más importantes porque muestran cómo se comportará el dispositivo en el que será su ambiente natural, y en el cual ni es posible tener control de los elementos involucrados y mucho menos saber cómo variarán éstos. Como ejemplo se tienen: las temperaturas extremas a las cuales se verá sometido el vehículo, el uso que el operador le dé al taxímetro, variaciones en el voltaje de alimentación, así como posibles fallas en el sistema eléctrico, introducción de líquidos al interior del taxímetro, y otros por el estilo. Como se puede observar, estas pruebas son muy rudas, pero dan una clara indicación de si el dispositivo funcionará o no, y sobre ello, hacer las modificaciones pertinentes.

4.1.1 PRUEBAS DE LABORATORIO

Las pruebas que se llevarán a cabo se han subdividido en:

1. Voltajes. Estas pruebas tienen como objeto observar de qué manera se comportarán los elementos más sensibles del taxímetro, el microcontrolador y la memoria EEPROM, ante variaciones bruscas del voltaje de alimentación, interrupción inmediata y no inmediata del mismo, y cortocircuitos.
2. Golpes y vibraciones. Estas pruebas tienen como objeto verificar el correcto funcionamiento del taxímetro después de haber sido sometido a golpes y fuertes vibraciones.
3. Tiempo. Estas pruebas tienen como objeto verificar que el sistema de cronometraje para la determinación de los incrementos por tiempo se encuentre dentro de los límites permitidos. Para ello se tienen las opciones de introducir pulsos a una frecuencia que esté por debajo de la velocidad de cambio de arrastre, o de no introducir ningún pulso (con esto se logra inhibir la función distancia).
4. Distancia. Estas pruebas tienen como objeto verificar que el sistema de recepción y conteo de pulsos externos trabajen correctamente. Para ello se introducirán pulsos a una frecuencia que permita superar la velocidad de cambio de arrastre (ver capítulo 2), para que de esta manera la cuenta por tiempo no tenga efecto alguno sobre esta prueba.
5. Tiempo-Distancia. Estas pruebas tienen como objeto verificar que el taxímetro funcione dentro de los límites permitidos cuando ambos parámetros, tiempo y distancia, se encuentren simultáneamente en el sistema. Para ello se variará, por arriba y por abajo de la velocidad de cambio de arrastre, la frecuencia de los pulsos introducidos simulando la operación normal del vehículo.
6. Temperatura e introducción de líquidos. Estas pruebas tienen como objeto verificar el comportamiento del taxímetro ante los cambios de temperatura y la introducción de líquidos.

EQUIPO NECESARIO PARA LAS PRUEBAS

1. Fuente de poder. Esta fuente de energía hará las veces de la batería del vehículo. Sus características son las siguientes:
 - Voltaje desde 0 hasta 30 V
 - Corriente desde 0 hasta 2.5 A
 - Cuenta con 2 pantallas digitales que muestran el voltaje y la corriente
2. Generador/contador de pulsos. Como su nombre lo indica, este dispositivo se encargará de suministrar un tren de pulsos de frecuencia variable al taxímetro, mientras que el contador, que se

encuentra integrado al mismo, mostrará en una pantalla el número de pulsos suministrados. Sus características son las siguientes:

- Cuenta con un botón de inicio y un botón de puesta a cero
- Contiene una pantalla de cristal líquido para ver las distintas funciones
- Puede contar hasta 99999 pulsos
- Frecuencia máxima de conteo: 100 Hz
- Requiere de una fuente de alimentación de 9 Vdc

3. Frecuencímetro. Este dispositivo mostrará la frecuencia a la que están siendo suministrados los pulsos hacia el taxímetro. Esto es necesario ya que en base a la frecuencia se calculará la velocidad a la que el vehículo podría estar circulando. Sus características son las siguientes:

- Se encuentra incorporado a un multímetro Protek-506
- Rango de frecuencia 1-10MHz con una precisión en toda la escala de 0.01%

4. Cronómetro. Es un reloj digital hasta las centésimas de segundo del tipo utilizado en los relojes de pulsera.

PROCEDIMIENTOS

A continuación se muestran los diversos procedimientos que se seguirán para llevar a cabo las pruebas al taxímetro. Al final de cada grupo de procedimientos se muestra un formato con los resultados obtenidos.

PRUEBAS DE VOLTAJES

Como se mencionó en un principio, el objetivo de estas cinco primeras pruebas será observar el comportamiento del taxímetro ante fallas en el sistema de alimentación eléctrica, que serán simuladas con la fuente de alimentación del laboratorio. En base a los resultados obtenidos se tomarán las medidas necesarias para evitar que este tipo de fallas afecten al taxímetro de manera que no permitan un correcto funcionamiento. Debido a experiencias pasadas, se decidió incluir desde un principio: a) un circuito supervisor de voltaje que evite que el microcontrolador COP8 trabaje por debajo de 5 V, ya que esto representa el peligro latente de que los datos almacenados en la EEPROM se pierdan, b) un circuito formado por diodos alrededor del regulador de voltaje, el cual fue recomendado por el mismo fabricante del regulador, y que sirve para evitar que el regulador se dañe ante cortos circuitos e inversiones de polaridad, y c) una red RC alrededor de la memoria EEPROM.

Estas tres configuraciones ya fueron explicados a fondo en el capítulo anterior, y aquí sólo se mencionan como referencias. La tablas 4.1 muestra los resultados arrojados por este grupo de pruebas.

1. Prueba de variaciones suaves de voltaje:

- Se coloca la fuente de alimentación en 12.0 V.
- Se enciende el taxímetro y se toman los valores encontrados en el área de los totalizadores y de los datos de operación, y se deja al taxímetro en el modo "Libre".
- Lentamente se va reduciendo el voltaje de alimentación hasta el punto en que la leyenda "Libre" desaparezca. Se toma este dato.
- Se desconecta el taxímetro, y el voltaje es aumentado hasta llegar a 12.0 V.
- Se conecta el taxímetro y se toman los valores encontrados en el área de los totalizadores y de los datos de operación.
- Se repite la prueba 5 veces.

2. Prueba de variaciones bruscas de voltaje:

- Se coloca la fuente de alimentación en 12.0 V.
- Se enciende el taxímetro y se toman los valores encontrados en el área de los totalizadores y de los datos de operación, y se deja al taxímetro en el modo "Libre".
- Se mueve rápidamente la perilla de control de voltaje de la fuente de alimentación a modo de que sean cubiertos tanto el voltaje máximo como mínimo de la misma.
- Se desconectan los cables de alimentación, y el voltaje de alimentación es estabilizado en 12.0 V.
- Se conecta el taxímetro y se toman los valores encontrados en el área de los totalizadores y de los datos de operación.
- Se repite la prueba 5 veces.

3. Interrupciones del voltaje

- Se coloca la fuente de alimentación en 12.0 V.
- Se enciende el taxímetro y se toman los valores encontrados en el área de los totalizadores y de los datos de operación, y se deja al taxímetro en el modo "Libre".

- Se enciende y apaga la fuente de alimentación, o se conectan y desconectan los cables de alimentación, rápidamente entre 3 y 10 veces, a modo de simular un falso contacto en los cables de alimentación.
- Se desconectan los cables de alimentación, y el voltaje es estabilizado en 12.0 V.
- Se vuelve a encender el taxímetro y se toman los valores encontrados en el área de los totalizadores y de los datos de operación.
- Se repite la prueba 5 veces.

4. Cortos circuitos

- Se coloca la fuente de alimentación en 12.0 V.
- Se enciende el taxímetro y se toman los valores encontrados en el área de los totalizadores y de los datos de operación, y se deja al taxímetro en el modo "Libre".
- De manera rápida, para no dañar la fuente de alimentación, se ponen en contacto los terminales (+) y (-) de 3 a 10 veces, a modo de simular un corto circuito en los cables de alimentación.
- Se vuelve a encender el taxímetro y se toman los valores encontrados en el área de los totalizadores y de los datos de operación.
- Se repite la prueba 5 veces.

5. Inversiones de polaridad

- Se coloca la fuente de alimentación en 12.0 V.
- Se enciende el taxímetro y se toman los valores encontrados en el área de los totalizadores y de los datos de operación, y se deja al taxímetro en el modo "Libre".
- Se desconectan los cables de alimentación
- El cable (+) de la fuente se conecta al terminal (-) del taxímetro, y el cable (-) de la fuente se conecta al terminal (+) del taxímetro. Para este punto en particular, registrar la corriente de alimentación.
- Se desconectan los cables y luego son colocados de forma correcta.
- Se conecta el taxímetro y se toman los valores encontrados en el área de los totalizadores y de los datos de operación.
- Se repite la prueba 5 veces.

La Tabla 4.1 muestra los resultados de los 5 tipos de pruebas eléctricas realizadas al taxímetro.

Prueba	N	Voltage	Totalizadores				Datos de operación				
			Acumulado (\$)	Distancia total (km)	Distancia vendida (Km)	Incrementos	Viajes	Banderazo (\$)	Incrementos (\$)	Distancia (p)	Tiempo (s)
1											
	1	7.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	0.65	260	45
	2	7.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	0.65	260	45
	3	7.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	0.65	260	45
	4	7.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	0.65	260	45
	5	7.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	0.65	260	45
2											
	1	Ok	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	0.65	260	45
	2	Ok	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	0.65	260	45
	3	Ok	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	0.65	260	45
	4	Ok	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	0.65	260	45
	5	Ok	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	0.65	260	45
3											
	1	Ok	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	0.65	260	45
	2	Ok	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	0.65	260	45
	3	Ok	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	0.65	260	45
	4	Ok	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	0.65	260	45
	5	Ok	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	0.65	260	45
4											
	1	Ok	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	0.65	260	45
	2	Ok	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	0.65	260	45
	3	Ok	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	0.65	260	45
	4	Ok	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	0.65	260	45
	5	Ok	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	0.65	260	45
5											
	1	Ok	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	0.65	260	45
	2	Ok	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	0.65	260	45
	3	Ok	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	0.65	260	45
	4	Ok	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	0.65	260	45
	5	Ok	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	0.65	260	45
Observaciones	1. El inicio de las pruebas se realizó inmediatamente después de haber hecho un retarifamiento, es por ello que los totalizadores aparecen en ceros 2. El número en la primera columna se corresponde con número de prueba que aparece en el texto 3. El valor de la tercera columna en la prueba 1 es el valor de voltage donde el taxímetro dejaba de responder										

Tabla 4.1. Resultados de las pruebas eléctricas

En general se puede observar que se tiene una gran inmunidad a los efectos de variaciones de voltaje. Así mismo, el resultado de la prueba 1 se esperaba que fuera alrededor de 7.00 V, ya que es un valor que da el fabricante del regulador de voltaje 7805. Con este dato se puede asegurar un correcto funcionamiento con voltajes por apenas encima de los 7.00 V, sin embargo, como medida de seguridad se puede establecer que el voltaje mínimo de operación es de 7.5 V.

PRUEBAS DE GOLPES Y VIBRACIONES

El par de pruebas a continuación son parte de las pruebas exigidas en la NOM-007-SCFI-1997 en el punto 6.8.2 y 6.8.3, y tienen como propósito observar el comportamiento de las partes mecánicas del taxímetro.

4. Golpes

- Se coloca la fuente de alimentación en 12.0 V.
- Se enciende el taxímetro y se verifica que el funcionamiento del taxímetro sea correcto.
- Se desconecta y, desde distintas alturas (mayores a dos metros) y ángulos, se deja caer varias veces.
- Sin alimentación se verifica que no haya desprendimiento de partes.
- Se conecta el taxímetro y se verifica que siga funcionando correctamente.
- Se repite la prueba 5 veces.

4. Vibraciones

Para esta prueba se utilizó una mesa vibratoria no caracterizada (no se conocen los parámetros de trabajo), por lo que no fue posible incluir en las tablas de resultados los valores de frecuencia y amplitud. Sin embargo, posteriormente el taxímetro fue sometido en el Centro Nacional de Metrología (CENAM), a todas las pruebas que indica la Norma Mexicana, entre ellas la prueba de vibración, cuyo resultado de dichas pruebas concluyó en la obtención de la NOM-007-SCFI-1997.

El procedimiento de prueba es el siguiente:

- Se coloca la fuente de alimentación en 12.0 V.
- Se enciende el taxímetro y se verifica que el funcionamiento del taxímetro sea correcto.
- Se coloca el taxímetro en la mesa vibratoria y se sujeta a modo de que durante la sesión de vibraciones no se pueda desprender.

- Se inician las vibraciones por un periodo de 60 minutos.
- Sin alimentación se verifica que no haya desprendimiento de partes.
- Se conecta el taxímetro y se verifica que siga funcionando correctamente.

La Tabla 4.2 muestra la robustez mecánica que presenta el taxímetro.

Prueba	No.	Altura (m)	Estado después de la prueba
Golpes	1	2.00	Ok
	2	2.00	Ok
	3	2.00	Ok
	4	2.00	Ok
	5	2.00	Ok
		Tiempo (min)	
Vibraciones			
	1	60	Ok
	2	60	Ok
Observaciones	1. Los parámetros para las pruebas de vibraciones no están caracterizados, según se comenta en el texto		

Tabla 4.2. Resultados de las pruebas de golpes y vibraciones.

Aunque en su estado normal de operación no existe probabilidad alguna de caídas, ya que va fijado al tablero del taxímetro, la prueba fue necesaria debido a las exigencia de la Norma Oficial.

PRUEBAS DE TIEMPO Y DISTANCIA

La finalidad de las siguientes pruebas es verificar que el taxímetro esté dentro de las tolerancias que marca la NOM-007-SCFI-1997, en el punto 7.1, que como se ha venido mencionando a lo largo del presente trabajo, es del 1% tanto en tiempo como en distancia, lo que significa que para 45 seg. el taxímetro sólo se permitiría adelantarse o retrasarse 0.45 segundos por cada incremento en la tarifa, o perder 2.5 metros por cada incremento en la tarifa (considerando 250 metros para el incremento). De aquí se desprende la importancia de estas pruebas que para que el taxímetro pueda ser autorizado para su comercialización.

6. Tiempo

- Se coloca la fuente de alimentación en 12.0 V.
- Se enciende el taxímetro y se toman los valores encontrados en el área de los totalizadores y de los datos de operación, y se deja al taxímetro en el modo "Libre".

- Se escoge una tarifa y, sin aplicar pulsos, se entra al modo "En servicio", al mismo tiempo que se pone a trabajar el cronómetro.
- Se deja al taxímetro en ese estado 15 min (30 incrementos), lo cual podría considerarse como un tiempo de espera común.
- Simultáneamente se entra al modo "A pagar" y se detiene el cronómetro, y se anotan los datos que el taxímetro muestre en esos momentos (cantidad a pagar, distancia, tiempo e incrementos), así como la lectura dada por el cronómetro.
- Se repite la prueba 5 veces.

7. Distancia

- Se coloca la fuente de alimentación en 12.0 V.
- Se enciende el taxímetro y se toman los valores encontrados en el área de los totalizadores y de los datos de operación, y se deja al taxímetro en el modo "Libre".
- Se escoge una tarifa y se entra al modo "En servicio". A continuación, se inyectan pulsos a una frecuencia que estén el equivalente de 2 km/h por arriba de la velocidad de cambio de arrastre.
- Se deja al taxímetro en ese estado el equivalente a 7.5 Km (30 incrementos), lo cual podría considerarse como un trayecto común.
- Simultáneamente se entra al modo "A pagar" y se detiene el generador de pulsos, y se anotan los datos que el taxímetro muestre en esos momentos (cantidad a pagar, distancia, tiempo e incrementos), así como la lectura dada por el contador de pulsos.
- Se repite la prueba cuantas veces se crea necesario.

8. Tiempo-Distancia

- Se coloca la fuente de alimentación en 12.0 V.
- Se enciende el taxímetro y se toman los valores encontrados en el área de los totalizadores y de los datos de operación, y se deja al taxímetro en el modo "Libre".
- Se escoge una tarifa y se entra al modo "En servicio" y al mismo tiempo se pone en marcha el cronómetro. A continuación se intentará simular el comportamiento del vehículo inyectando pulsos por arriba y por abajo del equivalente a la velocidad de cambio de arrastre. Por ejemplo, iniciase en una velocidad de 0 km/h y aumentese gradualmente hasta llegar a 60 km/h y manténgase ahí algunos minutos. Después disminuir la velocidad hasta 10 km/h y esperarse hasta que caigan dos incrementos, y luego volver a aumentar la velocidad, y así sucesivamente.
- Se deja al taxímetro en ese estado el equivalente a 7.5 Km, lo cual podría considerarse como un trayecto común.

- Simultáneamente se entra al modo "A pagar" y se detiene el generador de pulsos y el cronómetro, y se anotan los datos que el taxímetro muestre en esos momentos (cantidad a pagar, distancia, tiempo e incrementos).
- Se repite la prueba 5 veces.

La Tabla 4.3. muestra la precisión del taxímetro en cuanto a la medición de los parámetros de tiempo y distancia. El porcentaje de error se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$\%E = | [1 - (\text{Valor medido} / \text{Valor real})] * 100\% | \quad (III)$$

Donde: Valor medido = Valor que muestra el taxímetro
 Valor real = Valor que muestra el generador de pulsos/reloj

Prueba	No.	Tarifa	Generador	Reloj	Taxímetro						
					Distancia (p)	Tiempo (mm:ss.ss)	A pagar (\$)	Distancia (Km)	Tiempo (mm:ss)	Increment.	% Error
Tiempo										Distancia	Tiempo
	1	2	-	14:59.94	21.36	0.00	15:00	31		0.0	0.006
	2	2	-	15:01.90	21.36	0.00	15:02	32		0.0	0.011
	3	2	-	15:01.38	21.36	0.00	15:01	32		0.0	0.042
	4	2	-	15:00.91	21.36	0.00	15:01	35		0.0	0.099
	5	2	-	15:00.89	21.36	0.00	15:00	31		0.0	0.098
Distancia											
	1	1	8154	8:10.64	24.25	7.70	8:14	31		0.91	0.010
	2	1	8382	8:23.42	25.60	8.00	8:25	32		0.82	0.030
	3	1	8429	8:24.39	25.60	8.00	8:23	32		0.87	0.030
	4	1	9207	9:10.14	27.55	8.70	9:11	35		0.91	0.020
	5	1	8145	8:07.25	24.25	7.70	8:10	31		0.91	0.050
T-D											
	1	1	9961	16:27.42	30.80	4.50	16:28	40		0.83	0.058
	2	1	7890	21:39.93	29.50	7.50	21:41	38		0.86	0.082
	3	1	7733	18:29.72	28.85	7.30	18:30	37		0.92	0.025
	4	1	8084	16:04.19	28.20	7.70	16:05	36		0.84	0.084
	5	1	7867	14:09.86	24.30	7.50	14:07	30		0.83	0.030

Tabla 4.3. Resultado de las pruebas de tiempo, distancia, y tiempo-distancia.

Primeramente se puede observar de la Tabla 4.3. que la exactitud del tiempo está por debajo del 0.1%, lo cual es un resultado esperado, ya que este error es implícito al reloj del sistema, es decir, está ligado a la base de tiempo del taxímetro. Esta base de tiempo tiene un error matemático del 0.057% ([1 - 244 * 4.096ms] * 100%; véase el apartado 3.2.2 "Conteo de tiempo"). La diferencia entre el error matemático y el real se debe a diversos factores, entre los

cuales se pueden mencionar a la tolerancia de los componentes del sistema y a la temperatura y variaciones de voltaje.

En cuanto a la distancia se puede observar que el error está por debajo del 1.0%, lo cual se debe principalmente a posibles conflictos entre las interrupciones del sistema. Sin embargo, tanto el tiempo como la distancia están dentro de los parámetros que indica la NOM-007-SCFI-1997 para taxímetros.

No se cuenta con un registro de las pruebas de campo ya que los taxímetros de prueba fueron instalados en taxis reales, donde al chofer le es difícil llevar una bitácora, tanto por sus propias ocupaciones como por ser ajeno a este tipo de pruebas. Sin embargo, los reportes verbales revelaron el buen comportamiento del taxímetro en condiciones reales de trabajo.

PRUEBA DE TEMPERATURA E INTRODUCCIÓN DE LÍQUIDOS

Estas pruebas tienen como objetivo observar el comportamiento del taxímetro en cambios de temperatura y temperaturas extremas, sin embargo, no se contaba con el equipo necesario para la realización de esta serie de pruebas, por lo que únicamente se tomó en cuenta su comportamiento a la temperatura ambiente, por lo cual no se creyó conveniente incluir tablas de resultados, ya que todas las pruebas descritas en este capítulo se desarrollaron a temperatura ambiente.

Para las pruebas de introducción de líquidos, como el taxímetro no se encuentra sellado, los líquidos derramados hacia el interior pueden entrar en contacto con la circuitería, lo que provocaría desde funcionamiento anormal hasta algún tipo de daño irreversible, por lo que se recomienda evitar en la medida de lo posible introducir cualquier tipo de líquido.

4.1.2 PRUEBAS DE CAMPO

Para este tipo de pruebas no se pueden tener procedimientos tan específicos como los que se desarrollaron para las pruebas de laboratorio, ya que como se mencionó anteriormente, es difícil tener controladas todas las variables que se encuentran en el ambiente del vehículo, por ello sólo se tendrán dos procedimientos, los cuales se explican adelante. Sin embargo, estas pruebas serán extensivas, es decir, el taxímetro estará colocado dentro de un vehículo y será alimentado las 24 horas del día, además de que el operador del auto lo utilizará como si se tratase de un taxímetro comercial. Por ello este par de pruebas serán muy reveladoras en cuanto al comportamiento del taxímetro en su ambiente natural.

PRUEBA DE COMPORTAMIENTO ESTÁTICO

La siguiente prueba tiene como objetivo observar el funcionamiento del taxímetro cuando el auto se encuentra detenido. Factores tales como el encendido del motor, de las luces, de la radio, el uso del claxón, temperaturas extremas y humedad pueden alterar la operación correcta del dispositivo; de aquí que esta prueba permitirá investigar cómo responde el taxímetro a este ambiente.

- Se instala el taxímetro sobre el tablero a 50 cms. del extremo del volante, como lo indica la norma
- Se instala el transductor sobre el chicote que va desde la rueda delantera hacia el velocímetro.
- Se conectan el taxímetro y el transductor por medio de sus respectivos cables.
- Se conecta la alimentación al taxímetro.
- Se enciende el taxímetro y se toman los valores encontrados en el área de los totalizadores y de los datos de operación, y se deja a este en el modo "Libre".
- Esperar el mayor tiempo posible (horas o días).
- Se toman los valores encontrados en el área de totalizadores y de los datos de operación.
- Se repite la prueba cuantas veces se crea necesario.

PRUEBA DE COMPORTAMIENTO DINÁMICO

Esta segunda prueba tiene como objetivo verificar que el taxímetro opera correctamente cuando el auto está en movimiento. Factores tales como el ruido producido por el motor, altas velocidades, vibraciones, e inclusive eventuales choques, uso de las luces traseras, delanteras, direccionales, el manejo del dispositivo por parte del operador del vehículo, el uso de la radio, aceleraciones y desaceleraciones y posibles fallas del sistema eléctrico del auto, influyen en el comportamiento del taxímetro. Por lo tanto es necesario saber hasta qué punto el taxímetro es capaz de soportar este ambiente para tener la certeza de que se tendrá un producto de calidad en el mercado.

- Se enciende el taxímetro y se toman los valores encontrados en el área de los totalizadores y de los datos de operación, y se deja a éste en el modo "Libre".
- Se toma el valor que indique el odómetro del vehículo.

- Se opera al taxímetro como si se tratase de un taxímetro comercial durante un lapso no menor a 10 días.
- Se toman los valores encontrados en el área de totalizadores y de los datos de operación.
- Se toman los valores encontrados tanto en el área de totalizadores y de los datos de operación, como en el odómetro del vehículo.
- Se repite la prueba cuantas veces se crea necesario.

4.2 Impresora

La impresora sólo será sometida a las mismas pruebas eléctricas del taxímetro, por lo que no se ha creído necesario repetir los procedimientos, sino sólo mostrar las tablas con los resultados obtenidos. Ello debido a que no existe una normatividad al respecto que dicte los lineamientos mínimos a los que debe someterse este tipo de dispositivos.

La Tabla 4.4. muestra los resultados de las pruebas eléctricas realizadas a la impresora.

Prueba	No.	Voltaje	Estado después de la prueba
1			
	1	7.22	Ok
	2	7.05	Ok
	3	7.16	Ok
	4	7.13	Ok
2	5	7.11	Ok
	1		Ok
	2		Ok
	3		Ok
3	4		Ok
	5		Ok
	1		Ok
	2		Ok
4	3		Ok
	4		Ok
	5		Ok
	1		Ok

	2		Ok
	3		Ok
	4		Ok
	5		Ok
5			
	1		Ok
	2		Ok
	3		Ok
	4		Ok
	5		Ok

Tabla 4.4. *Resultados de las pruebas eléctricas.*

Se puede observar que los resultados obtenidos de las pruebas de la impresora guardan una enorme similitud con con las respectivas pruebas eléctricas del taxímetro, ya que ambos comparten casi la misma arquitectura de trabajo, tanto en hardware como en software.

4.3 Comentarios

Por cuestión de espacio, y con el deseo de no abrumar al lector con hojas y hojas de resultados, sólo se presentó un extracto representativo de todas las series de pruebas realizadas durante el desarrollo del proyecto y del proceso de implementación hechas al taxímetro y a la impresora.

Los resultados arrojados muestran un claro comportamiento del taxímetro y de la impresora dentro de lo que será su ambiente de trabajo natural.

Se debe mencionar que en el mes de octubre de 2002 se obtuvo la certificación NYCE y la NOM-007SCFI-1997 por parte de la Secretaría de Economía.

Una vez desarrolladas las pruebas, en el siguiente capítulo se comentarán los resultados y conclusiones del presente trabajo.

Conclusiones

En este capítulo se muestran los resultados y conclusiones del presente trabajo.

5.1. Conclusiones

Como se puede observar del conjunto de pruebas realizados en el capítulo anterior, se tiene que se ha cumplido con los estándares que marca la NOM-007-SCFI-1997; así mismo, se ha cumplido con los objetivos propuestos al principio de este trabajo:

1. *Resistencia al fraude.* Cuenta con un sistema que impide que el taxímetro trabaje si se ha intentado alterar el sensor de pulsos.
2. *Exactitud.* Se encuentra dentro de la normativa oficial.

3. *Seguridad contra robo.* Incluye una clave de acceso única que sólo el dueño del taxímetro conoce.
4. *Funcionalidad.* Maneja 10 tarifas (8 más de las que contempla la normativa oficial), un reloj-alarma de tiempo real, y registro y visualización de los datos del usuario.
5. *Facilidad de uso.* Se accede a todas las funciones del taxímetro a través de un menú implementado en base al teclado y la pantalla de visualización.
6. *Modularidad.* Se puede conectar a diversos dispositivos vía una interface RS-232.
7. *Adaptativo.* Debido a que la programación es modular, fácilmente se puede adaptar a requerimientos específicos de los clientes.

5.2. Taxímetro

Por lo visto a lo largo del presente trabajo, se ha notado que el desarrollo de este par de dispositivos, taxímetro e impresora, ha involucrado todo lo que requiere un proyecto de ingeniería: concepción de la idea, diseño, desarrollo, pruebas e implementación final. Sin embargo, hay algo que no ha sido muy obvio, y es que, además de la ingeniería, hay factores tan importantes como es el económico.

Debido a que estos dispositivos serán producidos industrialmente, y a que también existe una fuerte competencia, a lo largo del desarrollo hubo que tomar decisiones que de una u otra manera alteraron al diseño original. Algunos cambios incluyeron agregarle a ambos dispositivos mayor funcionalidad, y otras modificaciones fueron tan radicales como cambiar el tipo de gabinete y la tarjeta de PCB. Otro de los factores que influyeron en realizar modificaciones fue el proyecto de norma para el año 2002, lo que obliga a los fabricantes a cambiar sus diseños para poder cumplir dicha normativa.

De todos los cambios que se realizaron, unos fueron muy sencillos y no implicaron mucho esfuerzo, pero otros cambiaron por completo la concepción original del proyecto. Sin embargo, la exactitud de los parámetros de tiempo y distancia fueron inamovibles.

El diseño original del taxímetro constaba de dos tarjetas a 90° y dispositivos de montaje convencional. El taxímetro se comunicaba con la impresora vía la interfaz serial MICROWIRE/P sin existir ningún protocolo de por medio. El retarifamiento se realizaba utilizando una PC con un programa

desarrollado en Visual Basic vía RS-232. Todo el cableado se realizaba a través de un conector de filo de tarjeta.

Notando que el taxímetro contenía muchos componentes y un código fuente poco claro, se decidió trabajar con una nueva arquitectura hardware/firmware/software, tanto para eliminar componentes como aumentar la funcionalidad y fiabilidad, organizar el código fuente y reducir los costos de fabricación.

Finalmente se produjo uno de los cambios más relevantes, y éste fue combinar ambas tarjetas PCB del taxímetro en una sola. El cambio incluyó mover los visualizadores a la tarjeta principal y colocarlos de cierto modo que fuera atractivo para el cliente; también fue necesario incluir en la tarjeta madre un reloj de tiempo real y al mismo tiempo eliminar un circuito integrado, el teclado de membrana se substituyó por un juego de cuatro mini interruptores, y el conector de filo de tarjeta se cambió por un conector del tipo minidin de 8 posiciones y otro tipo jack estéreo. Por lo anterior el gabinete también tuvo que ser modificado acorde a lo descrito.

Todos estos cambios fueron posibles ya que desde el principio del diseño de la nueva etapa del taxímetro, se contempló dejar libres puertos del microcontrolador. El diseño original utilizaba un chip de 40 terminales y el nuevo utiliza uno de 44, lo que sumado al buen aprovechamiento de puertos, permitió efectivamente poder llevar a cabo todas las modificaciones. Además de que se cuenta con un puerto RS-232, que permite agregar cualquier cantidad de periféricos sin casi alterar el núcleo del taxímetro. El siguiente es un resumen de los recursos utilizados en el sistema:

- Se utilizaron 8 KB de los 32 KB de ROM que contiene el microcontrolador COP8SGR.
- Se utilizaron 176 bytes de los 512 bytes de RAM.
- Se utilizaron 350 bytes de los 512 bytes disponibles en la EEPROM.

De aquí se ve que existen suficientes recursos para crecer en el futuro al taxímetro sin problema alguno.

Por premuras de tiempo ya no fue posible incluir en estos modelos una comunicación vía radiofrecuencia. Esta forma de retarifar tiene dos ventajas: a) Se le dará al cliente la opción de escoger el modelo que más le convenga según sus gustos y presupuesto, sin tener que verse limitado a un sólo

modelo en particular, y b) El retarifamiento por RF permite actualizar las tarifas de un número grande de taxímetros al mismo tiempo.

El siguiente paso es desarrollar un taxímetro con un menor número de componentes, más fiable, más compacto y más barato en su construcción; y por otro lado se tiene que será posible incluir un número mucho mayor de funciones, lo que lo convertirá en en una excelente opción para el cliente. Ello es posible gracias a que los fabricantes de microcontroladores están incluyendo más características dentro de sus productos y a la constante miniaturización y abaratamiento de componentes.

5.3. Impresora

A pesar de que este dispositivo es mucho más sencillo que el taxímetro, durante el desarrollo del proyecto también sufrió modificaciones. Una de ellas fue que se cambió el método de comunicación utilizado originalmente, el cual consistía en la interfaz MICROWIRE/PLUS, por la interfaz RS-232. Esto debido principalmente a que la interfaz MICROWIRE/PLUS está diseñada para trabajar al nivel del PCB, es decir, no está diseñada para transmitir datos a distancias mayores a 15 cms. Otro par de modificaciones fueron cambiar el encapsulado del microcontrolador de 28 a 20 terminales, y por tanto, el tamaño del PCB se vio reducido, aun después de haber agregado el circuito integrado DS14C232. También contribuyeron a la reducción del tamaño el haber eliminado el reloj de tiempo real que originalmente se alojaba en la circuitería de control de la impresora. La programación fue renovada totalmente.

En un principio la primer impresora sólo era capaz de imprimir campos fijos que únicamente eran posibles de modificar reprogramando tanto al taxímetro como a la impresora. El nuevo diseño simplemente recibe código ASCII y lo imprime sobre el papel, lo que permite que si en un momento dado es necesario agregar y/o modificar campos, el taxímetro será el que se tenga que reprogramar, y no la impresora. Además, y como se mencionó desde un principio, el objetivo del diseño de la impresora era permitirle trabajar con dispositivos diferentes al taxímetro, por ejemplo una PC. Comercialmente hablando, esto significa ampliar el mercado para la venta de esta impresora.

Debido a todo lo mencionado anteriormente, existe un sentimiento de que las cosas se hicieron bien, y sólo queda esperar a ver este producto en forma masivo dentro de su campo de aplicación: los taxis.

Finalmente quiero agregar que este proyecto de ingeniería contribuyó enormemente a mi crecimiento profesional y personal dado el número de experiencias vividas, las cuales espero en el futuro saber aplicar y compartir.

APÉNDICE A

Set de Instrucciones COP8

Este apéndice describe los modos de direccionamiento y el set de instrucciones del microcontrolador COP8.

A.1. PRINCIPALES CARÁCTERÍSTICAS DEL JUEGO DE INSTRUCCIONES

- Muchas instrucciones son de un solo byte con el objeto de reducir el tamaño del código.
- Muchas de las instrucciones de un solo byte se ejecutan en un ciclo de instrucción con el objeto de reducir el tiempo de ejecución.
- Contiene algunas instrucciones de un solo byte y múltiples funciones.
- Contiene 3 punteros en RAM.
- Contiene 16 registros en RAM que permiten implementar de modo optimizado ciertas instrucciones.
- Manipulación y prueba de bits en todo el espacio de RAM.
- Contiene instrucciones que permiten incrementar la eficiencia en espacio y tiempo cuando se trabaja con tablas y se procesan campos de datos.
- Contiene instrucciones que optimizan el tamaño del código y elevan la eficiencia.

A.2. MODOS DE DIRECCIONAMIENTO

El juego de instrucciones incluye varios métodos para especificar una dirección de memoria. A estos métodos se les conoce como modos de direccionamiento y se clasifican en dos categorías: a) Direccionamiento del operando, y b) Direccionamiento para el flujo del programa. El direccionamiento del operando se utiliza para especificar los varios modos que se tienen para acceder datos, tanto para lectura como para escritura. El direccionamiento para el flujo del programa se utiliza en conjunto con las instrucciones de salto para alterar la secuencia de ejecución de las instrucciones del programa.

A.2.1. DIRECCIONAMIENTO DEL OPERANDO

Los modos de direccionamiento posibles para esta categoría son:

- **Directo.** La dirección de memoria es especificada directamente como un byte en la instrucción. En lenguaje ensamblador, la dirección es escrita como un valor numérico (o una etiqueta que ha sido definida previamente en algún lugar del código). Por ejemplo:

LD A, 05

Carga el acumulador con el dato que se encuentre en la posición de memoria 05

- **Registro indirecto.** La dirección de memoria es especificada en el contenido del registro B ó X. En lenguaje ensamblador se utiliza la notación [B] ó [x] para especificar qué registro se está utilizando como apuntador. Por ejemplo:

LD A, [B]	Carga el acumulador con el dato que se encuentre en la dirección apuntada por el registro B. Si B vale 0A, entonces el dato contenido en 08 es el que se carga al acumulador
-----------	--

- **Registro indirecto con post-incremento/decremento.** Este modo de direccionamiento es similar al anterior, la diferencia estriba en que luego de realizarse la transferencia, el registro utilizado (ya sea el B ó el X) se incrementan o decrementan en uno, dependiendo lo que se haya establecido en la instrucción. Por ejemplo:

LD A, [B+]	Carga el acumulador con el dato que se encuentre en la dirección apuntada por el registro B. Si B vale 08, entonces el dato contenido en 08 es el que se carga al acumulador, y luego B se incrementa en uno, por lo que ahora se tiene que B vale 09
------------	---

- **Inmediato.** El dato para la operación es que sigue en el formato de la instrucción en el programa. En lenguaje ensamblador, el signo '#' indica que se trata de un operando inmediato. Por ejemplo:

LD A, #67	Carga el acumulador con el valor decimal 67. Es equivalente a 'A = 67'
-----------	--

- **Indirecto desde la memoria de programa.** Este modo de direccionamiento permite acceder a tablas almacenadas en ROM. Para ello se utiliza la instrucción LAID, la cual funciona de la siguiente manera: en primera instancia se carga en el acumulador la dirección de ROM desde la cual se quiere acceder al dato en ROM, luego se llama a la instrucción LAID, que una vez ejecutada, regresa en el acumulador el dato contenido en ROM. Por ejemplo:

<pre>LD A, #LOW(TABLE) LAID IFEQ A, [B] JP UNDERFLOW . . . TABLE: .DB 30, 60</pre>	Carga en el acumulador la dirección EN ROM de TABLE, donde posiblemente estarían los máximos y mínimos de comparación para un proceso determinado, o la tabla de traducción para un display, etc. Luego de ejecutar LAID, el acumulador contendría el valor decimal 30. La siguiente instrucción compara ese valor con lo que apunta el registro B, y dependiendo de éste valor, podría saltar a la etiqueta UDERFLOW, o continuar con el flujo normal del programa.
--	--

A.2.2. DIRECCIONAMIENTO PARA EL FLUJO DEL PROGRAMA

Normalmente las instrucciones de un programa son ejecutadas en modo lineal o secuencial, es decir, una a continuación de la otra. Sin embargo, muy frecuentemente es necesario alterar el orden de ejecución según algún determinado parámetro. Existen diversas instrucciones que permiten especificar la dirección de salto.

Los modos de direccionamiento disponibles para modificar el flujo del programa son:

- **Salto relativo.** Esta es una instrucción de 1 byte, la cual permite realizar saltos que se encuentren dentro del margen de -31 a 32 bytes de distancia. Por ejemplo:

JP 0A	Salta 10 bytes hacia adelante
-------	-------------------------------

- **Salto absoluto.** Es una instrucción de 2 bytes, de los cuales 12 bits de la instrucción especifican el nuevo contenido del del registro contador de programa (Program Counter, PC), permitiendo saltos en el rango de 0 a 4 Kbytes. Por ejemplo:

JMP 0125	Salta a la dirección hexadecimal 0125 (decimal 293)
----------	---

- **Salto absoluto largo.** Es una instrucción de 3 bytes, de los cuales 15 bits de la instrucción especifican el nuevo contenido del registro PC, lo cual permite saltos de hasta 32 Kbytes. Por ejemplo:

JMPL 03625	Salta a la dirección hexadecimal 03625 (decimal 13861)
------------	--

- **Salto indirecto.** Es una instrucción de 1 byte, donde el acumulador contiene la parte baja de la dirección a donde se va a saltar, por lo que el rango queda restringido dentro de una página de 256 bytes. Por ejemplo:

<pre>LD A, #LOW(LABEL1) JID LABEL0: (algún código) LABEL1: (otro segmento de código)</pre>	<p>El acumulador se carga con la parte baja de la dirección a donde se desea saltar. Luego de ejecutar JID el registro PC contendrá la dirección de LABEL1</p>
--	--

A.3. INSTRUCCIONES

El juego de instrucciones contiene una amplia variedad de operaciones lógica-aritméticas, de saltos y control. Las instrucciones disponibles se listan a continuación y están organizadas en grupos funcionales.

A.3.1. INSTRUCCIONES ARITMÉTICAS

Estas instrucciones ejecutan operaciones binarias tales como la suma y la resta, con o sin acarreo.

ADD	Add	El contenido de la localidad de memoria referenciada según el modo de direccionamiento es sumado al contenido del acumulador y el resultado es puesto en éste último. El bit de acarreo no se altera
ADC	Add with carry	El contenido de la localidad de memoria referenciada según el modo de direccionamiento es sumado al contenido del acumulador, y si el bit de acarreo está a uno, entonces el resultado es incrementado en uno. El resultado es puesto en éste último. El bit de acarreo se altera según el resultado
SUBC	Substract with carry	El contenido de la localidad de memoria referenciada según el modo de direccionamiento es restado del acumulador, y si el bit de acarreo estaba a uno, el resultado es decrementado y guardado en el acumulador
INC	Increment acummulator	El contenido del acumulador es incrementado en uno y puesto de vuelta en él mismo
DEC	Decrement acummulator	El contenido del acumulador es decrementado en uno y puesto de vuelta en él mismo
DCOR	Decimal correction	Esta instrucción se utiliza para realizar correcciones decimales cuando se trabaja con números en formato BCD
CLR	Clear acummulator	Pone a cero el contenido del acumulador
SC	Set carry	Pone a uno el bit de acarreo
RC	Reset carry	Pone a cero el bit de acarreo

A.3.2. INSTRUCCIONES DE SALTO

Estas instrucciones cambian el flujo secuencial del programa alterando el contenido del registro PC. Los saltos a subrutinas guardan la dirección de regreso en la pila, mientras que la instrucción RET toma la dirección de regreso de la pila y la pone de vuelta en el registro PC.

JP	Jump relative	Realiza un salto en el rango de 0 a 31 bytes desde la actual posición del registro PC
JMP	Jump absolute	Salta a la posición indicada en el segundo byte de la instrucción. El rango está entre 0 y 4095 bytes
JMPL	Jump long absolute	Salta a la posición indicada en el segundo y tercer byte de la instrucción. El rango está entre 0 y 32767 bytes
JID	Jump indirect	Esta instrucción utiliza al acumulador como apuntador a la dirección a donde se desea saltar. El rango está restringido a 256 bytes y se debe de encontrar dentro de una página
JSR	Jump to subroutine	Esta instrucción guarda la dirección de regreso en la pila y luego salta a la dirección especificada. El alcance es de 4 KBytes
JSRL	Jump long to subroutine	Esta instrucción guarda la dirección de regreso en la pila y luego salta a la dirección especificada. El alcance es de 32 KBytes
RET	Return from subroutine	Toma la dirección de regreso de la pila y la coloca en el registro PC. Luego salta a esa dirección. Para evitar errores, todas las instrucciones JSR(L) y RET se deben encontrar emparejadas
RETSK	Return from subroutine and skip	Toma la dirección de regreso de la pila, la coloca en el registro PC, y luego incrementa a éste en uno. Después salta a esa dirección
RETI	Return from interrupt	Toma la dirección de regreso de la pila y la coloca en el registro PC. Luego salta a esa dirección, y el bit GIE (Global Interrupt Enable) es puesto a uno. Se utiliza para salir de rutinas que han sido llamadas por interrupciones del sistema
INTR	Interrupt (software trap)	Esta instrucción es utilizada por el propio microcontrolador para avisar que ha ocurrido alguno de los dos errores siguientes: a) Desbordamiento de la pila, y b) Se ha saltado a una localidad de memoria donde no hay código
VIS	Vector interrupt select	Esta instrucción se utiliza para direccionar correctamente hacia alguna rutina que dará servicio a una interrupción, tomando en cuenta las prioridades de cada una de ellas

A.3.3. INSTRUCCIONES DE CARGA E INTERCAMBIO

Estas instrucciones escriben un byte de datos en los registros o en la memoria. El modo de direccionamiento determina la fuente de datos.

LD	Load	Carga un byte de datos en el acumulador, registros, o localidad de memoria
LAID	Load accumulator indirect	El acumulador se utiliza como apuntador, y luego de ejecutar esta instrucción el dato leído se carga en el acumulador
X	Exchange	Intercambia el contenido del acumulador con un registro o localidad de memoria

A.3.4. INSTRUCCIONES LÓGICAS

Estas instrucciones ejecutan operaciones tales como AND, OR y XOR. Otras operaciones lógicas pueden ser implementadas a partir de éstas.

AND	Logical AND	Ejecuta un AND lógico entre el acumulador y algún registro/localidad de memoria, y el resultado es guardado en el acumulador
OR	Logical OR	Ejecuta un OR lógico entre el acumulador y algún registro/localidad de memoria, y el resultado es guardado en el acumulador
XOR	Logical Or-exclusive	Ejecuta un XOR lógico entre el acumulador y algún registro/localidad de memoria, y el resultado es guardado en el acumulador

A.3.5. INSTRUCCIONES PARA MANIPULACIÓN DE BITS DEL ACUMULADOR

Estas instrucciones permiten realizar desplazamientos de los bits del acumulador, así como intercambiar sus dos *nibbles*.

RRC	Rotate right through carry	El contenido del acumulador y el bit de acarreo son rotados hacia la derecha un bit, con el bit de acarreo sirviendo como un noveno bit enlazando los dos extremos del byte
RLC	Rotate left through carry	El contenido del acumulador y el bit de acarreo son rotados hacia la izquierda un bit, con el bit de acarreo sirviendo como un noveno bit enlazando los dos extremos del byte
SWAP	Swap nibbles of accumulator	La mitad superior del acumulador es intercambiado con la mitad inferior del mismo

A.3.6. INSTRUCCIÓN PARA LA MANIPULACIÓN DE LA PILA

Estas instrucciones permiten guardar y extraer datos en y desde la pila.

PUSH	Push data onto stack	Guarda el acumulador en la parte inferior de la pila
POP	Pop data off stack	Extrae un byte de la parte inferior de la pila y lo guarda en el acumulador

A.3.7. INSTRUCCIONES PARA MANIPULACIÓN DE BITS

Estas instrucciones permiten poner a uno o a cero bits específicos en todo el espacio de memoria RAM.

SBIT	Set bit	El bit seleccionado (0-7) de una localidad de memoria es puesto a uno
RBIT	Reset bit	El bit seleccionado (0-7) de una localidad de memoria es puesto a cero
RPND	Reset pending bit	Pone a cero el bit NMIPND (Non Maskable Interrupt Pending Flag).

A.3.8. INSTRUCCIONES CONDICIONALES

Estas instrucciones prueban una condición. Si la condición es verdadera, entonces la siguiente instrucción es ejecutada; si la condición es falsa, entonces la siguiente instrucción es omitida.

IFEQ	If equal	Prueba que el acumulador sea igual a la localidad de memoria
IFNE	If not equal	Prueba que el acumulador sea diferente a la localidad de memoria
IFGT	If greater than	Prueba que el acumulador sea mayor a la localidad de memoria
IFC	If carry	Prueba que el bit de acarreo esté a uno
IFNC	If not carry	Prueba que el bit de acarreo esté a cero
IFBIT	If bit	Prueba que el bit especificado (0-7) de una localidad de memoria esté a uno
IFBNE	If B not equal	Prueba que el registro B sea diferente del valor especificado. Esta instrucción se utiliza para moverse a través de arreglos o tablas en RAM
ANDSZ	And skip if zero	Prueba que ciertos bits en el acumulador estén puestos a uno

DRSZ	Decrement register and skip if zero	Decrementa el registro indicado, y si éste es cero entonces omite la siguiente instrucción. Esta instrucción se utiliza principalmente para manejar ciclos
-------------	-------------------------------------	--

A.3.9. INSTRUCCIÓN DE NO-OPERACIÓN

Esta instrucción no hace nada, sino ocupar tiempo y espacio.

NOP	No operation	No hace nada. Se utiliza principalmente para rellenar espacios y crear retardos
------------	--------------	---

APÉNDICE B

Hojas de especificaciones

Este apéndice muestra las hojas de especificaciones de los componentes más importantes del sistema.



July 1999

COP8SGx7 Family 8-Bit CMOS OTP Microcontrollers with 8k or 32k Memory, Two Comparators and USART

General Description

Note: COP8SGx7 devices are form-fit-function compatible supersets of the COP888xG/CS and COP87L88xG Family devices, and are replacements for these in new designs, and design upgrades with minimum effort.

The COP8SGx7 Family of OTP (One Time Programmable) microcontrollers are highly integrated COP8™ Feature core devices with 8k or 32k memory and advanced features including Analog comparators, and zero external components. These single-chip CMOS devices are suited for more complex applications requiring a full featured controller with larger memory, low EMI, two comparators, and a full-duplex USART. 100% form-fit-function compatible 8k to 32k ROM

versions are available (COP8SGx5 Family). Erasable windowed versions are available for use with a range of COP8 software and hardware development tools.

Family features include an 8-bit memory mapped architecture, 10 MHz CKI with 1µs instruction cycle, three multi-function 16-bit timer/counters with PWM, full duplex USART, MICROWIRE/PLUS™, two analog comparators, two power saving HALT/IDLE modes, MIWU, idle timer, on-chip R/C oscillator, high current outputs, user selectable options (WATCHDOG™, 4 clock/oscillator modes, power-on-reset), 2.7V to 5.5V operation, program code security, and 28/40/44 pin packages.

Devices included in this datasheet are:

Device	Memory (bytes)	RAM (bytes)	I/O Pins	Packages	Temperature
COP8SGE7	8k OTP EPROM	256	24/36/40	28 DIP/SOIC, 40 DIP, 44 PLCC/QFP	-40 to +85°C
COP8SGR7	32k OTP EPROM	512	24/36/40	28 DIP/SOIC, 40 DIP, 44 PLCC/QFP	-40 to +85°C
COP8SGR7-Q3	32k EPROM	512	24/36/40	28 DIP, 40 DIP, 44 PLCC	Room Temp.

Key Features

- Low cost 8-bit OTP microcontroller
- Quiet Design (low radiated emissions)
- Multi-Input Wakeup pins with optional interrupts (8 pins)
- 8 bytes of user storage space in EPROM
- User selectable clock options
 - Crystal oscillator
 - Crystal oscillator with on-chip bias resistor
 - External oscillator
 - Internal R/C oscillator
- Internal Power-On-Reset — user selectable
- WATCHDOG and Clock Monitor Logic — user selectable
- Eight high current outputs
- 256 or 512 bytes on-board RAM
- 8 or 32 kbytes on-board OTP EPROM with security feature for COP8SGE7
- 4 to 32 kbytes ROM based versions available

CPU Features

- Versatile easy to use instruction set
- 1 µs instruction cycle time

- Fourteen multi-source vectored interrupts servicing
 - External interrupt / Timers T0 — T3
 - MICROWIRE/PLUS Serial Interface
 - Multi-Input Wake Up
 - Software Trap
 - USART (2; 1 receive and 1 transmit)
 - Default VIS (default interrupt)
- 8-bit Stack Pointer SP (stack in RAM)
- Two 8-bit Register Indirect Data Memory Pointers
- True bit manipulation
- Memory mapped I/O
- BCD arithmetic instructions

Peripheral Features

- Multi-Input Wakeup Logic
- Three 16-bit timers (T1 — T3), each with two 16-bit registers supporting:
 - Processor Independent PWM mode
 - External Event Counter mode
 - Input Capture mode
- Idle Timer (T0)
- MICROWIRE/PLUS Serial Interface (SPI Compatible)
- Full Duplex USART
- Two Analog Comparators

TRI-STATE® is a registered trademark of National Semiconductor Corporation.
MICROWIRE/PLUS™, COP8™, MICROWIRE™ and WATCHDOG™ are trademarks of National Semiconductor Corporation.
iceMASTER™ is a trademark of MetaLink Corporation.

COP8SGx7 Family, 8-Bit CMOS OTP Microcontrollers with 8k or 32k Memory, Two Comparators and USART

3.0 Electrical Characteristics

Absolute Maximum Ratings (Note 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage (V _{CC})	7V
Voltage at Any Pin	-0.3V to V _{CC} +0.3V
Total Current into V _{CC} Pin (Source)	100 mA

Total Current out of GND Pin (Sink)	110 mA
Storage Temperature Range	-65°C to +140°C
ESD Protection Level	2kV (Human Body Model)

Note 2: Absolute maximum ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications are not ensured when operating the device at absolute maximum ratings.

DC Electrical Characteristics

-40°C ≤ T_A ≤ +85°C unless otherwise specified.

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Operating Voltage		2.7		5.5	V
Power Supply Rise Time		10		50 x 10 ⁶	ns
V _{CC} Start Voltage to Guarantee POR		0		0.25	V
Power Supply Ripple (Note 4)	Peak-to-Peak			0.1 V _{CC}	V
Supply Current (Note 5)					
CKI = 10 MHz	V _{CC} = 5.5V, t _C = 1 μs			6.0	mA
CKI = 4 MHz	V _{CC} = 4.5V, t _C = 2.5 μs			2.1	mA
HALT Current (Note 6)	V _{CC} = 5.5V, CKI = 0 MHz		<4	10	μA
IDLE Current (Note 5)					
CKI = 10 MHz	V _{CC} = 5.5V, t _C = 1 μs			1.5	mA
CKI = 4 MHz	V _{CC} = 4.5V, t _C = 2.5 μs			0.8	mA
Input Levels (V _{IH} , V _{IL})					
RESET					
Logic High		0.8 V _{CC}			V
Logic Low				0.2 V _{CC}	V
CKI, All Other Inputs					
Logic High		0.7 V _{CC}			V
Logic Low				0.2 V _{CC}	V
Internal Bias Resistor for the Crystal/Resonator Oscillator		0.5	1	2	MΩ
CKI Resistance to V _{CC} or GND when R/C Oscillator is selected	V _{CC} = 5.5V	5	8	11	kΩ
Hi-Z Input Leakage	V _{CC} = 5.5V	-2		+2	μA
Input Pullup Current	V _{CC} = 5.5V, V _{IN} = 0V	-40		-250	μA
G and L Port Input Hysteresis	V _{CC} = 5.5V	0.25 V _{CC}			V
Output Current Levels					
D Outputs					
Source	V _{CC} = 4.5V, V _{OH} = 3.3V	-0.4			mA
	V _{CC} = 2.7V, V _{OH} = 1.8V	-0.2			mA
Sink	V _{CC} = 4.5V, V _{OL} = 1.0V	10			mA
	V _{CC} = 2.7V, V _{OL} = 0.4V	2			mA
All Others					
Source (Weak Pull-Up Mode)	V _{CC} = 4.5V, V _{OH} = 2.7V	-10.0		-110	μA
	V _{CC} = 2.7V, V _{OH} = 1.8V	-2.5		-33	μA
Source (Push-Pull Mode)	V _{CC} = 4.5V, V _{OH} = 3.3V	-0.4			mA
	V _{CC} = 2.7V, V _{OH} = 1.8V	-0.2			mA
Sink (Push-Pull Mode)	V _{CC} = 4.5V, V _{OL} = 0.4V	1.6			mA
	V _{CC} = 2.7V, V _{OL} = 0.4V	0.7			mA
TRI-STATE Leakage	V _{CC} = 5.5V	-2		+2	μA

DC Electrical Characteristics (Continued)					
-40°C ≤ T _A ≤ +85°C unless otherwise specified.					
Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Allowable Sink Current per Pin (Note 9)					
D Outputs and L0 to L3	15			mA	
All Others	3			mA	
Maximum Input Current without Latchup (Note 7)	Room Temp.			±200	mA
RAM Retention Voltage, V _r		2.0			V
V _{CC} Rise Time from a V _{CC} ≥ 2.0V	(Note 10)	12			µs
Input Capacitance	(Note 9)			7	pF
Load Capacitance on D2	(Note 9)			1000	pF
AC Electrical Characteristics					
-40°C ≤ T _A ≤ +85°C unless otherwise specified.					
Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Instruction Cycle Time (t _C)					
Crystal/Resonator, External	4.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V	1			µs
	2.7V ≤ V _{CC} < 4.5V	2			µs
R/C Oscillator (Internal)	4.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V		2		µs
Frequency Variation (Note 9)	4.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V		±35		%
External CKI Clock Duty Cycle (Note 9)	fr = Max	45		55	%
Rise Time (Note 9)	fr = 10 MHz Ext Clock			12	ns
Fall Time (Note 9)	fr = 10 MHz Ext Clock			8	ns
Output Propagation Delay (Note 8)	R _L = 2.2k, C _L = 100 pF				
t _{PD1} , t _{PDO}					
SO, SK	4.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V			0.7	µs
	2.7V ≤ V _{CC} < 4.5V			1.75	µs
All Others	4.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V			1.0	µs
	2.7V ≤ V _{CC} < 4.5V			2.5	µs
MICROWIRE Setup Time (t _{UWS}) (Note 11)		20			ns
MICROWIRE Hold Time (t _{UWH}) (Note 11)		56			ns
MICROWIRE Output Propagation Delay (t _{UPD}) (Note 11)				220	ns
Input Pulse Width (Note 9)					
Interrupt Input High Time		1			t _C
Interrupt Input Low Time		1			t _C
Timer 1, 2, 3, Input High Time		1			t _C
Timer 1, 2, 3, Input Low Time		1			t _C
Reset Pulse Width		1			µs
<p>Note 3: t_C = Instruction cycle time.</p> <p>Note 4: Maximum rate of voltage change must be < 0.5 V/ms.</p> <p>Note 5: Supply and IDLE currents are measured with CKI driven with a square wave Oscillator, External Oscillator, inputs connected to V_{CC} and outputs driven low but not connected to a load.</p> <p>Note 6: The HALT mode will stop CKI from oscillating in the R/C and the Crystal configurations. In the R/C configuration, CKI is forced high internally. In the crystal or external configuration, CKI is TRI-STATE. Measurement of I_{DD} HALT is done with device neither sourcing nor sinking current; with L, F, C, G0, and G2–G5 programmed as low outputs and not driving a load; all outputs programmed low and not driving a load; all inputs tied to V_{CC}; clock monitor disabled. Parameter refers to HALT mode entered via setting bit 7 of the G Port data register.</p> <p>Note 7: Pins G6 and RESET are designed with a high voltage input network. These pins allow input voltages > V_{CC} and the pins will have sink current to V_{CC} when biased at voltages > V_{CC} (the pins do not have source current when biased at a voltage below V_{CC}). The effective resistance to V_{CC} is 750Ω (typical). These two pins will not latch up. The voltage at the pins must be limited to < 14V. WARNING: Voltages in excess of 14V will cause damage to the pins. This warning excludes ESD transients.</p> <p>Note 8: The output propagation delay is referenced to the end of the instruction cycle where the output change occurs.</p>					

AC Electrical Characteristics (Continued)

Note 9: Parameter characterized but not tested.

Note 10: Rise times faster than the minimum specification may trigger an internal power-on-reset.

Note 11: MICROWIRE Setup and Hold Times and Propagation Delays are referenced to the appropriate edge of the MICROWIRE clock. See and the MICROWIRE operation description.

Comparators AC and DC Characteristics

$V_{CC} = 5V, -40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C.$

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Input Offset Voltage (Note 12)	$0.4V \leq V_{IN} \leq V_{CC} - 1.5V$		± 5	± 15	mV
Input Common Mode Voltage Range		0.4		$V_{CC} - 1.5$	V
Voltage Gain			100		dB
Low Level Output Current	$V_{OL} = 0.4V$	-1.6			mA
High Level Output Current	$V_{OH} = V_{CC} - 0.4V$	1.6			mA
DC Supply Current per Comparator (When Enabled)				150	μA
Response Time (Note 13)	200 mV step Input 100 mV Overdrive, 100 pF Load			200	ns

Note 12: The comparator inputs are high impedance port inputs and, as such, input current is limited to port input leakage current.

Note 13: Response time is measured from a step input to a valid logic level at the comparator output. software response time is dependent of instruction execution.

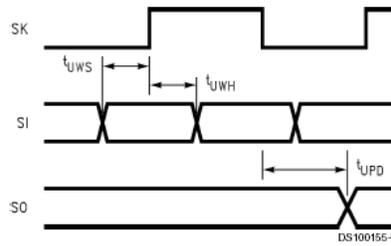


FIGURE 4. MICROWIRE/PLUS Timing



PRELIMINARY
July 1999

COP8SAx Family 8-Bit CMOS ROM Based and One-Time Programmable (OTP) Microcontroller with 1k to 4k Memory, Power On Reset, and Very Small Packaging

General Description

Note: COP8SAx devices are instruction set and pin compatible supersets of the COP800 Family devices, and are replacements for these in new designs when possible.

The COPSAx Rom based and OTP microcontrollers are highly integrated COP8™ feature core devices, with 1k to 4k memory and advanced features including low EMI. These single-chip CMOS devices are suited for low cost applications requiring a full featured controller, low EMI, and POR. 100% form-fit-function compatible OTP versions are available with 1k, 2k, and 4k memory, and in a variety of packages including 28-pin CSP. Erasable windowed versions are available for use with a range of COP8 software and hardware development tools.

Family features include an 8-bit memory mapped architecture, 10 MHz CKI with 1 µs instruction cycle, one multi-function 16-bit timer/counter with PWM output, MICROWIRE/PLUS™ serial I/O, two power saving HALT/IDLE modes, MIWU, idle timer, on-chip R/C oscillator, 12 high current outputs, user selectable options (WATCHDOG™, 4 clock/oscillator modes, power-on-reset), low EMI 2.7V to 5.5V operation, and 16/20/28/40/44 pin packages.

Devices included in this datasheet are:

Device	Memory (bytes)	RAM (bytes)	I/O Pins	Packages	Temperature
COP8SAA5	1k ROM	64	12/16/24	16/20/28 DIP/SOIC	0 to +70°C, -40 to +85°C, -40 to +125°C
COP8SAB5	2k ROM	128	16/24	20/28 DIP/SOIC	0 to +70°C, -40 to +85°C, -40 to +125°C
COP8SAC5	4k ROM	128	16/24/36/40	20/28 DIP/SOIC, 28 CSP, 40 DIP, 44 PLCC/QFP	0 to +70°C, -40 to +85°C, -40 to +125°C
COP8SAA7	1k OTP EPROM	64	12/16/24	16/20/28 DIP/SOIC	0 to +70°C, -40 to +85°C, -40 to +125°C
COP8SAB7	2k OTP EPROM	128	16/24	20/28 DIP/SOIC	0 to +70°C, -40 to +85°C, -40 to +125°C
COP8SAC7	4k OTP EPROM	128	16/24	20/28 DIP/SOIC, 28 CSP, 40 DIP, 44 PLCC/QFP	0 to +70°C, -40 to +85°C, -40 to +125°C
COP8SAA7SLB9	1k OTP EPROM	64	24	28 CSP	0 to +70°C
COP8SAB7SLB9	2k OTP EPROM	128	24	28 CSP	0 to +70°C
COP8SAC7SLB9	4k OTP EPROM	128	24	28 CSP	0 to +70°C
COP8SAC7-Q3	4k EPROM	128	16/24/36	20/28/40 DIP	Room Temp. Only
COP8SAC7-J3	4k EPROM	128	40	44 PLCC	Room Temp. Only

Key Features

- Low cost 8-bit OTP microcontroller
- OTP program space with read/write protection (fully secured)
- Quiet Design (low radiated emissions)
- Multi-Input Wakeup pins with optional interrupts (4 to 8 pins)
- 8 bytes of user storage space in EPROM
- User selectable clock options
 - Crystal/Resonator options
 - Crystal/Resonator option with on-chip bias resistor

- External oscillator
- Internal R/C oscillator
- Internal Power-On Reset— user selectable
- WATCHDOG and Clock Monitor Logic— user selectable
- Up to 12 high current outputs

CPU Features

- Versatile easy to use instruction set
- 1 µs instruction cycle time

TRI-STATE® is a registered trademark of National Semiconductor Corporation.
MICROWIRE/PLUS™, COP8™, MICROWIRE™ and WATCHDOG™ are trademarks of National Semiconductor Corporation.
iceMASTER® is a registered trademark of MetaLink Corporation.

COP8SAx Family, 8-Bit CMOS ROM Based and One-Time Programmable (OTP) Microcontroller with 1k to 4k Memory, Power On Reset, and Very Small Packaging

4.0 Electrical Characteristics

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage (V_{CC}) 7V
 Voltage at Any Pin $-0.6V$ to $V_{CC} + 0.6V$

ESD Protection Level 2 kV
 (Human Body Model)
 Total Current into V_{CC} Pin (Source) 80 mA
 Total Current out of GND Pin (Sink) 100 mA
 Storage Temperature Range $-65^{\circ}C$ to $+140^{\circ}C$

Note 1: Absolute maximum ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications are not ensured when operating the device at absolute maximum ratings.

DC Electrical Characteristics

$0^{\circ}C \leq T_A \leq +70^{\circ}C$ unless otherwise specified.

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Operating Voltage	(Note 8)	2.7		5.5	V
Power Supply Rise Time from 0.0V (On-Chip Power-On Reset Selected)		10 ns		50 ms	
V_{CC} Start Voltage to Guarantee POR				0.25	V
Power Supply Ripple (Note 3)	Peak-to-Peak			$0.1 V_{CC}$	V
Supply Current (Note 4)					
CKI = 10 MHz	$V_{CC} = 5.5V, t_C = 1 \mu s$			6	mA
CKI = 4 MHz	$V_{CC} = 4.5V, t_C = 2.5 \mu s$			2.1	mA
HALT Current (Note 5) — WATCHDOG Disabled	$V_{CC} = 5.5V, CKI = 0$ MHz		<4	8	μA
IDLE Current (Note 4)					
CKI = 10 MHz	$V_{CC} = 5.5V, t_C = 1 \mu s$			1.5	mA
CKI = 4 MHz	$V_{CC} = 4.5V, t_C = 2.5 \mu s$			0.8	mA
Input Levels (V_{IH}, V_{IL})					
RESET					
Logic High		$0.8 V_{CC}$			V
Logic Low				$0.2 V_{CC}$	V
CKI, All Other Inputs					
Logic High		$0.7 V_{CC}$			V
Logic Low				$0.2 V_{CC}$	V
Value of the Internal Bias Resistor for the Crystal/Resonator Oscillator		0.5	1.0	2.0	$M\Omega$
CKI Resistance to V_{CC} or GND when R/C Oscillator is Selected	$V_{CC} = 5.5V$	5	8	11	$k\Omega$
Hi-Z Input Leakage (same as TRI-STATE output)	$V_{CC} = 5.5V$	-2		+2	μA
Input Pullup Current	$V_{CC} = 5.5V, V_{IN} = 0V$	-40		-250	μA
G and L Port Input Hysteresis		$0.25 V_{CC}$			V

DC Electrical Characteristics (Continued)					
0°C ≤ T _A ≤ +70°C unless otherwise specified.					
Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Output Current Levels					
D Outputs					
Source	V _{CC} = 4.5V, V _{OH} = 3.3V	-0.4			mA
	V _{CC} = 2.7V, V _{OH} = 1.8V	-0.2			mA
Sink	V _{CC} = 4.5V, V _{OL} = 1.0V	10			mA
	V _{CC} = 2.7V, V _{OL} = 0.4V	2			mA
L Port					
Source (Weak Pull-Up)	V _{CC} = 4.5V, V _{OH} = 2.7V	-10		-110	µA
	V _{CC} = 2.7V, V _{OH} = 1.8V	-2.5		-33	µA
Source (Push-Pull Mode)	V _{CC} = 4.5V, V _{OH} = 3.3V	-0.4			mA
	V _{CC} = 2.7V, V _{OH} = 1.8V	-0.2			mA
Sink (L0–L3, Push-Pull Mode)	V _{CC} = 4.5V, V _{OL} = 1.0V	10			mA
	V _{CC} = 2.7V, V _{OL} = 0.4V	2			mA
Sink (L4–L7, Push-Pull Mode)	V _{CC} = 4.5V, V _{OL} = 0.4V	1.6			mA
	V _{CC} = 2.7V, V _{OL} = 0.4V	0.7			mA
All Others					
Source (Weak Pull-Up Mode)	V _{CC} = 4.5V, V _{OH} = 2.7V	-10		-110	µA
	V _{CC} = 2.7V, V _{OH} = 1.8V	-2.5		-33	µA
Source (Push-Pull Mode)	V _{CC} = 4.5V, V _{OH} = 3.3V	-0.4			mA
	V _{CC} = 2.7V, V _{OH} = 1.8V	-0.2			mA
Sink (Push-Pull Mode)	V _{CC} = 4.5V, V _{OL} = 0.4V	1.6			mA
	V _{CC} = 2.7V, V _{OL} = 0.4V	0.7			mA
Allowable Sink Current per Pin (Note 8)					
D Outputs and L0 to L3				15	mA
All Others				3	mA
Maximum Input Current without Latchup (Note 6)					
				±200	mA
RAM Retention Voltage, Vr					
V _{CC} Rise Time from a V _{CC} ≥ 2.0V	(Note 9)	2.0			V
		12			µs
Input Capacitance	(Note 8)			7	pF
Load Capacitance on D2	(Note 8)			1000	pF

AC Electrical Characteristics						
0°C ≤ T _A ≤ +70°C unless otherwise specified.						
Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units	
Instruction Cycle Time (t _C)	Crystal/Resonator, External	4.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V	1.0		DC	μs
		2.7V ≤ V _{CC} < 4.5V	2.0		DC	μs
	Internal R/C Oscillator	4.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V		2.0		μs
		2.7V ≤ V _{CC} < 4.5V		TBD		μs
R/C Oscillator Frequency Variation (Note 8)	4.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V			±35	%	
	2.7V ≤ V _{CC} < 4.5V			TBD	%	
External CKI Clock Duty Cycle (Note 8)	fr = Max	45		55	%	
Rise Time (Note 8)	fr = 10 MHz Ext Clock			12	ns	
Fall Time (Note 8)	fr = 10 MHz Ext Clock			8	ns	
Inputs						
t _{SETUP}	4.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V	200			ns	
	2.7V ≤ V _{CC} < 4.5V	500			ns	
t _{HOLD}	4.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V	60			ns	
	2.7V ≤ V _{CC} < 4.5V	150			ns	
Output Propagation Delay (Note 7)	R _L = 2.2k, C _L = 100 pF					
t _{PD1} , t _{PD0} SO, SK	4.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V			0.7	μs	
	2.7V ≤ V _{CC} < 4.5V			1.75	μs	
All Others	4.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V			1.0	μs	
	2.7V ≤ V _{CC} < 4.5V			2.5	μs	
MICROWIRE Setup Time (t _{UWS}) (Note 7)		20			ns	
MICROWIRE Hold Time (t _{UWH}) (Note 7)		56			ns	
MICROWIRE Output Propagation Delay (t _{UPD})				220	ns	
MICROWIRE Maximum Shift Clock						
Master Mode				500	kHz	
Slave Mode				1	MHz	
Input Pulse Width (Note 7)						
Interrupt Input High Time		1			t _C	
Interrupt Input Low Time		1			t _C	
Timer 1 Input High Time		1			t _C	
Timer 1 Input Low Time		1			t _C	
Reset Pulse Width		1			μs	

Note 2: t_C = Instruction cycle time (Clock input frequency divided by 10).

Note 3: Maximum rate of voltage change must be < 0.5 V/ms.

Note 4: Supply and IDLE currents are measured with CKI driven with a square wave Oscillator, CKO driven 180° out of phase with CKI, inputs connected to V_{CC} and outputs driven low but not connected to a load.

Note 5: The HALT mode will stop CKI from oscillating in the R/C and the Crystal configurations. In the R/C configuration, CKI is forced high internally. In the crystal or external configuration, CKI is TRI-STATE. Measurement of I_{DD} HALT is done with device neither sourcing nor sinking current; with L, F, C, G0, and G2–G5 programmed as low outputs and not driving a load; all outputs programmed low and not driving a load; all inputs tied to V_{CC}; WATCHDOG and clock monitor disabled. Parameter refers to HALT mode entered via setting bit 7 of the G Port data register.

Note 6: Pins G6 and RESET are designed with a high voltage input network. These pins allow input voltages > V_{CC} and the pins will have sink current to V_{CC} when biased at voltages > V_{CC} (the pins do not have source current when biased at a voltage below V_{CC}). The effective resistance to V_{CC} is 750Ω (typical). These two pins will not latch up. The voltage at the pins must be limited to < 14V. **WARNING: Voltages in excess of 14V will cause damage to the pins. This warning excludes ESD transients.**

Note 7: The output propagation delay is referenced to the end of the instruction cycle where the output change occurs.

Note 8: Parameter characterized but not tested.

Note 9: Rise times faster than this specification may reset the device if POR is enabled and may affect the value of Idle Timer T0 if POR is not enabled.



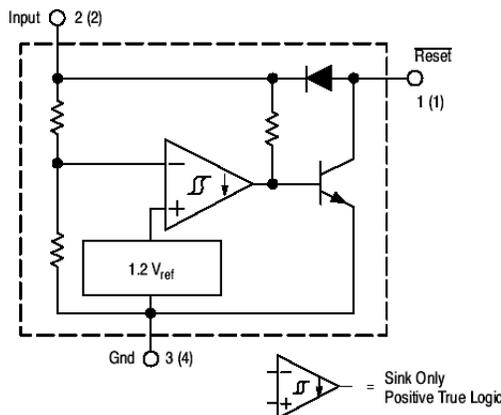
Undervoltage Sensing Circuit

The MC34064 is an undervoltage sensing circuit specifically designed for use as a reset controller in microprocessor-based systems. It offers the designer an economical solution for low voltage detection with a single external resistor. The MC34064 features a trimmed-in-package bandgap reference, and a comparator with precise thresholds and built-in hysteresis to prevent erratic reset operation. The open collector reset output is capable of sinking in excess of 10 mA, and operation is guaranteed down to 1.0 V input with low standby current. These devices are packaged in 3-pin TO-226AA, 8-pin SO-8 and Micro-8 surface mount packages.

Applications include direct monitoring of the 5.0 V MPU/logic power supply used in appliance, automotive, consumer and industrial equipment.

- Trimmed-In-Package Temperature Compensated Reference
- Comparator Threshold of 4.6 V at 25°C
- Precise Comparator Thresholds Guaranteed Over Temperature
- Comparator Hysteresis Prevents Erratic Reset
- Reset Output Capable of Sinking in Excess of 10 mA
- Internal Clamp Diode for Discharging Delay Capacitor
- Guaranteed Reset Operation with 1.0 V Input
- Low Standby Current
- Economical TO-226AA, SO-8 and Micro-8 Surface Mount Packages

Representative Block Diagram



Pin numbers adjacent to terminals are for the 3-pin TO-226AA package. Pin numbers in parenthesis are for the 8-lead packages.

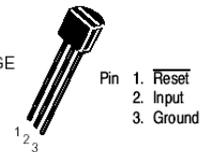
This device contains 21 active transistors.

MC34064 MC33064

UNDERVOLTAGE SENSING CIRCUIT

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

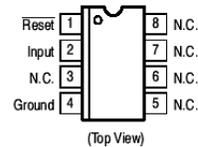
P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 29
(TO-226AA)



D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751
(SO-8)



DM SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 846A
(Micro-8)



ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
MC34064D-5	T _A = 0° to +70°C	SO-8
MC34064DM-5		Micro-8
MC34064P-5		TO-226AA
MC33064D-5	T _A = -40° to +85°C	SO-8
MC33064DM-5		Micro-8
MC33064P-5		TO-226AA



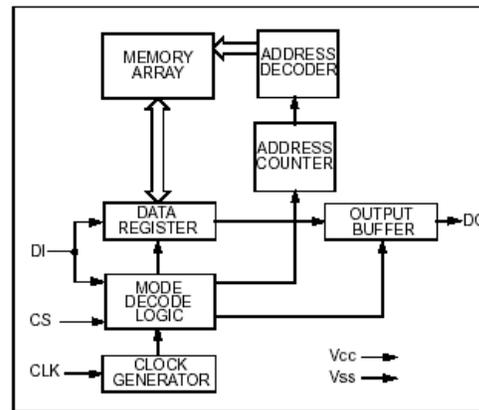
93LC66A/B

4K 2.5V Microwire® Serial EEPROM

FEATURES

- Single supply with operation down to 2.5V
- Low power CMOS technology
 - 1 mA active current (typical)
 - 1 µA standby current (maximum)
- 512 x 8 bit organization (93LC66A)
- 256 x 16 bit organization (93LC66B)
- Self-timed ERASE and WRITE cycles (including auto-erase)
- Automatic ERAL before WRAL
- Power on/off data protection circuitry
- Industry standard 3-wire serial interface
- Device status signal during ERASE/WRITE cycles
- Sequential READ function
- 1,000,000 E/W cycles guaranteed
- Data retention > 200 years
- 8-pin PDIP/SOIC and 8-pin TSSOP packages
- Available for the following temperature ranges:
 - Commercial (C): 0°C to +70°C
 - Industrial (I): -40°C to +85°C

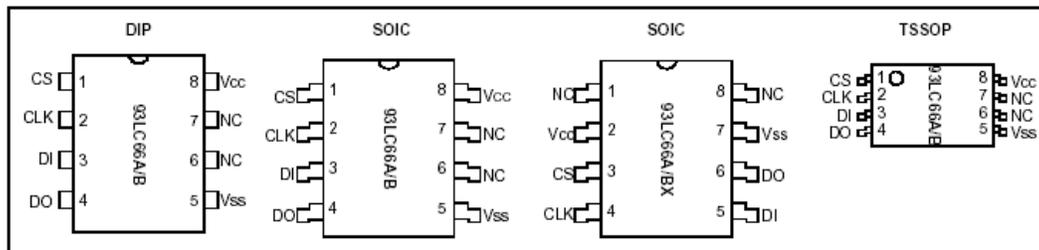
BLOCK DIAGRAM



DESCRIPTION

The Microchip Technology Inc. 93LC66A/B are 4K-bit, low voltage serial Electrically Erasable PROMs. The device memory is configured as x8 (93LC66A) or x16 bits (93LC66B). Advanced CMOS technology makes these devices ideal for low power nonvolatile memory applications. The 93LC66A/B is available in standard 8-pin DIP, surface mount SOIC, and TSSOP packages. The 93LC66AX/BX are only offered in a 150-mil SOIC package.

PACKAGE TYPE



Microwire is a registered trademark of Motorola.



October 1999

DS14C232 Low Power +5V Powered TIA/EIA-232 Dual Driver/Receiver

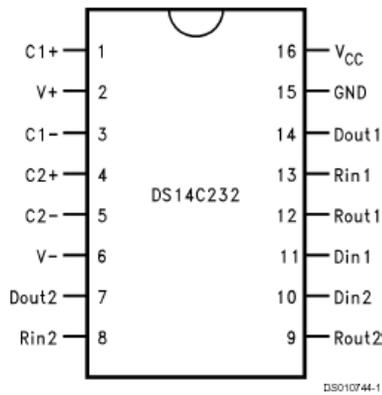
General Description

The DS14C232 is a low power dual driver/receiver featuring an onboard DC to DC converter, eliminating the need for $\pm 12V$ power supplies. The device only requires a +5V power supply. I_{CC} is specified at 3.0 mA maximum, making the device ideal for battery and power conscious applications. The drivers' slew rate is set internally and the receivers feature internal noise filtering, eliminating the need for external slew rate and filter capacitors. The device is designed to interface data terminal equipment (DTE) with data circuit-terminating equipment (DCE). The driver inputs and receiver outputs are TTL and CMOS compatible. DS14C232C driver outputs and receiver inputs meet TIA/EIA-232-E (RS-232) and CCITT V.28 standards.

Features

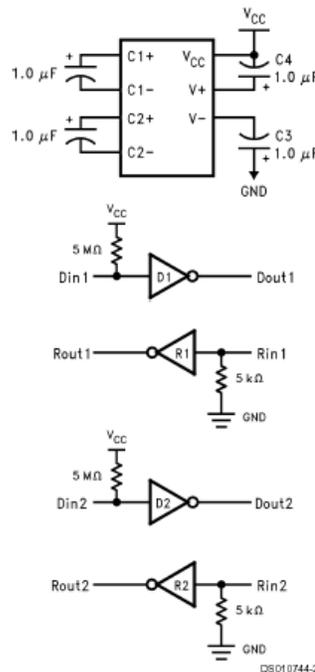
- Pin compatible with industry standard MAX232, LT1081, ICL232 and TSC232
- Single +5V power supply
- Low power — I_{CC} 3.0 mA maximum
- DS14C232C meets TIA/EIA-232-E (RS-232) and CCITT V.28 standards
- CMOS technology
- Receiver Noise Filter
- Package efficiency — 2 drivers and 2 receivers
- Available in Plastic DIP, Narrow and Wide SOIC packages
- TIA/EIA-232 compatible extended temperature range option:
 DS14C232T -40°C to +85°C
 DS14C232E/J: -55°C to +125°C

Connection Diagram



Order Number DS14C232CN, DS14C232CM, or DS14C232TM
See NS Package Number N16E, or M16A

Functional Diagram



DS14C232 Low Power +5V Powered TIA/EIA-232 Dual Driver/Receiver



DS1302

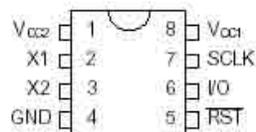
Trickle Charge Timekeeping Chip

www.dalsemi.com

FEATURES

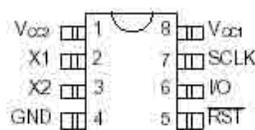
- Real time clock counts seconds, minutes, hours, date of the month, month, day of the week, and year with leap year compensation valid up to 2100
- 31 x 8 RAM for scratchpad data storage
- Serial I/O for minimum pin count
- 2.0–5.5 volt full operation
- Uses less than 300 nA at 2.0 volts
- Single-byte or multiple-byte (burst mode) data transfer for read or write of clock or RAM data
- 8-pin DIP or optional 8-pin SOICs for surface mount
- Simple 3-wire interface
- TTL-compatible ($V_{CC} = 5V$)
- Optional industrial temperature range $-40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$
- DS1202 compatible
- Added features over DS1202
 - Optional trickle charge capability to V_{CC1}
 - Dual power supply pins for primary and backup power supplies
 - Backup power supply pin can be used for battery or super cap input
 - Additional scratchpad memory (7 bytes)

PIN ASSIGNMENT



DS1302

8-Pin DIP (300-Mil)



DS1302S 8-Pin SOIC (200-Mil)

DS1302Z 8-Pin SOIC (150-Mil)

PIN DESCRIPTION

X1, X2	– 32.768 kHz Crystal Pins
GND	– Ground
RST	– Reset
I/O	– Data Input/Output
SCLK	– Serial Clock
V_{CC1}, V_{CC2}	– Power Supply Pins

ORDERING INFORMATION

PART #	DESCRIPTION
DS1302	Serial Timekeeping Chip; 8-pin DIP
DS1302S	Serial Timekeeping Chip; 8-pin SOIC (200-mil)
DS1302Z	Serial Timekeeping Chip; 8-pin SOIC (150-mil)

DESCRIPTION

The DS1302 Trickle Charge Timekeeping Chip contains a real time clock/calendar and 31 bytes of static RAM. It communicates with a microprocessor via a simple serial interface. The real time clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The end of the month date is automatically adjusted for months with less than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with an AM/PM indicator.



September 2001

LM340/LM78XX Series 3-Terminal Positive Regulators

General Description

The LM140/LM340A/LM340/LM7800C monolithic 3-terminal positive voltage regulators employ internal current-limiting, thermal shutdown and safe-area compensation, making them essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1.0A output current. They are intended as fixed voltage regulators in a wide range of applications including local (on-card) regulation for elimination of noise and distribution problems associated with single-point regulation. In addition to use as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable output voltages and currents.

Considerable effort was expended to make the entire series of regulators easy to use and minimize the number of external components. It is not necessary to bypass the output, although this does improve transient response. Input bypassing is needed only if the regulator is located far from the filter capacitor of the power supply.

The 5V, 12V, and 15V regulator options are available in the steel TO-3 power package. The LM340A/LM340/LM7800C series is available in the TO-220 plastic power package, and the LM340-5.0 is available in the SOT-223 package, as well as the LM340-5.0 and LM340-12 in the surface-mount TO-263 package.

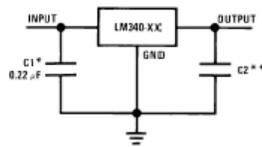
Features

- Complete specifications at 1A load
- Output voltage tolerances of $\pm 2\%$ at $T_J = 25^\circ\text{C}$ and $\pm 4\%$ over the temperature range (LM340A)
- Line regulation of 0.01% of V_{OUT}/V of ΔV_{IN} at 1A load (LM340A)
- Load regulation of 0.3% of V_{OUT}/A (LM340A)
- Internal thermal overload protection
- Internal short-circuit current limit
- Output transistor safe area protection
- P* Product Enhancement tested

Device	Output Voltages	Packages
LM140	5, 12, 15	TO-3 (K)
LM340A/LM340	5, 12, 15	TO-3 (K), TO-220 (T), SOT-223 (MP), TO-263 (S) (5V and 12V only)
LM7800C	5, 8, 12, 15	TO-220 (T)

Typical Applications

Fixed Output Regulator

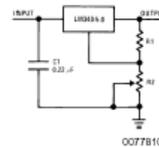


00778101

*Required if the regulator is located far from the power supply filter.

**Although no output capacitor is needed for stability, it does help transient response. (If needed, use 0.1 µF, ceramic disc).

Adjustable Output Regulator

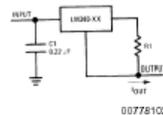


00778102

$$V_{OUT} = 5V + (5V/R1 + I_Q) R2 \quad 5V/R1 > 3 I_Q$$

load regulation (L_r) = $[(R1 + R2)/R1]$ (L_r of LM340-5).

Current Regulator

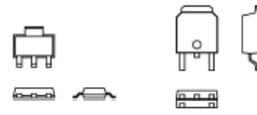


00778103

$$I_{OUT} = \frac{V_{Z-3}}{R1} + I_Q$$

$\Delta I_Q = 1.3 \text{ mA}$ over line and load changes.

Comparison between SOT-223 and D-Pak (TO-252) Packages



SOT-223

TO-252

Scale 1:1

APÉNDICE C

Manual del usuario del Taxímetro

Este apéndice muestra el manual del usuario del Taxímetro.

***Nota:** Esta versión del manual es la versión que se escribió durante el desarrollo del sistema, cuando aun no se contaba con el producto terminado, por lo que carece de gráficos e imágenes; así mismo, al momento de esta redacción no se contaba con la versión final del manual. Sin embargo, el texto describe en su totalidad la funcionalidad del taxímetro.*

Descripción

El taxímetro consta de una pantalla de 10 dígitos divididos de la siguiente manera:

- 6 para la tarifa y mensajes
- 3 para el cobro de extras
- 1 para indicación de la tarifa

y de cuatro interruptores (botones) con una o más funciones cada uno, y de lo cual se detallará más adelante.

Guía rápida

1. Para escoger una tarifa el taxímetro deberá estar en el modo "Libre"
2. Presione la tecla 1, después de lo cual aparecerá en el desplegador la leyenda "t1" (tarifa 1). A partir de este momento la tecla 1 servirá para incrementar el número de tarifa, y la tecla 2 para decrementarla
3. Una vez decidida la tarifa, presione la tecla 3, la cual llevará al taxímetro la modo "En servicio".
4. Una vez conculdo el servicio, presione nuevamente la tecla 3 para llevar al taxímetro al modo "A pagar"
5. Para terminar presione la tecla 3

Consejo: Si a partir del estado "Libre" presiona la tecla 3, automáticamente se entrará al modo "En servicio" con la última tarifa utilizada (la tarifa 1 es la predeterminada después de conectar la alimentación eléctrica al taxímetro).

Este taxímetro maneja 10 tarifas, cobro de extras, 6 totalizadores, datos del responsable de la unidad y de la propia unidad, reloj y alarma.

Inicio

1. Inmediatamente que se conecta la alimentación eléctrica, el punto decimal del visualizador que se encuentra más a la izquierda se encenderá por un segundo
2. Para encender el taxímetro presione la tecla 3

Introducción de la clave de acceso

- Para introducir la clave

Luego de encender el taxímetro aparecerá brevemente la leyenda "Clave", la cual le indica que debe introducir una clave de 5 dígitos. La forma de ingresar la clave es la siguiente:

1. Cada vez que presione la tecla 1 aparecerá un número consecutivo a partir de 0 y hasta el 9 en el visualizador de más a la derecha
2. Presione la tecla 2 para introducir el dígito al taxímetro
3. En el visualizador de más a la izquierda se mostrará la posición en memoria del número que se va a ingresar
4. Repita desde 1 hasta 3 para introducir la clave completa. Una vez completada la introducción de los 5 dígitos, si la clave fue correcta el taxímetro irá al modo "Libre"; en caso contrario se mostrará la leyenda "Clave", donde tendrá que volver a introducir la clave.

- Para borrar

Si se equivocó en algún dígito, o desea comenzar nuevamente la introducción de la clave haga lo siguiente

Presione la tecla 4 y el visualizador mostrará el "0", y si vuelve a presionar la tecla 4, el visualizador de más a la izquierda mostrará una posición anterior, y así sucesivamente hasta llegar a la primera posición.

Función taxímetro

- A partir del modo libre:

1. Para escoger una tarifa presione la tecla 1; en el visualizador aparecerá la leyenda "t1". Si vuelve a presionar la tecla uno la pantalla mostrará la leyenda "t2" correspondiente a la tarifa 2, y así sucesivamente.

Si desea cancelar la operación y regresar al modo "Libre", presione la tecla 4.

2. Presione la tecla 2 si desea ingresar un cobro extra. Cada vez que presiona esta tecla, habrá un incremento de 50 centavos en el grupo de 3 visualizadores (la cantidad introducida se sumará al costo del viaje al final del servicio). Si desea cancelar la operación y regresar al modo "Libre", presione la tecla 4.

3. Una vez que ya definió el número de tarifa y el cobro extra (el cual puede o no existir) presione la tecla 3 para entrar al modo "En servicio".

Durante el primer incremento el visualizador alternará la leyenda correspondiente al número de tarifa seleccionado con la leyenda correspondiente al banderazo para esa tarifa. Después de cada incremento el taxímetro mostrará brevemente la distancia recorrida hasta ese momento.

4. Para terminar el servicio presione una vez más la tecla 3. En el visualizador se mostrará alternadamente la siguiente información

Costo del servicio -> Distancia recorrida -> tiempo transcurrido -> Incrementos -> Costo del servicio

5. Para finalizar presione nuevamente la tecla 3, después de lo cual se mostrará una leyenda de agradecimiento, y finalmente el taxímetro regresará al modo "Libre".

Funciones

El taxímetro cuenta con las siguientes funciones: Reloj, Alarma, Totalizadores, Datos de usuario, Datos de operación, Modo de retarifamiento.

Para poder acceder a todas estas funciones el taxímetro deberá entrar al modo "Menú", lo cual sucede si a partir del modo "Libre" usted presiona la tecla 2. A partir de aquí las 4 teclas toman un significado especial. La tecla 1 servirá para moverse hacia arriba dentro de las opciones del menú o de los submenús; la tecla 2 servirá para moverse hacia abajo; la tecla 3 servirá para acceder al elemento del menú que en ese momento se encuentre en el visualizador; y la tecla 4 servirá para ir un paso hacia atrás dentro del menú o de los submenús.

Un menú es una lista de opciones relacionadas entre sí, similar a los menús encontrados en los restaurantes, de ahí su nombre. Un submenú es un menú que se encuentra como parte de otro menú, y así sucesivamente.

Cada vez que presione la tecla 1 o la 2 se mostrará una opción del menú principal en la siguiente secuencia:

Reloj <-> Totalizadores <-> Datos <-> Retarifamiento <-> Reloj

- **Reloj**

1. Para poder ver el reloj presione la tecla 3 cuando en el visualizador aparezca la leyenda "Reloj". El visualizador de más a la izquierda mostrará la letra "r"

2. Para regresar al menú principal presione la tecla 4, y si desea regresar al modo "Libre" presione nuevamente la tecla 4.

• **Alarma**

1. Para poder ver la alarma presione la tecla 3 cuando en el visualizador aparezca la leyenda "Reloj", y luego la tecla 1 o la 2. Una letra "A" aparecerá en el visualizador 10. Cada que presione la tecla 1 o la 2 tendrá la siguiente secuencia:

Reloj <-> Alarma <-> Reloj

2. La alarma se desconfigura cada que retira la alimentación del taxímetro, y en el visualizador se muestra "12-00". Para poner la alarma presione la tecla 3 cuando en el visualizador 10 aparezca la letra "A". El visualizador comenzará a parpadear.

3. Para fijar la hora presione, o deje presionada, la tecla 1 (tanto la hora como la alarma se dan en formato de 24 h); y para fijar los minutos presione, o deje presionada, la tecla 2.

4. Una vez fijada la hora y los minutos presione la tecla 3; el taxímetro dará dos beeps y el visualizador 10 mostrará "A.". El punto indica que la alarma ha sido puesta. A partir de este momento, cada que entre a ver la alarma se mostrará la hora a la que fue fijada la alarma.

5. Si desea cancelar la operación presione la tecla 4 mientras el visualizador este parpadeando. Ello lo regresará hacia la hora, y para regresar al modo "Libre" presione dos veces más la tecla 4.

6. Una vez que la hora puesta en la alarma es alcanzada por el reloj del sistema, se emitirán una serie de *beeps*, y el display mostrará la hora actual. Para detener el sonido y regresar al modo "Libre" presione la tecla 4, pero si lo que desea es volver a poner la alarma entonces presione la tecla 3, lo cual lo llevará al paso 2.

Nota: La alarma no funcionará si el taxímetro se encuentra en el modo "En servicio"

• **Totalizadores**

1. Para ver los totalizadores con que cuenta este taxímetro presione la tecla 1 cuando en el display aparezca la leyenda "Reloj", o también puede presionar la tecla 2 hasta que aparezca la leyenda "Total". Presione la tecla 3 dos veces.

2. Brevemente se mostrará la leyenda "Cobro" y a continuación la leyenda correspondiente al importe total acumulado.

3. Ya sea que presione la tecla 1 o la 2, se mostrará la siguiente secuencia:

"Cobro" <-> "D Ser" <-> "D tot" <-> "T ser" <-> "Viaje" <-> "Incre" <-> "Cobro"

y a continuación de la leyenda, el dato correspondiente a ese totalizador.

Cobro: Importe total acumulado

D Ser: Distancia total en servicio

D tot: Distancia total recorrida por el vehículo

T ser: Tiempo total en servicio

Viaje: Número total de viajes

Incre: Número total de incrementos

Nota: Los totalizadores son puestos a cero desde la fábrica y el usuario no puede alterar el contenido de estos en ningún momento. Los totalizadores son actualizados constante y automáticamente por el taxímetro.

• **Datos**

Para ver los datos de usuario y de operación del taxímetro presione la tecla 1 o 2 dos veces cuando en el display aparezca la leyenda "Reloj", hasta que en el display aparezca la leyenda "Datos"

Este menú contiene dos submenús: "Contr" y "Opera". El submenú "Contr" contiene datos referentes al dueño del taxímetro y de la unidad. El submenú "Opera" contiene los datos concernientes a las tarifas.

- *Datos de usuario*

1. Para entrar al submenú "Contr" presione la tecla 1 o 2 hasta que en el display aparezca la leyenda "Contr" y luego presione la tecla 3. Aparecerá brevemente la leyenda "Serie" y a continuación se mostrará el número de serie del taxímetro, corriendo de derecha a izquierda cíclicamente.
2. Ya sea que presione la tecla 1 o 2, se mostrará la siguiente secuencia:

"Serie" <-> "S Veh" <-> "Placa" <-> "Dueno" <-> "Telef" <-> "CURP" <-> "Const" <-> "Serie"

Serie: Número de serie del taxímetro. Consta de 15 dígitos en el formato abcde010199999P. De izquierda a derecha, los primeros 9 dígitos indican un número de seguimiento, los 5 siguientes dígitos es el número consecutivo del taxímetro, y el último es un dígito de control.

S Veh: Número de serie del vehículo

Placa: Número de placas

Dueno: Nombre del dueño o responsable de la unidad

Telef: Teléfono del dueño o responsable de la unidad

CURP: CURP del dueño o responsable de la unidad

Const: Constante K

3. En cualquier momento puede presionar la tecla 4 para ir un paso atrás dentro del submenú.

- *Datos de operación*

1. Para ver los datos referentes a las tarifas presione la tecla 1 o 2 hasta que en el display aparezca la leyenda "Opera" y luego presione la tecla 3. Aparecerá brevemente la leyenda "t1" que indica la tarifa que desea ver.
2. Para moverse entre las tarifas, presione la tecla 1 o 2 hasta posicionarse en el número de tarifa deseado y luego presione la tecla 3.

"t1" <-> "t2" <-> "t3" <-> ... <-> "t9" <-> "tA" <-> "t1"

3. Aparecerá la leyenda "Inici" que indica que si vuelve a presionar la tecla 3 se mostrará el costo inicial, o banderazo.

4. En cualquier momento puede presionar la tecla 4 para ir un paso atrás dentro del submenú.

5. Si presiona la tecla 1 cuando en el display se encuentra la leyenda "Inici" se mostrará la leyenda "Inc 1", y si presiona la tecla 2 se mostrará la leyenda "Inc 2". "Inc 1" mostrará los datos tarifarios para el primer incremento, mientras que "Inc 2" mostrará los datos tarifarios para el segundo y subsecuentes incrementos.

6. Si presiona la tecla 3 cuando en el display muestre "Inc 1" o "Inc 2" el display mostrará el costo del incremento, y el display 10 mostrará la letra "C".

7. Si presiona la tecla 1 el display mostrará el tiempo en segundos para realizar el incremento, y el display 10 una letra "t", y si vuelve a presionar la tecla 1 se mostrará el número de pulsos para realizar un incremento, y el display 10 mostrará la letra "d". También puede presionar la tecla 2, sólo que la secuencia irá en sentido contrario.

Costo <-> Tiempo <-> Distancia <-> Costo

8. En cualquier momento puede presionar la tecla 4 para ir un paso atrás dentro del submenú.

- **Retarifamiento**

Aún cuando el usuario no puede modificar los datos para las tarifas, el menú "Datos" muestra la opción "Retar". Este modo sólo es útil al personal encargado de realizar los retarifamientos. Si usted necesita modificar estos datos, por favor dirijase al centro de servicio autorizado más cercano donde con mucho gusto le atenderán.

Si por alguna razón el display muestra "Retar" o "Uploa" no se preocupe, no sucederá absolutamente nada, simplemente presione la tecla 3 para ir al modo "Libre" o la tecla 4 para regresar al menú.

Apagado

Existen dos formas para apagar el taxímetro: desconectando la alimentación eléctrica, o entrando al modo de bajo consumo. Para la primera opción basta que desconecte el cable que lleva la energía al taxímetro, sólo que al reconectarlo el taxímetro le pedirá su clave de acceso. Siempre utilice esta opción cuando vaya a realizar algún tipo de limpieza o vaya a maniobrar con los cables que conectan al taxímetro con el mundo exterior. La segunda opción, modo de bajo consumo, lleva al taxímetro a un modo donde el consumo de corriente es mínimo para ahorrar energía. Para entrar a este modo presione la tecla 4 cuando en el display esté la leyenda "Libre". Para regresar al modo normal de funcionamiento, presione cualquier tecla (en esta forma el taxímetro volverá a mostrar la leyenda "Libre" sin tener que pedirle su clave de acceso).

APÉNDICE D

NOM-007-SCFI-1997

Este apéndice muestra la Norma Mexicana para Taxímetros: NOM-007-SCFI-1997.

SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL

NORMA Oficial Mexicana NOM-007-SCFI-1997, Instrumentos de medición-Taxímetros electrónicos (esta norma cancela la NOM-007-SCFI-1993).

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.- Dirección General de Normas.- Dirección de Normalización.- Subdirección de Metrología.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-007-SCFI-1997, INSTRUMENTOS DE MEDICION-TAXIMETROS ELECTRONICOS (ESTA NORMA CANCELA LA NOM-007-SCFI-1993).

La Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, por conducto de la Dirección General de Normas, con fundamento en los artículos 34 fracciones XIII y XXX de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1o., 39 fracción V, 40 fracción IV y 47 fracción IV de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; y 24 fracciones I y XV del Reglamento Interior de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, y

CONSIDERANDO

Que es responsabilidad del Gobierno Federal procurar las medidas que sean necesarias para garantizar que los instrumentos de medición que se comercialicen en el territorio nacional sean seguros y exactos, con el propósito de que no representen peligro para sus usuarios y los consumidores, y que presten un servicio adecuado conforme a sus cualidades metrológicas, cuando sean utilizados en transacciones comerciales y en las determinaciones para la protección de la salud, el medio ambiente y demás actividades donde se requiera de la medición;

Que con fecha 13 de agosto de 1997 el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad al Usuario, Información Comercial y Prácticas de Comercio, aprobó el anteproyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-007-SCFI-1997 Instrumentos de medición-Taxímetros electrónicos, para ser publicado para consulta pública en el **Diario Oficial de la Federación**;

Que durante el plazo de 60 días naturales, contados a partir del día 19 de noviembre de 1997, fecha de publicación en el **Diario Oficial de la Federación** de dicho proyecto de Norma Oficial Mexicana, los análisis a los que se refiere el artículo 45 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, estuvieron a disposición del público para su consulta;

Que dentro del mismo plazo, los interesados presentaron sus comentarios al proyecto de norma, los cuales fueron analizados por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad al Usuario, Información Comercial y Prácticas de Comercio, realizándose las modificaciones procedentes;

Que con fecha 3 de junio de 1998 el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad al Usuario, Información Comercial y Prácticas de Comercio, aprobó el proyecto de NOM de que se trata, a fin de que fuese publicado en forma definitiva y que en tal virtud la Presidente de dicho Comité Consultivo ordenó su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**;

Que la Ley Federal sobre Metrología y Normalización establece que las normas oficiales mexicanas se constituyen como el instrumento idóneo para la prosecución de estos objetivos, se expide la siguiente:

NOM-007-SCFI-1997 INSTRUMENTOS DE MEDICION-TAXIMETROS ELECTRONICOS.

Para estos efectos, esta Norma Oficial Mexicana entrará en vigor 60 días naturales después de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

Para aquellos instrumentos de medición que hayan obtenido un certificado de conformidad o aprobación de modelo o prototipo con anterioridad a la entrada en vigor de esta NOM, dicho certificado o aprobación será válido en los términos en que fue otorgado.

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 4 de agosto de 1998.- La Directora General de Normas, **Carmen Quintanilla Madero**.- Rúbrica.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-007-SCFI-1997, INSTRUMENTOS DE MEDICION-TAXIMETROS ELECTRONICOS

MEASUREMENTS INSTRUMENTS-ELECTRONICS TAXIMETERS

INDICE

- 0 Introducción
- 1 Objetivo
- 2 Campo de aplicación
- 3 Referencias
- 4 Terminología
- 5 Clasificación
- 6 Especificaciones
- 7 Tolerancias
- 8 Muestreo

- 9 Métodos de prueba
- 10 Marcado y etiquetado
- 11 Apéndices
 - 11.1 Apéndice A "Garantías"
 - 11.2 Apéndice B "Equipo mínimo requerido en fábrica"
 - 11.3 Apéndice C "Equipo mínimo requerido en talleres de reparación"
 - 11.4 Apéndice D "Verificación"
- 12 Evaluación de la conformidad y vigilancia
- 13 Bibliografía
- 14 Concordancia con normas internacionales

PREFACIO

En la elaboración de la presente Norma Oficial Mexicana, participaron las siguientes empresas e instituciones:

- ASOCIACION DE TECNICOS REPARADORES, DISTRIBUIDORES Y FABRICANTES DE INSTRUMENTOS DE MEDICION DE LA REPUBLICA MEXICANA, A.C.
- ASOCIACION NACIONAL DE DISTRIBUIDORES Y FABRICANTES DE TAXIMETROS, A.C.
- COMPACTAX, S.A.
- ELECTROTAX
- INDUSTRIAS FARHNOS DE MEXICO, S.A. DE C.V.
- J.V.L., S.A.
- NISA MEXICANA NIMESA (NISAMEX)
- NORMALIZACION Y CERTIFICACION ELECTRONICA, A.C. (NYCE)
- PROCURADURIA FEDERAL DEL CONSUMIDOR
- SEATSA TAXIMETROS
- SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL
 - Dirección General de Normas
 - Dirección de Certificación
 - Dirección de Acreditamiento
- SEMSA TAXIMETROS
- SERVICIO UNITAX
- TAKI TAX, S.A. DE C.V.
- TAXIMETROS ALFA CENTAURO
- TAXIMETROS AMERICA
- TAXIMETROS ANAHUAC
- TAXIMETROS ARGO
- TAXIMETROS AURA-EXCELL, S.A. DE C.V.
- TAXIMETROS BETA
- TAXIMETROS DE MEXICO
- TAXIMETROS CHARLY
- TAXIMETROS IRVING
- TAXIMETROS, G.T.
- TRANSPORTACION METROPOLITANA MODERNA
- UNITAX
- UVA-LITEK, S.A. DE C.V.
- UVAT, S.A. DE C.V.
- UVIMSA
- VERITAXI

0 Introducción

Uno de los medios de transporte urbano más utilizado en las grandes ciudades es el automóvil de alquiler (TAXI), mismo que es usado por todas las clases sociales. Para el cobro por concepto de los servicios prestados por estos automóviles, existe un instrumento llamado taxímetro, el cual computa los factores, distancias y/o tiempos del recorrido, así como los tiempos de espera, indicando automáticamente el valor del importe a pagar por el servicio.

Dado que el taxímetro es un instrumento usado para el cobro de servicios de un medio de transporte tan utilizado, es necesario que las entidades oficiales garanticen que este instrumento sea lo suficientemente exacto y confiable, con el fin de proteger al consumidor y al prestador del servicio.

1 Objetivo

Esta Norma Oficial Mexicana tiene como objetivo establecer las especificaciones, tolerancias y métodos de prueba que deben cumplir los taxímetros electrónicos y sus accesorios.

2 Campo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana se aplica a los taxímetros electrónicos y sus accesorios utilizados en los automóviles de alquiler (TAXIS).

3 Referencias

Esta Norma se complementa con las siguientes normas mexicanas vigentes o las que las sustituyan:

NMX-I-093-CT	Ruido radioeléctrico producido por los sistemas de ignición de motores de combustión interna, Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 26 de febrero de 1986.
NMX-Z-012/2-SCFI	Muestreo para la inspección por atributos-Parte 2: Métodos de muestreo, tablas y gráficas, Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 28 de octubre de 1987.

4 Terminología

Para efectos de la presente Norma, se establece la siguiente terminología:

4.1 Bandera

Dispositivo mediante el cual se indica si un vehículo de alquiler está libre u ocupado.

4.2 Constante del taxímetro "k"

Característica intrínseca del instrumento, que indica la clase y el número de señales que debe recibir para indicar correctamente la distancia recorrida de un kilómetro. Se expresa en pulsos por kilómetro.

4.3 Constante del vehículo "w"

Característica intrínseca del vehículo que indica la clase y el número de señales que envía al taxímetro para una distancia recorrida de un kilómetro. Se expresa en pulsos por kilómetro (esta constante "w" es función del tipo, desgaste y presión de los neumáticos y de la carga del automóvil). Esta constante debe ser igualada a la constante "k".

4.4 Controles o pulsadores

Interruptores que controlan las funciones específicas del taxímetro.

4.5 Dispositivo de cálculo

Sistema del taxímetro, que determina el importe a pagar, de acuerdo a la distancia recorrida y/o el tiempo transcurrido.

4.6 Dispositivo indicador

Elemento que proporciona lecturas de las funciones del taxímetro.

4.7 Dispositivo de medición

Sistema del taxímetro, que determina la distancia recorrida y/o el tiempo transcurrido.

4.8 Fuente de energía

Sistema que proporciona la energía necesaria y suficiente para el buen funcionamiento del taxímetro.

4.9 Función distancia

Operación por la cual el taxímetro computa el importe de la distancia recorrida por un vehículo cuando éste circula a una velocidad superior a la velocidad de cambio de arrastre (ver 4.19).

4.10 Función tiempo

Operación por la cual el taxímetro computa el importe de los tiempos de espera, o cuando el vehículo circula a una velocidad inferior a la velocidad de cambio de arrastre (ver 4.19).

4.11 Función distancia-tiempo

Operación por la cual el taxímetro establece el importe, computando automáticamente los factores: distancias recorridas, tiempos de espera y tiempo en función de la velocidad de cambio de arrastre (ver 4.19).

4.12 Gabinete

Pieza que cubre y protege el mecanismo del taxímetro.

4.13 Importe a pagar

Cantidad total en moneda nacional que el usuario del servicio debe pagar; incluye: importe inicial, importe por distancias, importe por tiempos de espera e importe por tiempos en función de la velocidad de cambio de arrastre (ver 4.19).

4.14 Instalación para taxímetros

Conjunto de elementos que integran la instalación eléctrica de los taxímetros.

4.15 Memorias

Elementos electrónicos que conservan por determinado tiempo los datos resultantes de las funciones del taxímetro.

4.16 Tarifa

Valor monetario autorizado oficialmente para el pago de los servicios de automóvil de alquiler, consta de los siguientes parámetros:

- a) Costo inicial (banderazo)
- b) Valor del incremento
- c) Costo por hora
- d) Costo por kilómetro

4.16.1 Costo inicial (banderazo)

Valor monetario inicial que marca el taxímetro al momento de ser puesto en servicio (parámetro "a" de la tarifa).

4.16.2 Valor del incremento

Valor monetario regular y constante de cada uno de los cambios en la lectura del taxímetro, que son acumulativos al importe inicial.

4.17 Taxímetro

Instrumento de medición, que acoplado a un vehículo de alquiler, computa los factores distancia y/o tiempo, traduciéndolos en un importe a pagar en moneda nacional de acuerdo a una tarifa vigente, autorizada oficialmente.

4.18 Transductor

Elemento que convierte las revoluciones mecánicas de las ruedas del automóvil en impulsos electrónicos.

4.19 Velocidad de cambio de arrastre

Velocidad a la que las indicaciones por distancia y tiempo son iguales. A una velocidad inferior, el taxímetro automáticamente trabaja en la función tiempo y a una velocidad superior el taxímetro trabaja en la función distancia. La velocidad de cambio de arrastre se obtiene de dividir la tarifa por tiempo entre la tarifa por distancia.

4.20 Verificación

Constatación ocular o comprobación mediante muestreo, medición, pruebas de laboratorio, o examen de documentos que se realizan para evaluar la conformidad en un momento determinado.

4.21 Verificación inicial

Verificación que por primera ocasión, se realiza respecto de las propiedades de funcionamiento y uso de los instrumentos de medición y la cual permita determinar que éstos satisfacen las tolerancias de exactitud establecidas en las normas oficiales mexicanas aplicables, y que en consecuencia pueden ser utilizados en una transacción comercial o para determinar el precio de bienes y servicios.

4.22 Verificación extraordinaria

Verificación que, en cualquier momento y por razones excepcionales, se realiza respecto de las propiedades de funcionamiento y uso de los instrumentos de medición y la cual permite determinar que éstos satisfacen las tolerancias de exactitud establecidas en las normas oficiales mexicanas aplicables, y que en consecuencia pueden ser utilizados en una transacción comercial o para determinar el precio de bienes o servicios.

4.23 Verificación periódica

Verificación que, en los intervalos de tiempo que determine la Secretaría, se realiza respecto de las propiedades de funcionamiento y uso de los instrumentos de medición y la cual permite determinar que éstos operan de conformidad con las tolerancias de exactitud establecidas en las normas oficiales mexicanas aplicables, y que en consecuencia pueden ser utilizados en una transacción comercial o para determinar el precio de bienes y servicios.

5 Clasificación

Para los efectos de esta Norma, los taxímetros, se clasifican de acuerdo a su construcción y funcionamiento en un solo tipo: taxímetro electrónico.

6 Especificaciones

6.1 Bandera

El funcionamiento de este dispositivo puede ser controlado por el taxímetro o por otro elemento externo.

6.1.1 Construcción

Este dispositivo debe ser construido en cualquier material con las especificaciones siguientes:

6.1.1.1 Temperatura

Resistente a temperatura de 343 K (70°C), que son ocasionadas por el calor, de por su propia fuente luminosa, por los rayos solares y por la temperatura que se genera dentro del propio automóvil (ver 9.2).

6.1.1.2 Vibraciones

Resistente a vibraciones y, por lo tanto, que no se desprenda del soporte que lo fija al vehículo (ver 9.2.2).

6.1.1.3 Dimensiones

La bandera vista de frente debe tener como mínimo, las siguientes dimensiones: 130 mm de largo y 50 mm de altura.

6.1.1.4 Leyenda "LIBRE"

Las letras de la leyenda "LIBRE" deben tener como mínimo, las dimensiones siguientes: 30 mm de altura y 6 mm de espesor.

6.1.1.5 Abatibilidad

Debe ser abatible y garantizar como mínimo 10 000 operaciones de uso (ver 9.2.3).

6.2 Dispositivos indicadores

a) Importe a pagar

Como mínimo debe tener 5 dígitos.

b) Tipo de tarifa

Como mínimo debe tener 1 dígito (para indicar la tarifa de día el número 1, la de noche el número 2 y así sucesivamente).

6.2.1 Visibilidad

Debe leerse fácilmente en el día o en la noche, a una distancia mínima de 3 m.

6.2.2 Dimensiones

Los dígitos deben tener una altura mínima de 12,7 mm.

6.3 Gabinete

Esta pieza debe ser construida de cualquier material que cumpla con las siguientes especificaciones:

6.3.1 Dimensiones

Las dimensiones del gabinete deben ser las siguientes:

Mínimo: 140 mm de largo, 50 mm de altura, 20 mm de fondo.

Máximo: 180 mm de largo, 90 mm de altura, 160 mm de fondo.

6.3.2 Impacto

Debe soportar, sin deterioro alguno, una caída libre de 3 m, esto se verifica de acuerdo a lo indicado en el punto 9.3.1.

6.3.3 Acabado

No debe contener aristas o vértices punzocortantes y debe pintarse con material anticorrosivo.

6.3.4 Humedad

Debe soportar una humedad relativa del 90%. Esto se verifica de acuerdo a lo indicado en el punto 9.3.2.

6.3.5 Vibraciones

Debe soportar vibraciones de 85 Hz a un mínimo de 4 mm de amplitud. Esto se verifica de acuerdo a lo indicado en el punto 9.3.3.

6.3.6 Temperatura

Debe soportar sin deterioro, interior o exterior, temperaturas de 343 K (70°C). Esto se verifica de acuerdo a lo indicado en el punto 9.2.1.

6.3.7 Inviolabilidad

Debe contar con las perforaciones necesarias de diámetro no menor de 2 mm, que faciliten la instalación de los sellos oficiales de inviolabilidad de manera tal que sea imposible tener acceso al interior del taxímetro sin que se viole alguno de los sellos.

6.4 Controles o pulsadores

Estos elementos deben cumplir con las especificaciones siguientes:

6.4.1 Dimensiones

Deben tener un área de contacto no menor de 50 mm².

6.4.2 Durabilidad

Deben soportar como mínimo 100 000 operaciones. Esto se verifica de acuerdo a lo indicado en el punto 9.4.1.

6.4.3 Funcionamiento

Debe contar con un solo control o pulsador para operar las funciones:

LIBRE-EN SERVICIO-A PAGAR

Todos los pulsadores o controles deben tener indicada su función.

6.4.4 Si el taxímetro opera con tarifas de día y de noche debe indicar leyenda "día" o "noche", según el caso, en el momento de pasar de la posición "libre" a "ocupado" o en el momento de pasar de la posición "ocupado" a la posición de "pagar".

6.5 Transductor

Esta pieza debe ser construida con cualquier material que cumpla con las siguientes especificaciones:

6.5.1 Impacto

Debe soportar, sin deterioro, una caída libre de 3 m, esto se verifica de acuerdo a lo indicado en el punto 9.5.1.

6.5.2 Condiciones de operación

El sistema sensor debe garantizar su inafectibilidad por polvo, humedad o líquidos que, en condiciones normales de uso, se introduzcan en su interior.

6.5.3 Durabilidad

El sensor debe permitir un mínimo de 30 000 000 de operaciones. Esto se verifica de acuerdo a lo indicado en el punto 9.5.2.

6.5.4 Colocación de sellos oficiales

Se deben colocar por los fabricantes y las unidades de verificación acreditadas y aprobadas en un lugar visible y accesible para verificar su inviolabilidad, sobre el chicote del velocímetro, dentro de un círculo de 50 cm de radio, a partir del velocímetro.

6.5.5 Funcionamiento

El transductor instalado debe garantizar su funcionamiento en un intervalo de 0 km/h a 120 km/h.

6.6. Memoria

Las memorias deben estar localizadas en el interior del taxímetro y cumplir con las siguientes especificaciones:

6.6.1 Memorias de programas fijos

Las memorias de programas fijos deben mantenerse sin alteración, aun cuando el aparato se encuentre apagado o desconectado, hasta por un tiempo mínimo de 5 años.

6.6.2 Memorias de datos acumulados variables

Estas memorias deben conservar la información almacenada sin alteración, cuando el aparato se encuentre apagado o desconectado, hasta por un tiempo mínimo de 365 días.

6.7 Fuente de energía

La energía para la operación del taxímetro, debe ser proporcionada por el sistema eléctrico del automóvil.

6.8 Taxímetro

Las especificaciones que debe cumplir el taxímetro, son las siguientes:

6.8.1 Temperatura

Debe soportar temperaturas de 333 K (60°C) (ver 9.6.1).

6.8.2 Vibraciones

Debe soportar vibraciones de 10 Hz a 55 Hz a 1,5 mm de amplitud. Esto se verifica de acuerdo con lo indicado en el punto 9.6.2.

6.8.3 Impacto

Debe soportar el impacto de una caída libre a una altura de 2 m. Esto se verifica de acuerdo a lo indicado en el punto 9.6.3.

6.8.4 Humedad

Debe soportar una humedad relativa del 90%. Esto se verifica de acuerdo a lo indicado en el punto 9.6.4.

6.8.5 Interferencias

Debe estar protegido contra interferencias producidas por el sistema eléctrico del automóvil en el que se instale. Esto se verifica de acuerdo a lo indicado en el punto 9.6.5.

6.8.6 Visibilidad

Todos los letreros o indicaciones de funciones deben ser visualizados correctamente, a 3 m como mínimo.

6.8.7 Totalizadores

Como mínimo debe estar provisto de los siguientes totalizadores:

- a) Distancia total recorrida por el automóvil
- b) Distancia total recorrida en servicio
- c) Número total de viajes en servicio
- d) Número total de cambios o saltos del indicador de precio
- e) Importe acumulado

6.8.8 Indicador del número de serie

Debe estar provisto de un mecanismo para el despliegue en la pantalla del número de serie del taxímetro.

6.8.9 Indicador del número de placas

Debe estar provisto de un mecanismo para el despliegue en la pantalla del número de placas del taxi.

6.8.10 Tensión de alimentación

Debe operar a una tensión de 12 V corriente directa \pm 20%.

6.8.11 Protección contra descargas eléctricas

Debe contar con un fusible exterior que lo proteja de descargas eléctricas imprevisibles. Este fusible debe estar instalado en forma independiente respecto de la protección normal del sistema eléctrico del automóvil.

6.8.12 Cambio de tarifa

Debe estar construido de tal manera que permita las modificaciones necesarias a los dispositivos de medición y cálculo de los cambios de tarifa en un tiempo máximo de 15 min.

En caso de que el número de tarifas provistas en el instrumento sea superior al número de tarifas en vigor, deben bloquearse las excedentes.

6.8.13 Estados de operación

El taxímetro cuenta con tres estados de operación: "libre"- "en servicio"- "a pagar", y no debe regresar de cualquiera de estos estados al anterior sin completar el ciclo.

6.8.13.1 En el estado de operación "libre", el dispositivo indicador del taxímetro debe indicar la leyenda "LIBRE".

6.8.13.2 En el estado de operación "a pagar", el importe del servicio se conocerá mediante la lectura del dispositivo indicador. El importe "a pagar" deberá alternarse en el visualizador con la leyenda "pagar", mientras el taxímetro permanezca en este estado.

6.8.13.3 En el estado de operación "en servicio" deben quedar anuladas el resto de las funciones del instrumento.

6.8.14 Inviolabilidad del taxímetro

Las perforaciones para colocar los sellos oficiales de inviolabilidad deben ser colocados de tal forma que garanticen que el instrumento no pueda abrirse sin romper los sellos oficiales.

6.8.15 Inviolabilidad del transductor

El transductor debe contar con las perforaciones necesarias para colocar un sello oficial que garantice su inviolabilidad de manera tal que sea imposible alterarlo sin que se viole alguno de los sellos.

6.8.16 Velocidad operativa

El taxímetro debe garantizar su correcto funcionamiento desde 0 km/h hasta 100 km/h.

6.8.17 Instalación

La instalación del taxímetro debe cumplir con las siguientes especificaciones:

6.8.17.1 El taxímetro debe estar colocado en un lugar visible sobre el tablero, en el parabrisas o techo del taxi, a una distancia mínima de 50 cm a partir del extremo del volante del automóvil.

6.8.17.2 Los cables para las conexiones deben ser de distinto color: rojo para la corriente, negro para tierra.

6.8.17.3 La alimentación eléctrica debe ser proporcionada exclusivamente por la batería del vehículo, para lo cual debe conectarse en forma directa al taxímetro con cable o cables de una sola pieza y sin cortes.

6.8.17.4 No se permite la instalación de fuentes auxiliares, cortes, amarres o ligamentos en las líneas de alimentación del taxímetro, así como del captador al taxímetro.

6.8.17.5 El captador o convertidor de pulsos debe estar diseñado de tal forma que permita la instalación de marchamos de verificación, que eviten posibles alteraciones durante el servicio o verificación. Su cable debe ser de una sola pieza y estar protegida por un ducto metálico.

7 Tolerancias

7.1 Las tolerancias de exactitud en el funcionamiento del taxímetro deben ser las siguientes:

En tiempo $\pm 1\%$ para un tiempo de prueba mayor o igual a 180 s.

En distancia $\pm 1\%$ para una distancia mayor o igual a 1 km.

7.2 La tolerancia en la medición de la velocidad de cambio de arrastre debe ser ± 1 km/h.

8 Muestreo

Cuando se requiera de un muestreo, éste se debe efectuar de común acuerdo entre el productor y comprador, recomendándose la aplicación de la Norma Mexicana NMX-Z-12/2 (ver 3 Referencias). Para efectos oficiales, el muestreo debe estar sujeto a las disposiciones legales que expida la autoridad competente que efectúe la inspección.

9 Métodos de prueba

Para la aprobación de modelo o prototipo deben aplicarse las siguientes pruebas:

9.1 Inspección visual y/o manual:

Se lleva a cabo para las especificaciones indicadas en: 6.2; 6.3.1; 6.3.3; 6.3.7; 6.4.1; 6.4.3; 6.4.4; 6.5.2; 6.5.5; 6.6.2; 6.7; 6.8.6; 6.8.7; 6.8.8; 6.8.9; 6.8.10; 6.8.11; 6.8.12; 6.8.13; 6.8.14; 6.8.15 y 6.8.17.

Para verificar los incisos 6.1.1.3, 6.1.1.4, 6.3.1 y 6.4.11 se debe usar un escalímetro.

9.2 Bandera o indicador exterior luminoso

9.2.1 Prueba de temperatura

9.2.1.1 Aparatos y equipo

- Cámara de temperatura

- Reloj

El instrumento de medición antes mencionado debe contar con un informe de calibración vigente, expedido por un laboratorio de calibración acreditado y, en su caso, aprobado.

9.2.1.2 Procedimiento

Se coloca la bandera o indicador exterior luminoso apagado en la cámara a una temperatura de $343\text{ K} \pm 1\text{ K}$ ($70^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$), durante dos horas.

9.2.1.3 Resultados

Al término de la prueba, el dispositivo no debe presentar deterioro alguno.

9.2.2 Prueba de vibraciones

9.2.2.1 Aparatos y equipo

- Mesa de vibraciones
- Reloj

El instrumento de medición antes mencionado debe contar con un informe de calibración vigente, expedido por un laboratorio de calibración acreditado y, en su caso, aprobado.

9.2.2.2 Procedimiento

Se coloca la bandera o indicador exterior luminoso en la mesa de vibraciones durante dos horas, de 10 Hz a 34 Hz y de 34 Hz a 10 Hz. En proceso continuo el ciclo debe ser 1,5 min, con una amplitud (movimiento armónico simple) de 2 mm.

9.2.2.3 Resultado

Al término de esta prueba, el dispositivo no debe presentar deterioro alguno.

9.2.3 Prueba de abatibilidad

9.2.3.1 Aparatos y equipo

- Reproductor electromecánico de movimiento de abatibilidad
- Contador

9.2.3.2 Procedimiento

Se coloca la bandera en el reproductor de movimiento de abatibilidad y mediante el contador se totalizan 10 000 operaciones de abatibilidad.

9.2.3.3 Resultado

Al término de la prueba, la bandera no debe presentar desprendimiento de su soporte.

9.3 Gabinete

9.3.1 Prueba de impacto

9.3.1.1 Aparatos y equipo

- Una pieza de madera (pino) de 1 m² y de 2,5 cm de espesor
- Longímetro

El instrumento de medición antes mencionado debe contar con un informe de calibración vigente, expedido por un laboratorio de calibración acreditado y, en su caso, aprobado.

9.3.1.2 Procedimiento

Se coloca la pieza de madera sobre una superficie plana, a continuación se mide una distancia de 3 m perpendicular al plano de la madera, desde este punto se deja caer el gabinete en tres posiciones. En la primera posición, el contacto de la caída debe ser sobre la superficie más grande; en la segunda, sobre la superficie más pequeña y en la tercera, sobre uno de los vértices del gabinete.

9.3.1.3 Resultado

Al término de la prueba, el gabinete no debe presentar abolladuras, aplastamientos o cuarteaduras.

9.3.2 Prueba de humedad

9.3.2.1 Aparatos y equipo

- Cámara de humedad y de temperatura controladas
- Reloj

El instrumento de medición antes mencionado debe contar con un informe de calibración vigente, expedido por un laboratorio de calibración acreditado y, en su caso, aprobado.

9.3.2.2 Procedimiento

Se coloca el gabinete dentro de la cámara, a humedad relativa de 90% y temperatura de $313\text{ K} \pm 1\text{ K}$ ($40^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$), durante 48 h.

9.3.2.3 Resultado

Al término de la prueba, el gabinete no debe presentar deterioro alguno.

9.3.3 Prueba de vibraciones

9.3.3.1 Aparatos y equipo

- Mesa de vibraciones
- Reloj

El instrumento de medición antes mencionado debe contar con un informe de calibración vigente, expedido por un laboratorio de calibración acreditado y, en su caso, aprobado.

9.3.3.2 Procedimiento

Se coloca el gabinete en la mesa de vibraciones y se somete, durante dos horas, a un proceso continuo de 10 Hz a 85 Hz y de 85 Hz a 10 Hz. El ciclo debe ser de 1,5 min con una amplitud (movimiento armónico simple) de 4 mm.

9.3.3.3 Resultado

Al término de la prueba, el gabinete no debe presentar deterioro alguno.

9.3.4 Prueba de temperatura

9.3.4.1 Aparatos y equipo

- Cámara de temperatura controlada
- Reloj

El instrumento de medición antes mencionado debe contar con un informe de calibración vigente, expedido por un laboratorio de calibración acreditado y, en su caso, aprobado.

9.3.4.2 Procedimiento

Se coloca el gabinete en la cámara a una temperatura de $343\text{ K} \pm 1\text{ K}$ ($70^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$), durante 2 h.

9.3.4.3 Resultado

Al término de la prueba, el dispositivo no debe presentar deterioro alguno.

9.4 Controles o pulsadores

9.4.1 Prueba de durabilidad

9.4.1.1 Aparatos y equipo

- Reproductor electromecánico del movimiento de oprimir un control o pulsador
- Contador

9.4.1.2 Procedimiento

Se coloca un control o pulsador en el reproductor eléctrico y mediante el contador se totalizan 100 000 operaciones.

9.4.1.3 Resultado

Al término de la prueba, el control o pulsador debe seguir funcionando en condiciones normales.

9.5 Transductor

9.5.1 Prueba de impacto

9.5.1.1 Aparatos y equipo

- El indicado en 9.3.1

9.5.1.2 Procedimiento

- El indicado en 9.3.1

9.5.1.3 Resultado

Al término de la prueba, el transductor no debe presentar deterioro alguno.

9.5.2 Prueba de durabilidad del sensor

9.5.2.1 Aparatos y equipo

- Motor de alta velocidad
- Acopladores
- Contador de pulsos electrónicos

9.5.2.2 Procedimiento

Se acopla un transductor con el sensor al motor de alta velocidad, y la salida del sensor al contador de pulsos. Se pone en marcha el motor y se totalizan 30 000 000 de pulsos.

9.5.2.3 Resultado

Al término de la prueba, no debe existir deterioro alguno.

9.6 Taxímetro

9.6.1 Prueba de temperatura

9.6.1.1 Aparatos y equipo

- Cámara de temperatura controlada
- Reloj

El instrumento de medición antes mencionado debe contar con un informe de calibración vigente, expedido por un laboratorio de calibración acreditado y, en su caso, aprobado.

9.6.1.2 Procedimiento

Se coloca el taxímetro en la cámara a una temperatura de $333\text{ K} \pm 1\text{ K}$ ($60^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$), durante 2 h.

9.6.1.3 Resultado

Se debe verificar el funcionamiento del taxímetro antes y después de la prueba y no debe existir diferencia entre las dos verificaciones.

9.6.2 Prueba de vibraciones

9.6.2.1 Aparatos y equipo

- Mesa de vibraciones
- Reloj

El instrumento de medición antes mencionado debe contar con un informe de calibración vigente, expedido por un laboratorio de calibración acreditado y, en su caso, aprobado.

9.6.2.2 Procedimiento

Se monta el taxímetro sobre la mesa de vibraciones, la cual se ajusta para ciclos de frecuencia de 10 Hz a 55 Hz y de 55 Hz a 10 Hz, con una amplitud de 1,5 mm. Estos ciclos deben durar un minuto y la duración de la prueba debe ser de 150 min.

9.6.2.3 Resultado

Al término de la prueba, el taxímetro no debe presentar desprendimiento de componentes y su funcionamiento debe ser normal.

9.6.3 Prueba de impacto

9.6.3.1 Aparatos y equipo

- Los indicados en 9.3.1

9.6.3.2 Procedimiento

- El indicado en 9.3.1

Nota: La distancia de la altura es 2 m.

9.6.3.3 Resultado

Se debe verificar el funcionamiento del taxímetro antes y después de la prueba y no debe existir diferencia entre las dos verificaciones.

9.6.4 Prueba de humedad

9.6.4.1 Aparatos y equipo

- Los indicados en 9.3.2.

9.6.4.2 Procedimiento

- El indicado en 9.3.2

9.6.4.3 Resultado

Se debe verificar el funcionamiento del taxímetro antes y después de la prueba y no debe existir diferencia entre las dos verificaciones.

9.6.5 Prueba de interferencias

Para esta prueba el procedimiento debe ser el previsto en la Norma Mexicana NMX-I-93-CT (ver 3 Referencias).

9.7 Prueba de cualidades metroológicas

9.7.1 Equipo utilizado

- Fuente de alimentación de 12 V corriente directa $\pm 20\%$.
- Generador de pulsos con barrido de frecuencia manual, arriba y abajo de la frecuencia correspondiente a la velocidad de cambio de arrastre, con una exactitud de 0,5%.
- Cronómetro digital con exactitud de 60 ppm en 365 días.

Nota: Los instrumentos de medición deben contar con informes de calibración vigentes, expedidos por un laboratorio de calibración acreditado y, en su caso, aprobado.

9.7.2 Procedimiento

9.7.2.1 Prueba de funcionamiento por tiempo

Haciendo uso del equipo mencionado, se hace lo siguiente:

- a) Tomar valores de los totalizadores
- b) Estabilizar el generador a una frecuencia que en función de la constante simule una velocidad no mayor de 2 km/h abajo de la velocidad de cambio de arrastre (V_c), en base a la fórmula:

$$F = \frac{V_p \times k}{3600}; V_p < V_c - 2$$

donde:

F es la frecuencia del generador de pulsos (Hz);

- Vp es la velocidad de prueba (km/h);
- k es la constante del taxímetro (número de pulsos por kilómetro);
- Vc es la velocidad de cambio de arrastre (km/h).

- c) Conectar el generador al taxímetro
- d) Pulsar el control del taxímetro que lo pone en la función de operación "EN SERVICIO" y medir
- i) lo equivalente a un tiempo Tp, donde:

$$180\text{ s} < T_p$$

Tp es el tiempo de prueba

- ii) El tiempo de prueba equivalente a 10 saltos subsecuentes y calcular su promedio (valor salto subsecuente)
- iii) El tiempo en que ocurre el primer incremento subsecuente

- e) Tomar valores de los totalizadores

9.7.2.2 Prueba de funcionamiento por distancia

- a) Tomar valores de los totalizadores
- b) Estabilizar el generador a una frecuencia que en función de la constante (k) simule una velocidad no menor de 2 km/h arriba de la velocidad de cambio de arrastre (Vc), en base a la fórmula:

$$F = \frac{V_p \times k}{3600}; V_p > V_c + 2$$

- c) Repetir los incisos c), d) y e) de 9.7.1.

Para el cálculo de la distancia recorrida se utilizará la fórmula:

$$D_p = V_p \times \frac{T_p}{3600}$$

Notas: 1.- Tp corresponde al tiempo medido para una ocurrencia de Np, incrementada en la indicación del instrumento, donde Np es un número entero.

2.- En caso de que tenga un simulador (fuente de alimentación, generador de pulsos y contador), se harán las pruebas antes indicadas haciendo uso del contador, en el caso de funcionamiento por distancia. Para el cálculo de la distancia recorrida se usa la fórmula:

$$D_p = \frac{N_p \times 1000}{k}$$

donde:

- Dp es la distancia de prueba (m);
- Np es el número de pulsos;
- k es la constante del taxímetro (número de pulsos por kilómetro).

9.7.2.3 Resultados

Los resultados obtenidos deben cumplir con lo indicado en el capítulo 7.

9.8 Prueba a memorias de totalizadores

- a) Conectar la fuente de alimentación al taxímetro
- b) Tomar los valores de los totalizadores
- c) Interrumpir alimentación durante 30 s aproximadamente y
- d) Tomar los valores de los totalizadores

Resultados

Los valores tomados inicialmente deben conservarse después de la interrupción de la alimentación.

9.9 Método de prueba de la instalación del taxímetro

9.9.1 Procedimiento

Con el automóvil (taxi) en funcionamiento, se realizan las siguientes acciones:

- Se coloca en punto muerto;
- Se acelera rápidamente y se baja la aceleración lentamente;
- Se prenden las luces;
- Se hacen cambios de luces direccionales y se opera el pedal de frenado;
- Se prende la radio;
- Se toca el claxon, y
- Se golpea moderadamente el tablero.

9.9.2 Resultado

El taxímetro debe respetar la tarifa vigente y las tolerancias indicadas en 7.1 y 7.2.

10 Marcado y etiquetado

En cada taxímetro debe aparecer en forma legible y permanente, la siguiente información:

10.1 En la superficie principal de exhibición

- Marca y modelo;
- Número de serie;
- Importe inicial en moneda nacional (en los visualizadores);
- El tipo de tarifa activada;
- El importe a pagar en moneda nacional;
- Suplementos, en su caso;
- Identificación de la función de cada uno de los pulsadores, y
- La leyenda "Hecho en México", en taxímetros de fabricación nacional o bien, la indicación del país de origen, si es taxímetro de importación.

10.2 En el cuerpo o placa permanente, visible antes de la instalación en el vehículo:

- Marca y modelo;
- Nombre y dirección del fabricante o importador;
- Año de fabricación;
- Tensión nominal de alimentación;
- Consumo nominal en amperes o watts con todos los contadores en funcionamiento, y
- La leyenda "Hecho en México", en taxímetros de fabricación nacional o bien, la indicación del país de origen, si es taxímetro de importación.

11 Apéndices

11.1 Apéndice A-Garantías

11.1.1 Garantías

La empresa fabricante debe entregar, junto con el taxímetro electrónico adquirido, una garantía por escrito conforme a lo dispuesto en la NOM-024-SCFI-1994, Información comercial, instructivos y garantías para los productos electrónicos, eléctricos y electrodomésticos de fabricación nacional e importados.

11.1.2 Garantía de mantenimiento

La empresa fabricante debe garantizar el servicio de reparación de los taxímetros por un término no menor de 10 años.

11.2 Apéndice B-Equipo mínimo requerido en fábrica

La siguiente relación comprende el equipo mínimo requerido para el óptimo funcionamiento de una empresa fabricante de taxímetros electrónicos.

- Sistema electrónico para desarrollo de programas de microprocesadores;
- Reproductor de programas de microprocesadores;
- Programador de memorias de tarifas;
- Generador de señales (simulador de funciones);
- Fuente de poder regulable;
- Generador de pulsos;
- Contador de pulsos;
- Osciloscopio;
- Borrador de memorias de microprocesadores;
- Multímetro;
- Probadores lógicos;
- Sistemas de cronometraje (móvil y/o fijo), y
- Banco de pruebas con rodillos de funciones, tiempo y distancia.

11.3 Apéndice C-Equipo mínimo requerido en talleres de reparación.

La siguiente relación comprende el equipo mínimo requerido para el óptimo funcionamiento de los talleres de reparación:

- Generador de señales (simulador de funciones);
- Osciloscopio;
- Fuente de poder regulable;
- Multímetro;
- Generador de pulsos;
- Contador de pulsos;
- Probador de cortos;
- Sistema de cronometrajes (móvil y fijo);

- Banco de pruebas con rodillos de funciones tiempo y distancia, y
- Programador de memorias de tarifas.

11.4 Apéndice D-Verificación

11.4.1 Verificación inicial, periódica y extraordinaria

11.4.1.1 Requisitos previos para la verificación respecto a llantas

El automóvil debe ser presentado con las medidas de las ruedas de montaje de las llantas y las llantas recomendadas por el fabricante de las mismas.

11.4.1.2 Verificación visual

Se verifica que el taxímetro cumple con las características siguientes:

11.4.1.3 Gabinete

- Verificación inicial

Inviolabilidad: el taxímetro debe contar con las perforaciones necesarias de diámetro no menor a 2 mm, que faciliten la instalación de los sellos o dispositivos oficiales de inviolabilidad de acceso a los mecanismos de ajuste del instrumento.

- Verificación periódica y extraordinaria

Inviolabilidad: el taxímetro debe contar con los sellos o dispositivos oficiales de inviolabilidad de acceso a los mecanismos de ajuste del instrumento, verificando que éstos no han sido violados o alterados por cualquier medio como aplicación de calor o acción de alguna fuerza.

11.4.1.4 Transductor

- Verificación inicial

Inviolabilidad: el transductor debe contar con las perforaciones necesarias para colocar los sellos oficiales que garanticen su inviolabilidad.

11.4.1.5 Altura mínima de los dígitos

- Verificación inicial

Verificar que los dígitos tengan una altura mínima de 12,7 mm.

11.4.1.6 Controles

Funcionamiento: el taxímetro debe contar con un solo control para operar las funciones de:

“LIBRE”-“EN SERVICIO”-“A PAGAR”

11.4.1.7 Verificar que el taxímetro cuente con el número de serie correspondiente

11.4.1.8 Verificar y anotar los datos descriptivos del vehículo de servicio (marca, modelo, número de placas, color para efectos de tarifa y otros)

11.4.1.9 Memorias

El taxímetro debe contar con memorias de programas fijos y memorias de datos acumulados variables (para taxímetros electrónicos con fecha de venta posterior al 29 de octubre de 1987) y conservar la información aun cuando el taxímetro se encuentre desconectado.

11.4.1.10 Totalizadores del taxímetro (datos acumulados variables)

Los taxímetros como mínimo deben estar provistos de los datos siguientes:

- Distancia total recorrida por el automóvil;
- Distancia total recorrida en servicio;
- Número total de viajes en servicio;
- Número total de cambios o saltos del indicador de precio, e
- Importe acumulado.

11.4.1.11 Dispositivo indicador

Debe contener:

- Importe a pagar, el cual debe tener como mínimo 5 dígitos, y
- Tipo de tarifa, el cual debe tener un solo dígito. El número 1 para tarifa de día y el número 2 para tarifa nocturna. Este señalamiento debe aparecer en lugar visible al usuario del servicio.

11.4.1.12 Estados de operación

11.4.1.12.1 El taxímetro debe contar con tres estados de operación; "LIBRE"-“EN SERVICIO”-“A PAGAR” y no deben regresar de cualquiera de estos estados al anterior sin completar el ciclo.

11.4.1.12.2 En el estado de operación "LIBRE" el dispositivo indicador del taxímetro debe indicar la leyenda "LIBRE".

11.4.1.12.3 En el estado de operación "EN SERVICIO" deben quedar anuladas las funciones del resto de las teclas.

11.4.1.12.4 En el estado de operación "A PAGAR" el importe del servicio se debe conocer mediante la lectura del dispositivo indicador.

11.4.1.12.5 El importe "A PAGAR" debe alternarse en el visualizador con la leyenda "A PAGAR", mientras el taxímetro permanezca en ese estado.

Nota: En la verificación de taxímetros mecánicos y electromecánicos no se incluye la aplicación de los incisos siguientes: 11.4.1.6, 11.4.1.8, 11.4.1.10, 11.4.1.12.2, 11.4.1.12.3 y 11.4.1.12.5.

11.4.2 Verificación de propiedades metroológicas relativas al uso del instrumento

11.4.2.1 Instrumentos de medición y equipos a utilizar

- Banco de pruebas con rodillos
- Sistema computarizado de medición con base de datos para prueba de tiempo y distancia.

Los instrumentos de medición que intervengan en este sistema deben contar con dictámenes de calibración vigentes, expedidos por un laboratorio de calibración acreditado y, en su caso, aprobado.

11.4.2.2 Prueba de funcionamiento por tiempo

Haciendo uso de los instrumentos mencionados, se procede como sigue:

- a) Se coloca el vehículo en el banco de prueba
- b) Se coloca el taxímetro en la tarifa 1
- c) Se coloca el taxímetro en la posición "LIBRE"
- d) Se conecta el taxímetro al sistema computarizado de medición, y
- e) Se hacen girar la o las ruedas del vehículo cuyo movimiento es captado por el transductor, a una velocidad no mayor de 2 km/h abajo de la velocidad de cambio de arrastre (V_c) en base a la fórmula:

$$F = \frac{V_p \times k}{3600}; V_p < V_c - 2$$

donde:

- F es la frecuencia del generador de pulsos (Hz);
- V_p es la velocidad de prueba (km/h);
- k es la constante del taxímetro (número de pulsos por kilómetro), y
- V_c es la velocidad de cambio de arrastre (km/h).

- f) Pulsar el control del taxímetro que lo pone en la función de operación "EN SERVICIO" y medir el tiempo en el que ocurren los incrementos del taxímetro y el valor monetario de los mismos.

El tiempo de prueba debe ser mayor o igual de 180 s.

Nota: En la verificación de taxímetros mecánicos y electromecánicos, el operador observa visualmente los cambios en la carátula del taxímetro y ordena manualmente al banco de pruebas la toma de las mediciones.

- g) Comparar las mediciones obtenidas considerando la tarifa autorizada y debe cumplir con lo indicado en 11.4.2.4.

11.4.2.3 Prueba de funcionamiento por distancia

- a) Se coloca el vehículo en el banco de prueba
- b) Se coloca el taxímetro en la tarifa 1
- c) Se coloca el taxímetro en la posición "LIBRE"
- d) Se conecta el taxímetro al sistema computarizado de medición, y
- e) Se hacen girar la o las ruedas del vehículo cuyo movimiento es captado por el transductor, a una velocidad no menor de 2 km/h abajo de la velocidad de cambio de arrastre (V_c) en base a la fórmula:

$$F = \frac{V_p \times k}{3600}; V_p > V_c + 2$$

donde:

- F es la frecuencia del generador de pulsos (Hz);
- V_p es la velocidad de prueba (km/h);
- k es la constante del taxímetro (número de pulsos por kilómetro);
- V_c es la velocidad de cambio de arrastre (km/h).

- f) Pulsar el control del taxímetro que lo pone en la función "EN SERVICIO" y medir la distancia a la que ocurren los incrementos en el taxímetro y el valor de los mismos. Donde la distancia D_p es mayor o igual a 1 km, y

- g) Comparar las mediciones obtenidas considerando la tarifa autorizada vigente, la cual debe cumplir con lo indicado en 11.4.2.5.

Nota: En la verificación de taxímetros mecánicos y electromecánicos, el operador observa visualmente en la carátula del taxímetro y ordena manualmente al banco de pruebas la toma de mediciones.

11.4.2.4 La distancia de prueba debe ser mayor o igual a 1 km

El proceso de verificación periódica y extraordinaria se repetirá para cada una de las tarifas vigentes autorizadas en el taxímetro.

11.4.2.5 Tolerancias

Las tolerancias de exactitud en el funcionamiento de los taxímetros, deben ser las siguientes:

En tiempo $\pm 1\%$ para un tiempo de prueba mayor o igual a 180 s.

En distancia $\pm 1\%$ para una distancia de prueba mayor o igual a 1 km.

11.4.2.6 Contraseña de verificación

Una vez realizada la verificación y determinado que el taxímetro de medición cumple satisfactoriamente con las características técnicas establecidas en este procedimiento, la unidad de verificación acreditada y aprobada debe colocar una calcomanía que denote que el instrumento ha sido verificado.

En las perforaciones del gabinete debe colocar los sellos marchamos de verificación de manera que no puedan ser violados ni alterados.

En el cristal lateral del vehículo debe colocar una calcomanía de instrumento verificado.

Finalmente debe expedir el dictamen de verificación correspondiente, con los datos de identificación del instrumento, del vehículo donde se encuentra instalado y los resultados obtenidos en la verificación.

12 Evaluación de la conformidad y vigilancia

La evaluación de la conformidad y vigilancia de la presente Norma será realizada por las unidades de verificación acreditadas y aprobadas en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, así como por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial y la Procuraduría Federal del Consumidor, en el ámbito de sus respectivas competencias.

13 Bibliografía

International Recommendation OIML-R-21-1973, Taximeters de la Organización Internationale de Métrologie Légale.

14 Concordancia con normas internacionales

Esta Norma concuerda parcialmente con el Lineamiento Internacional OIML-R-21-1973.

México, D.F., a 4 de agosto de 1998.- La Directora General de Normas, **Carmen Quintanilla Madero**.- Rúbrica.

Bibliografía

- Boylestad, Robert; **Electrónica: Teoría de Circuitos**, 6ta. Ed; Ed. Prentice Hall; México, 1997
- Herbert Schildt; **C: Manual de Referencia**; Ed. Mc. Graw Hill; México, 1990
- Hermosa D. Antonio; **Electrónica Digital Fundamental**; Ed. Alfaomega-Marcombo; España, 1995
- Motorola; **Fast and TTL data**, 5ta Ed.; Motorola; Estados Unidos, 1992
- National Semiconductor; **National Analog and Interface Products Databook**; National Semiconductor; Estados Unidos, 1999
- National Semiconductor; **COP8: Feature Family User's Manual**; National Semiconductor; Estados Unidos, 1998
- www.economia.gob.mx/work/normas/noms/1998/007scfi.doc
- www.national.com
- www.onsemi.com
- www.atmel.com
- www.microchip.com
- www.mot-sps.com
- www.analog.com
- www.us.st.com