

## RESUMEN

La Escuela Superior Politécnica del Litoral, consciente de la necesidad de aplicar sus conocimientos tecnológicos a las necesidades nacionales, ha desarrollado un prototipo de taxímetro. Este prototipo ha sido construido tratando de cumplir los requisitos particulares que se aplican al servicio de taxis en nuestro país. Se ha dado énfasis especial a la flexibilidad de tarifaje y a la universalidad de su utilización. El presente artículo hace una descripción del trabajo efectuado para la fabricación del prototipo.

## INTRODUCCION

En el Ecuador el cobro de las carreras de taxis se hace por medio de un acuerdo entre cada usuario y el taxista en base de una tarifa mínima y recargos de acuerdo a la longitud y duración de la carrera ya que los recargos son aplicados en forma subjetiva; surgen en ocasiones malentendidos entre usuarios y taxistas. El Consejo Superior Nacional de Tránsito, habiendo visto la necesidad de la aplicación de una tarifa única, expidió un reglamento para que el uso de taxímetros en los vehículos de alquiler sea obligatorio. Por varias razones los plazos para la instalación de los taxímetros han sido postergados, siendo la última postergación para el mes de marzo de 1982.

En las ciudades de Quito y Guayaquil, el Consejo Provincial de Tránsito del Pichincha y Comisión de Tránsito del Guayas han sido encargadas de vigilar la implementación de la utilización de los taxímetros.

El reglamento aprobado establece que se tendrá dos tarifas: una diurna y una nocturna. Esta última se utilizará desde las 9:00 p.m. hasta las 6:00 a.m. Se ha fijado los valores de arranque y recargo por tiempo y distancia, pero pueden ser modificadas debidas a la inflación, el alza de precios de los combustibles, etc.

Los vehículos utilizados como taxis en el Ecuador son de muy diversas marcas y modelos, lo que hace difícil la normalización del taxímetro que debe utilizarse. Debido a ésto se decidió que el diseño debía basarse en un dispositivo digital reprogramable y el generador de pulsos deberá conectarse a la cadena del odómetro seccionando la misma e intercalando la unidad con terminaciones adecuadas.

### 1.—Objetivos del diseño

Se tomó como objetivos de diseño que el taxímetro cumpla con las siguientes exigencias:

- Deberá poseer medición por distancia en Kms. y por tiempo en minutos.
- Deberá tener una precisión mejor que el 0.5% en mediciones de distancia y mejor que el 0.02% en mediciones de tiempo.
- Deberá poder adaptarse a todas las relaciones de transformación, de rotación, de rueda/rotación, de cadena del odómetro existentes en el mercado.
- Los incrementos en la tarifa se harán en unidades enteras (sucres) sin moneda fraccionaria y la unidad de despliegue visual mostrará el total con un máximo de cuatro cifras.
- Se deberá poder escoger entre una tarifa diurna y una nocturna y éstas deberán ser reprogramables fácilmente por los organismos de supervisión.

- Las dimensiones del taxímetro deberán ser tales que su instalación sea sencilla y no deberá causar interferencias en el receptor de radio del vehículo.
- La confiabilidad debe ser alta y el equipo debe poder funcionar a una temperatura ambiente de 65°C sin degradación.

Existen ciertas opciones en taxímetros extranjeros como son: totales de dinero recolectado durante el día, número de carreras, kilometraje recorrido, tiempo total de espera, etc. No se implementará ninguna de estas opciones, pues estas son útiles en el caso de compañías de taxis en las que el conductor es un empleado y se lleva un control de su actividad. En el Ecuador el taxista es por lo general, el dueño del vehículo, o lo arrienda en base a una cantidad fija diaria y por lo tanto, no requiere de estas opciones.

### 2.—Descripción del circuito

Los objetivos del diseño determinaron que en las primeras etapas del proyecto se decidiera la utilización de un microprocesador como la base del sistema. Con el fin de reducir el número de partes utilizadas y aumentar así la confiabilidad del taxímetro se escogió el microprocesador INTEL 8748 que es un sistema completo de procesamiento dentro de un envase DIP de 40 patas y cuyas características sobresalientes son las siguientes:

- Tecnología N—MOS
- Unidad Central de Proceso de 8 bits
- 1 kilobyte de memoria de programa reprogramable (EPROM)
- 64 Bytes de memoria de acceso aleatorio (RAM)
- 27 líneas de eventos/tiempo
- Fuente de poder única de 5 voltios
- Conjunto de 90 instrucciones
- Interrupción de un solo nivel
- Circuito de reloj interno
- Facilidades para cálculos BCD

La programación del microprocesador puede hacerse solo en programadores especiales por lo que la inviolabilidad de la tarifa está asegurada. Para reprogramar el microprocesador se borra su memoria de programación exponiendo el circuito integrado a luz ultravioleta.

La unidad de despliegue visual consiste en dos unidades de doble dígito LITRONIX DL 727. Cada dígito tiene una altura total de 1,30 cms y se compone de 7 segmentos LED. La interfase, entre el microprocesador y la unidad de despliegue visual se obtiene por medio de varios decodificadores excitadores SN7447 y resistencias limitadoras de corriente.

La fuente de alimentación del microprocesador se obtiene de la batería del automóvil a través de un regulador de 5V 7805. A través de este regulador se alimenta también al sensor de rotación. La alimentación para el despliegue visual se obtiene directamente de la batería del automóvil sin pasar por un regulador.

El sensor de rotación utiliza un detector de posición de efecto Hall que es accionado por la presencia del flujo magnético de un imán permanente en forma de anillo que se mueve

por medio de la cadena del odómetro.

El circuito impreso utilizado en el prototipo es de tipo papel epoxi con lámina conductora de un sólo lado de cobre, con un espesor de 2 oz/pie<sup>2</sup>. Para producción se recomienda que se utilice material de cidrio - epoxi G-10 que es más resistente a los efectos de la humedad ambiental.

El diagrama del circuito empleado se muestra en la figura 1, y una foto del prototipo armado en la figura 2. Se utilizó con ventaja la propiedad de las puertas de salida 8748 de memorizar los últimos datos escritos en ellas, lo que simplificó grandemente la programación. Se puede observar además que existen tres señales externas que el procesador recibe. Dos de ellas son leídas a través de la barra de datos y son la línea de salida del sensor de rotación y la línea de habilitación del temporizador. En la línea de salida del sensor de rotación aparecen los pulsos generados por el sensor de efecto Hall. La línea de habilitación del temporizador es controlado por un interruptor manual y su función es habilitar o deshabilitar la cuenta del cronómetro interno del taxímetro cuando comienza y termina una carrera respectivamente. La tercera línea es controlada también por un interruptor externo de acción transitoria y fuerza al procesador a entrar en una rutina de interrupción en la que se calcula la tarifa nocturna.

Todos los circuitos empleados funcionan dentro de sus características hasta una temperatura de 70°C. Debe mencionarse que aún no ha sido resuelto completamente el problema del envase del sensor de rotación, pero se espera resolverlos antes del mes de mayo del presente año.

Como puede observarse, se ha obtenido un diseño excepcionalmente simple, que cumple con los objetivos de confiabilidad y reprogramabilidad planteados. Como consecuencia de su sencillez el mantenimiento de los equipos es sumamente simple. La siguiente lista de partes da una idea de el escaso número de componentes utilizados:

- 1 Microprocesador
- 4 Decodificadores/excitadores
- 1 Regulador de voltaje
- 4 Arreglos de resistencias.
- 1 Sensor de efecto Hall
- 4 Condensadores
- 1 Cristal de 3.58 MHz
- 2 Diodos de protección
- 1 Portafusible
- 1 Fusible de 2 amperios
- 2 Interruptores
- 1 Interruptor transitorio
- 1 Zócalo de 40 patas
- 1 Caja para el taxímetro
- 1 Caja para el sensor de impulsos.
- 1 Tablero de circuito impreso

De estos componentes, el de mayor valor es el microprocesador con un precio estimado de 20,00 dólares. Debido a que el microprocesador debe ser reprogramado. Se utilizó un zócalo para que sea fácilmente removible.

Las medidas finales del circuito impreso fueron 12.5 x 9.2 cms. Los detalles de la programación y funcionamiento del taxímetro se discuten en la siguiente sección.

### 3. Programación

#### 3.1 Diagrama de flujo

En este taxímetro se establecen dos tipos de incremento. Uno debido al recorrido y otro al tiempo de espera. Para la elaboración del diagrama es necesario entonces tomar en cuenta estas dos condiciones.

La distancia recorrida por el vehículo se la determina mediante la interfaz adecuada entre el procesador y el odómetro del carro. El tiempo de espera se lo mide usando el cronómetro propio que posee el procesador.

Evidentemente, existe una estrecha relación entre estos dos parámetros ya que el procesador debe ser capaz de establecer y diferenciar estas dos condiciones, y, evidentemente también se debe definir claramente "tiempo de espera".

Para nosotros "tiempo de espera" es todo el tiempo continuo transcurrido desde que el vehículo asume una velocidad inferior a aproximadamente 5 km/hr, hasta que supera esta marca.

Esto implica una simultánea medición de tiempo transcurrido y espacio recorrido. Este es precisamente el fundamento del principio de operación de este taxímetro ya que al medir una distancia en un tiempo dado, estamos determinando la velocidad del vehículo y por lo tanto, somos capaces de conocer el preciso momento en el cual el vehículo entra en "tiempo de espera". Se aplican entonces las tarifas apropiadas, se acumulan los totales y se los presenta en el despliegue visual.

La interfaz con el odómetro nos provee con un cierto número de pulsos equivalentes a una cierta distancia recorrida, los cuales variarán según el tipo y marca del vehículo. Un cierto número de pulsos en un modelo especificado corresponderá a, digamos, 1 km. Este número de pulsos deberá llegar antes de 20 minutos si se quiere estar arriba del tiempo de espera. En realidad, medimos el número de pulsos en un tiempo fijo (0,2 seg.) y ello nos indica la velocidad del vehículo con lo cual podremos aplicar las tarifas respectivas.

Y aquí podemos hacer una simplificación, ya que el cálculo de acumulación de totales y el mecanismo de despliegue visual son los mismos una vez identificadas las tarifas, y éstas se han colocado como rutinas de servicio.

Hay que tomar en consideración el hecho de que al finalizar la "carrera" el cronómetro del procesador debe desconectarse para que no se reconozca esta última parada como "tiempo de espera". Hemos dispuesto un control manual exterior que deshabilita el cronómetro a voluntad del conductor del vehículo (obviamente bajo control del pasajero) y que consiste en un interruptor de dos posiciones.

Por otro lado, en la lectura de los pulsos provenientes del odómetro debe identificarse la transición positiva para evitar duplicidad en el cobro. Por esta razón se introduce una bandera indicativa del estado del pulso del odómetro en la lectura anterior, la cual se compara con la presente. De esta manera se identifican precisamente las transiciones.

En resumen, las actividades que tienen que llevar a cabo el procesador son:

- lectura de los pulsos del odómetro
- lectura del control de habilitación del cronómetro
- lectura de aplicación de tarifa nocturna.
- Conteo de pulsos de distancia
- Conteo de tiempo transcurrido
- Determinación del estado del vehículo en relación a tiempo de espera.
- Cálculo de tarifas, acumulación y despliegue visual.

Las dos señales externas (pulsos y habilitación del cronómetro) son aplicadas en los bits 3 y 4 respectivamente de la barra de datos del reprocesador.

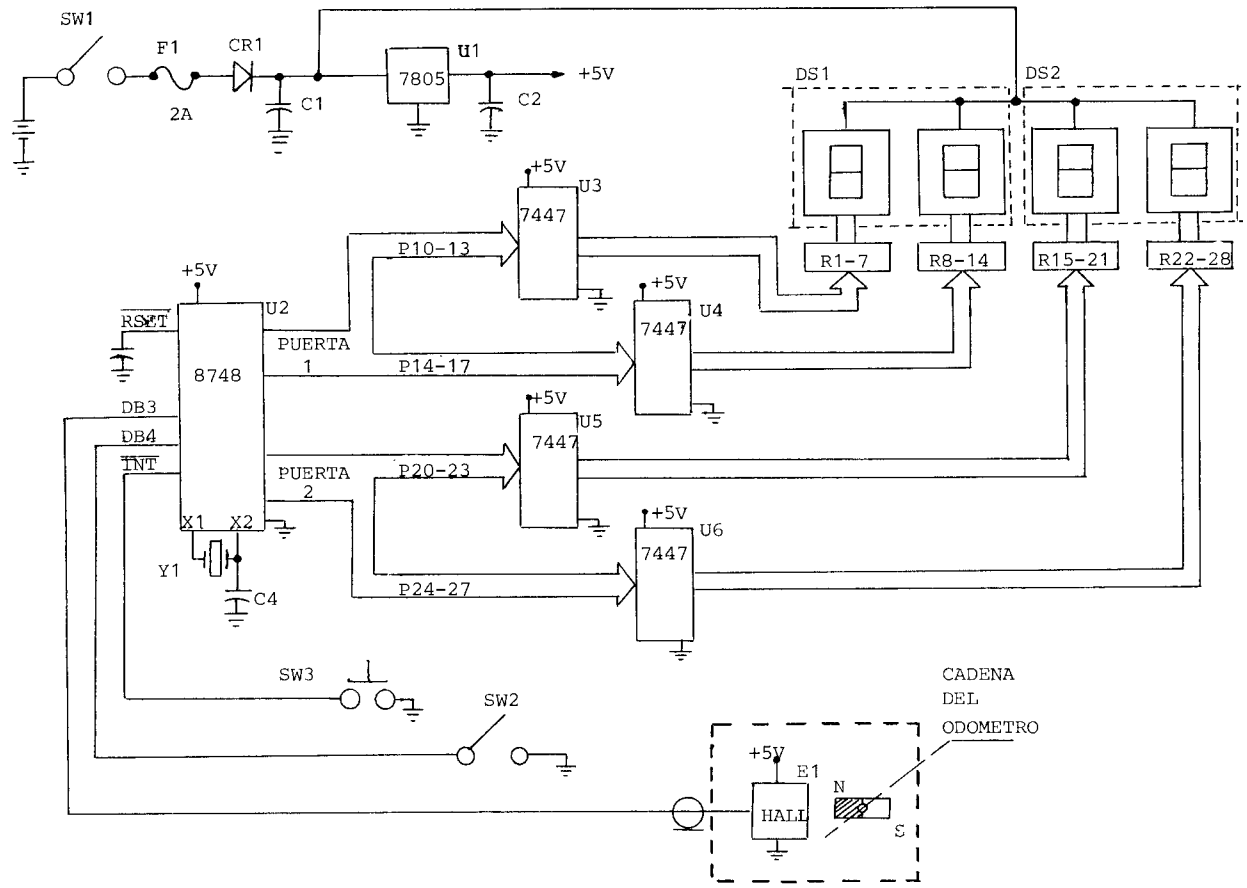


FIG.1.- Diagrama del circuito.

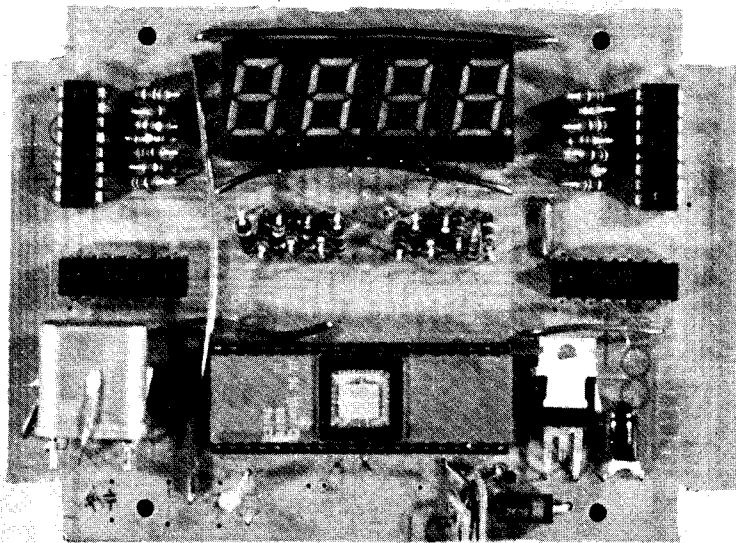


FIG.2.- Fotografía del prototipo armado.

El despliegue visual se lo hace emitiendo los datos a través de las puertas 1 y 2 del procesador y fijándolos mediante circuitos integrados del tipo 7447 los cuales además manejan las LED'S respectivos.

La tarifa nocturna se aplica mediante otro control manual externo del tipo transitorio que origina una rutina de interrupción, la cual opera sobre el total acumulado al momento de finalizar la "carrera".

Adicionalmente el despliegue visual en el caso de la tarifa nocturna se lo hace intermitente con lo cual queda claro que lo que se muestra corresponde exclusivamente a la tarifa nocturna.

La figura 3 muestra el diagrama de flujo del programa principal, el cual lo podemos describir como sigue:

Al inicio del programa se carga en el registro del total acumulado, la tarifa de arranque la cual, mediante la rutina 2 de servicio se muestra en el despliegue visual. Luego se inicializan todos los contadores, registros, cronómetro e indicativos y el procesador queda listo para leer la información de la barra de datos.

Al leer la información de la barra de datos se aísla y averigua el valor del bit 4, lo cual habilitará las interrupciones debidas al cronómetro mientras no haya finalizado la "carrera".

De la misma manera se procede a aislar y determinar el valor del bit 3 que representa los pulsos del odómetro. Debemos recordar que estamos interesados en determinar las transiciones positivas de estos pulsos. Para ello se utiliza una bandera en el bit  $\phi$  de la palabra proveniente de la barra de datos. En el primer ciclo este bit se hace igual al bit 3 y en los subsiguientes se compara el nuevo bit 3 con el bit  $\phi$  lo cual nos indicará si hubo o no una transición entre lecturas. Más aún, si el bit  $\phi$  es un 0 y el bit 3 es un 1 ha ocurrido una transición positiva, lo cual activa la siguiente secuencia:

- Deshabilita el cronómetro ya que el vehículo no está en tiempo de espera.
- Restaura el valor máximo de la cuenta de tiempo
- pone en  $\phi$  el cronómetro y empieza una nueva cuenta.
- Decrementa los contadores de espacio, los cuales llegarán a cero al cumplirse 1 km de recorrido y vuelve a leer la barra de datos.
- Si los contadores llegan a cero, llama las subrutinas de servicio para el cálculo de tarifa acumulada y despliegue visual.

Si el cronómetro llega a su cuenta máxima de 256 sin que arribe ningún pulso del odómetro, se produce una interrupción interna cuyo flujo se muestra en la figura 4.

Esta subrutina de interrupción verifica el estado del bit 4, es decir, si ha terminado o no la carrera y decrementa la cuenta máxima de tiempo.

El valor de esta cuenta está calculado de tal manera que su llegada a  $\phi$  indica que el vehículo lleva una velocidad inferior a 5 km/hr y por tanto entra en "tiempo de espera".

Al llegar a cero, el procesador aplica la tarifa correspondiente a "tiempo de espera" y llama a las rutinas de servicio para acumulación de totales y despliegue visual.

### 3.2 Rutinas de servicio

Existen dos rutinas de servicio que se complementan u-

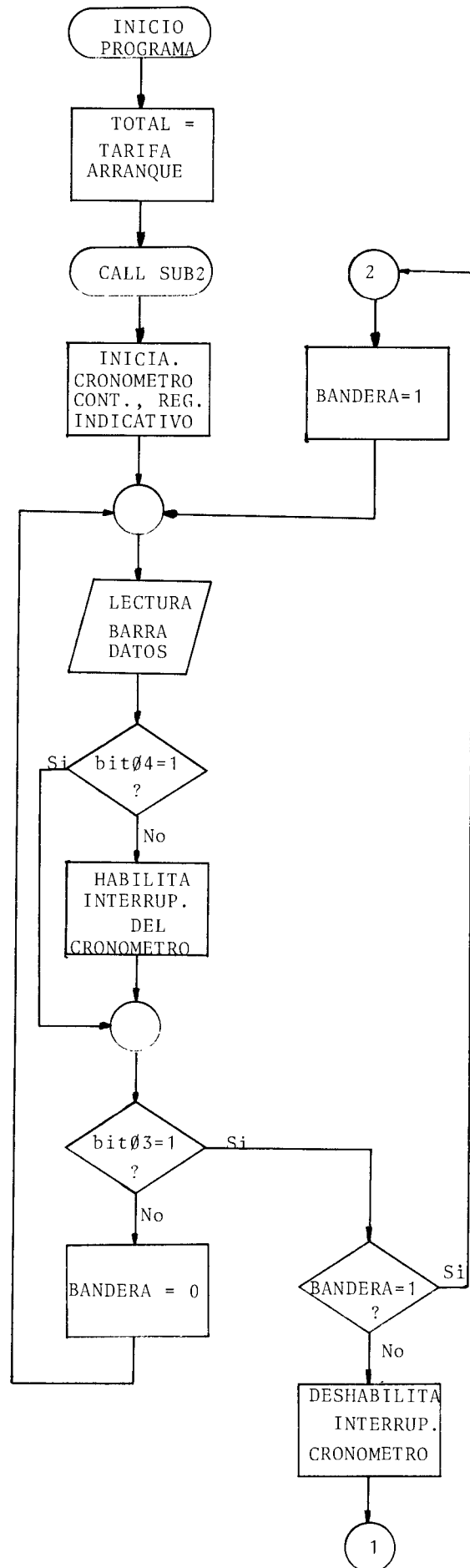


FIG. 3.- Diagrama de flujo del programa principal

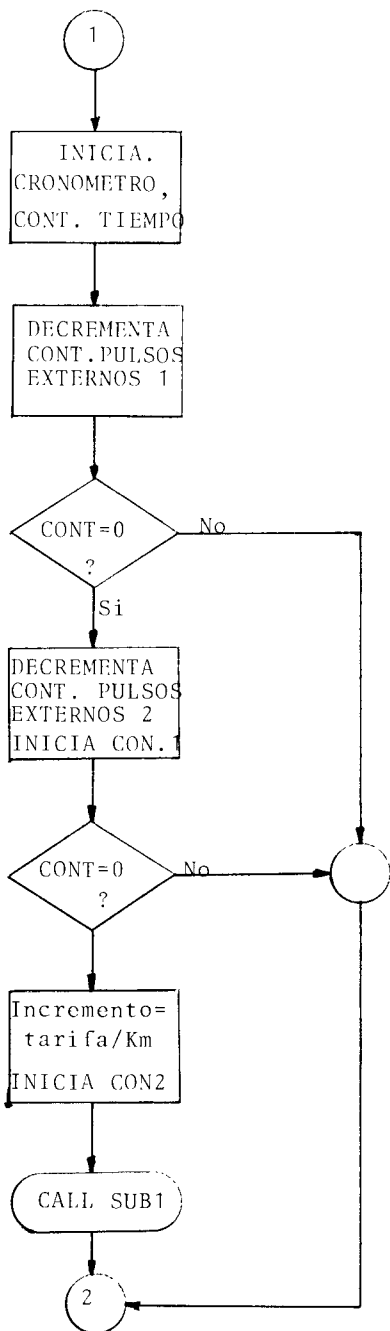


FIG. 3a.- Continuación del Diagrama de flujo principal

na a otra como muestra el diagrama de la figura 5.

La rutina 1 solamente acumula los totales de acuerdo a la tarifa apropiada, sea por recorrido o por tiempo de espera.

La rutina 2 de despliegue visual presenta este total en las puertas 1 y 2 del procesador y los fijadores y excitadores (7447) se encargan de hacerla visible al conductor y pasajero por medio de los LED'S.

La interrupción externa producida por un control manual del tipo transitorio llama a la subrutina 3 que se muestra en la figura 6, la cual aplica al total el factor de multiplicación debido a la tarifa nocturna y lo despliega en forma intermitente.

Adicionalmente el procesador tiene otras rutinas que servirán para dar servicio y mantenimiento y que serán implementadas posteriormente.

En resumen el programa es lo suficientemente sencillo y simple, toma en cuenta todas las posibilidades y permite modificaciones sin mayores dificultades.

### CONCLUSIONES

Las pruebas preliminares hechas con el prototipo indican que es posible cumplir con todos los objetivos de diseño. Deben fabricarse un número pequeño de prototipos que deben ser colocados en un período de prueba con un grupo seleccionado de taxis. La fabricación de los taxímetros en el país es tecnológicamente factible y debe ser considerada como una alternativa.

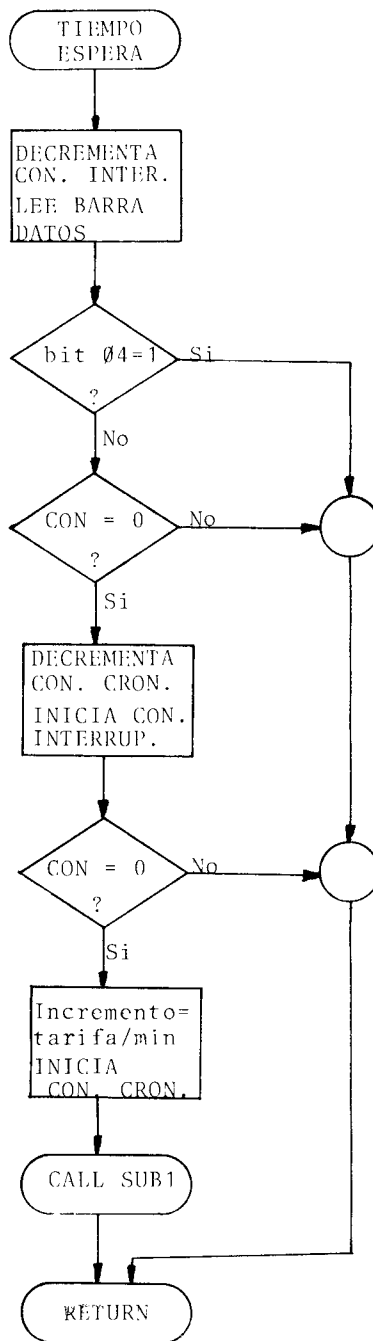


FIG. 4.- Diagrama de flujo de la subrutina de servicio de interrupción del cronómetro

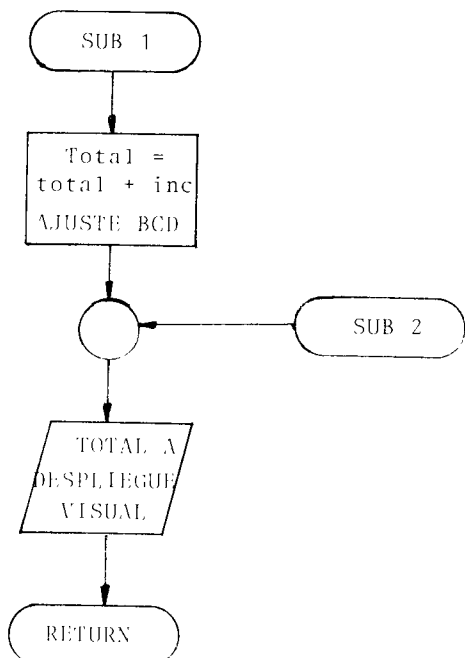


FIG. 5.- Diagrama de flujo de las subrutinas de servicio.

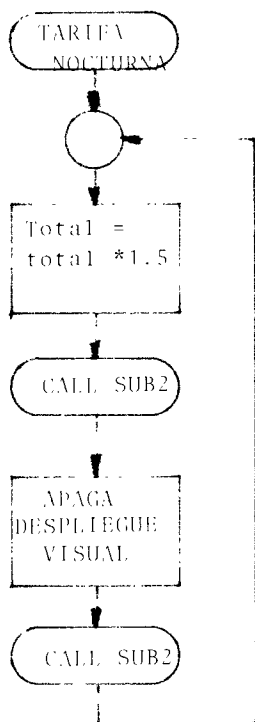


FIG. 6.- Diagrama de flujo de la subrutina de tarifa nocturna.

- 3.- *TEXAS INSTRUMENTS*: The TTL Data Book Second Ed. 1981. Texas Instruments Incorporated. Dallas, Texas.
- 4.- *LITRONIX*: Optoelectronics Catalog 1979-1980. Litronix Incs. Cupertino, California.
- 5.- *MICROSWITCH*: Slid State Sensors, Catalog 20. Microswitch, Freeport, Illinois.



CARLO, PEDRO. Nació en Guayaquil, Ecuador en Junio 9 de 1950. Recibió el título de Bachelor of Science en Ingeniería Eléctrica en la Universidad de Illinois en 1973 y el título de Master of Science en la misma Universidad. De 1973 a 1974 fue asistente de Investigación del Laboratorio de Radiolocalización de la Universidad de Illinois. En la actualidad trabaja como profesor del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. Es miembro de Eta Kappa Nu.



YEPEZ, CESAR. Nacido en Guayaquil Ecuador en Noviembre 3 de 1952. Recibió su título de Ingeniero Eléctrico, especialización electrónica, en 1979, de la Politécnica del Litoral, donde fue ayudante de los laboratorios de electrónica desde 1974 - 1976. En 1981 recibió su título de Master of Science en the Ohio State University, donde se especializó en Sistemas de Comunicaciones y Procesamiento Digital de Señales. Su experiencia incluye sistemas de radiodifusión, televisión y comunicaciones privadas. Actualmente es Profesor del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

#### BIBLIOGRAFIA

- 1.- *INTEL*: Component Data Catalog 1980. Intel Corporation. Santa Clara, California.
- 2.- *INTEL*: MCS-48. Microcomputer User's Manual 1978 - 1979. Intel Corporation. Santa Clara, California.