

Desarrollo con Microcontroladores de un Tarifador Telefónico Digital.

Ing. Jorge Torres Gómez ¹, Ing. Osmany Machado Valdés ², Ing. Alexander Sánchez Pompa ³

¹ ISPJAE, Departamento de Telecomunicaciones, jorge.tg@electrica.cujae.edu.cu

² ETECSA, Centro de Gestión Nacional de la VISN, osmany.machado@cubacel.cu

³ ISPJAE, Departamento de Telecomunicaciones, alex25s@tesla.cujae.edu.cu

RESUMEN / ABSTRACT

En el presente proyecto se muestra una propuesta de diseño de un dispositivo con técnicas digitales, que tarife en el lazo de abonado analógico. Este tarifador constituye una vía de acercamiento a las prestaciones de un lazo de abonado digital a un lazo analógico. Con su implementación, los abonados contarán con una vía de información del consumo telefónico, haciéndose más práctico el ahorro.

Desde el punto de vista del hardware se proponen tres bloques circuitales principales: Los circuitos encargados del censado de la línea, los circuitos de interacción directa con el usuario y el elemento “inteligente” que controla todas las funciones, para este último se propone el microcontrolador PIC16F877. Los elementos de interacción directa con el usuario son una pantalla LCD para mostrar valores y mensajes, además de un conjunto de botones para la configuración del dispositivo. El bloque encargado del censado de la línea determina el colgado y descolgado del abonado llamante y la voz del abonado llamado, además reconoce la marcación de los dígitos.

Desde el punto de vista del software se programa en lenguaje ensamblador. Con el repertorio de instrucciones del microcontrolador se da respuesta a las siguientes prestaciones: cálculo y muestra del consumo telefónico de las llamadas locales, configuración del dispositivo como cambio de fecha y hora, cambio y pedido de contraseña así como el cambio de valores de la tarifa local.

El dispositivo propuesto se simuló satisfactoriamente en el software Proteus versión 6.73. Para describir los distintos elementos del sistema se utilizaron librerías del Proteus. El microcontrolador y el LCD se simularon a la par de la propuesta. Del bloque relacionado con la detección del estado de la línea solo se simularon sus interfaces con el microcontrolador

Palabras claves: Abonado Analógico, Microcontrolador, Tarifador Telefónico.

Development with Microcontrollers of a Taxes Digital Telephone.

The present project shows a design's propose of a device with digital techniques, that taxes in the analogical subscriber loop. This one is a way to get closer features of the digital subscriber loop to analogical subscriber one. This implementation will allow to get information about the telephone spend, making easier to save money.

From hardware's point of view, the project proposes three main blocks for the circuit. The circuit that samples the line, the circuit that interacts directly with the costumer and the intelligent element that controls each element, for this one it is proposed the microcontroller PIC16F877. The elements of direct interactions with the costumer are: one screen LCD to show worth and messages, in addition of some buttons for the configuration of the device. The block that works sampling the line determinates the telephone's state looking for hang-on or hang-up, the digits typed and the moment where the tax began.

From software's point of view, a program it is made using assembler language. With all microcontroller's instructions is possible to obtain the following features: calculate and show the telephone's spending of the local calls, configure the device for changes in the hour, password as well as for changes in the worth of local taxes.

The device proposed is simulated satisfactorily in the software Proteus version 6.73. For describe each elements of system is used library of Proteus. The microcontroller and the LCD were simulated together. The line state detection only were simulated the interfaces with the microcontroller.

Key words: Analogical Subscriber, Microcontroller, Taxes Telephone.

INTRODUCCIÓN

La telefonía actual en los hogares cubanos está sustentada en un lazo de abonado analógico, perdiéndose la gran cantidad de

prestaciones de un enlace digital. Una de estas ventajas consiste en el conocimiento del consumo telefónico de forma instantánea, lo cual hoy en día es impracticable por la falta de un dispositivo que realice esta tarea de la telefonía digital. Actualmente los abonados reciben por correo tradicional la cuenta al final del mes con su consumo telefónico total, sin poder practicar de forma eficiente el ahorro. Si se cuenta con un dispositivo capaz de tarifar según el consumo del usuario, se acercará un servicio de la telefonía digital a la telefonía analógica, aumentando así el valor de las redes analógicas.

La propuesta de este trabajo es la realización del diseño de un tarifador, pero con el propósito de utilizarlo como uso doméstico. No se empleará en la tarificación de cabina.

El objetivo principal es brindar una solución a partir del diseño y simulación de un dispositivo digital capaz de facturar una llamada telefónica local. Para ello se desarrollaron las siguientes tareas:

1. Revisar las distintas tarifas telefónicas según el parámetro de modulación en Cuba¹.
2. Realizar un análisis desde el punto de vista de costos contra funcionalidades de las propuestas de dispositivos tarifadores en el mercado internacional.
3. Realizar un estudio de todos los dispositivos que se utilizarán en la implementación del tarifador, desde el punto de vista de hardware.
4. Mostrar una valoración de la propuesta a partir de su consumo energético y los costos de fabricación.
5. Plantear los algoritmos necesarios para la implementación de las funcionalidades del facturador, desde el punto de vista de software.
6. Simular los resultados obtenidos para la validación del funcionamiento del dispositivo propuesto.
- 7.

Para el diseño del dispositivo se consultó bibliografía esencialmente relacionada con el funcionamiento de cada uno de los elementos de hardware. Se emplearon manuales de referencia y datasheets de Micro chip, Hitachi, CML Microcircuits, California Micro Devices. Además se consultaron materiales preparados por profesores de la universidad Cujae, que ayudaron notablemente en la interconexión de los elementos.

DISEÑO DEL DISPOSITIVO

Todo el diseño del dispositivo se simuló en el software Proteus versión 6.73. Para constituir cada bloque de circuito se

utilizaron librerías del software mencionado. La interrelación de los elementos del hardware se separó según sus funciones en cuatro partes, tal como se muestra en la figura 1.

El microcontrolador utilizado es el PIC16F877 (pic), cuenta con tecnología RISC, lo cual implica lógica cableada, logrando mayor rapidez de trabajo frente a otros microcontroladores de tecnología CISC. Está clasificado como un pic de la gama media y resulta la selección óptima debido a las pocas prestaciones de los pic de gama media y las altas capacidades tecnológicas de los pic de gama alta pero más costosos.

Los recursos del pic empleados en este proyecto son:

- Memoria de programa: Para almacenar las instrucciones que se programan.
- Memoria de datos: Para configurar al pic y utilizar de forma dinámica espacios libres en la programación.
- Oscilador interno: Para configurar la base de tiempo con la cual funcionará el pic
- Puertos: Para la comunicación con los periféricos externos como el LCD y los circuitos que determinan el estado de la línea.
- Módulo timer0: Para crear la base de tiempo y poder construir un calendario para tarifar.
- Memoria EEPROM: Para almacenar los datos relacionados con la tarificación y la contraseña.

El oscilador del pic se configura mediante la variante de oscilador interno, el cual entrega una frecuencia cómoda de trabajo en los 4Mhz. La base de tiempo es suficiente para programar los dispositivos más “rápidos” entre los utilizados, tal es el LCD, el cual necesita de esperas de 164 mseg para su programación. Por otra parte, con esta frecuencia de trabajo la creación de la base de tiempo de 1seg para el calendario es más que suficiente, además la atención a la marcación de los dígitos del usuario puede ser satisfactoriamente contemplada.

Con esta configuración se ahorra en hardware y costos debido a que se utiliza un recurso interno del pic, no se emplean configuraciones externas con cristales, resistencias y capacitores para obtener otras frecuencias de trabajo más precisas o de valor nominal diferente al escogido.

El módulo timer0 se emplea en la creación de una base de tiempo de 1 s para construir un calendario, la tarificación en Cuba varía según la hora y el día de la semana, por ello es necesario que el dispositivo tenga “conocimiento” del día y la hora actual. El módulo timer0 cuenta con un mecanismo de interrupción, el cual se activa según la cantidad de veces que se prefiere el conteo de la cantidad de pulsos que se obtengan del oscilador (para este proyecto ya escogido interno), con una posible división de su frecuencia. Es decir la diferencia de tiempo entre interrupción e interrupción (Δt) depende de la frecuencia de trabajo del oscilador y de dos mecanismos de configuración del módulo timer0 que a continuación se nombran:

- Prescaler: Elemento de hardware del módulo timer0 que divide la frecuencia del oscilador interno, programado a través del registro de la memoria de datos del pic OPTION_REG. Cuenta con 8 divisiones de frecuencia distintas, en potencias de base 2 desde 2 hasta 2⁸.
- TMR0: Elemento de hardware del módulo timer0 que cuenta los pulsos entregados por la etapa previa del prescaler. Se programa a través del registro también llamado TMR0 localizado en la memoria de datos del pic. Se puede programar con 256 valores diferentes, entre 0 y 255. Cada vez que este elemento cuente la cantidad de pulsos programados activa una interrupción interna y ejecuta un bloque de programa que se decida mediante software.

Al final con este módulo se pueden lograr entre el prescaler y el TMR0 un total de $8 \cdot 256 = 2048$ unidades de tiempo diferentes, siempre mayores que la entregada por el oscilador interno de $1/4\text{Mhz} = 0.25 \mu\text{seg}$. La idea que sigue este proyecto es encontrar la combinación de valores a programar entre el prescaler y el TMR0 para contar el número de veces mínimo que debe ocurrir una interrupción de este módulo tal que transcurra 1 s.

Se puede deducir sin muchas dificultades la ecuación 1) que entrega el Δt entre interrupciones, el objetivo es minimizar el cociente en 2) para k. Este valor representa el número mínimo de veces que debe ocurrir una interrupción para que transcurra 1 s. Debido a la naturaleza de los grados de libertad de 2) el problema no se puede resolver por los métodos tradicionales de optimización de funciones de $\mathfrak{R}^2 \rightarrow \mathfrak{R}$, debido a que la aplicación es del tipo $f: A \subset \mathbb{N}^2 \rightarrow \mathbb{N}$. Por ello se empleó el software Matlab 7.0 para encontrar en el dominio de los naturales los valores de TMR0 y prescaler que minimizaran k obteniéndose los valores dados en 3):

$$\Delta t = (256 - \text{Valor}_{TMR0}) \frac{4}{f_{osc}} \text{Valor}_{prescaler} \quad 1)$$

$$\frac{1 \text{seg}}{\Delta t} = k \quad 2)$$

$$\begin{aligned} \text{Valor}_{TMR0} &= 6 \\ \text{Valor}_{prescaler} &= 32 \\ k &= 125 \end{aligned} \quad 3)$$

donde: Δt es el tiempo transcurrido entre interrupciones,

Valor_{TMR0} es el valor a guardar en el registro interno del módulo timer0, entre 0 y 255,

$\text{Valor}_{prescaler}$ es el valor a cargar en el registro interno del prescaler, su valor está en potencias de 2 entre 2 hasta 2⁸,

f_{osc} es el valor de frecuencia del oscilador interno del PIC16F877 en 4 MHz,

k es el número de veces que debe ocurrir una interrupción del módulo timer0 para contar 1 s.

Para el censado de la línea se proponen tres circuitos:

- CMX683: Dispositivo para el monitoreo del progreso de la llamada, con la detección de tonos DTMF sin decodificación y la detección de la voz del que se llama. Utiliza técnicas de procesamiento digital de señales estocásticas basado en análisis en el dominio de la frecuencia y el tiempo.
- CM8870: Dispositivo decodificador de pares de tonos telefónicos DTMF por el marcado de dígitos en el teléfono. Decodifica en 4 bits los 16 pares de tonos multifrecuencia.
- Circuito detector de descolgado: Este circuito se construye a base de inversores. Cuando circula corriente ocurre que el abonado que llama ha descolgado y el circuito entrega un nivel de voltaje típico de 5 V.

El CMX683 se emplea para determinar cuando descuelga el abonado al que se llama y por tanto entrega el momento a partir del cual se debe comenzar a tarifar. Además se utiliza para determinar el momento en el cual el abonado que llama marca los dígitos, a pesar que el CM8870 lo determina. Esto responde a crear una sola interfaz con el CMX683 para ambas funciones y ahorrar en hardware, de modo que el CM8870 se utiliza para "leer" el dígito marcado una vez que el CMX683 entrega la señal.

El CMX683 se atiende mediante la interrupción externa por frente con el pin RB0 del pic. El circuito detector de descolgado se atiende por interrupción de cambio de nivel en el pin RB4 del pic. El orden en que ocurren las interrupciones está dado por el establecimiento de la llamada:

1. Pedido de interrupción por el pin RB4 del circuito detector de descolgado.
2. Pedido de interrupción por el pin RB0 del circuito CMX683 indicando marcación de dígitos.
3. Lectura de los dígitos marcados a través de la interfaz del circuito CM8870.
4. Se repiten los pasos 2 y 3 hasta que se establezca la llamada o cuelgue el abonado que llama.
5. Posible pedido de interrupción del CMX683 indicando que ha descolgado el abonado al cual se llama, marcando el momento de tarificación.

6. Pedido de interrupción del circuito detector de colgado indicando fin de la llamada y por tanto fin de la tarificación.

Para visualizar mensajes y valores de tarificación se emplea una pantalla LCD de cuatro líneas LM041L. En las primeras dos líneas se muestran mensajes variables como la invitación a marcar, los dígitos marcados y el consumo telefónico en forma dinámica durante la llamada, en las otras dos líneas se muestra el calendario, ver figura 2.

En el diseño se incluyen tres botones de configuración nombrados con etiquetas: menú, botón y atrás. Con el botón menú se puede acceder a las distintas opciones del menú de configuración, ver figura 3:

1. Cambio de fecha y hora: Para actualizar el calendario del dispositivo.
2. Cambio de los valores de la tarifa: Se modifica la hora y los valores de la tarifa para dos momentos del día.
3. Cambio de contraseña: Para acceder al menú de configuración se necesita dar a conocer al dispositivo la contraseña, para conservar la privacidad de los valores de configuración. En este menú se puede cambiar tal contraseña.
4. Reset del dispositivo: Para que el dispositivo trabaje con valores de inicio.
5. Salida de la pantalla del menú.

En primer momento se necesitan acoplar al microcontrolador una pantalla LCD con 11 pines, el circuito CM8870 con 5 pines, el CMX 683 con 3, el circuito detector de descolgado con 1 pin, tres botones de configuración que emplean tres pines y una memoria de expansión de lectura y escritura con 1Mbyte de capacidad para futuras aplicaciones, como el registro de llamadas con 10 pines en el bus de datos. Esto suma un total de 33 y justamente el pic cuenta con 33, de ocuparlos todos sería desaprovechar muchas funcionalidades del pic, de modo que se recurre a la expansión de puertos.

Para ello se diseñan subsistemas de entrada/salida diferentes a las inherentes del pic, cada uno de estos subsistemas contará con:

- Dispositivos de E/S (entrada/salida): Para este proyecto el LCD, la memoria externa y los circuitos de estado de la línea, los botones de configuración se atienden por interrupción de cambio de nivel directamente en los pines RB5 a RB7 del pic.
- Interfaz de E/S: Elemento que ofrece una abstracción al periférico utilizado. Brinda una interfaz al pic en términos de registro de datos y registro de control. Para este proyecto solo las interfaces de E/S se materializarán en simples latches (compuertas lógicas que ante un estímulo cortocircuitan dos interfaces), con esto se evita complicación en hardware; ya que pudiera

construirse una interfaz especial para el LCD que reduzca programación. Estas interfaces (latches) tienen como elementos un registro de datos y una lógica de control como forma más simple en la interfaz hacia el pic, en la interfaz hacia el dispositivo un almacenador que retiene la salida, para el caso de una interfaz de salida. El control en este caso se utiliza para direccionar a la interfaz y hacerle cumplir su función de latch con el registro de datos. En lo sucesivo se le llamará a esta interfaz, puerto.

- Circuito de acoplamiento: Encargado de acoplar al pic con las interfaces de E/S o de acoplar periféricos específicos con los puertos. En este proyecto el acoplamiento de los periféricos es directo.
- Programas para la atención de los procesos de E/S: Están conformados por las subrutinas de escritura y lectura en puerto, las subrutinas de programación del LCD y la subrutina de atención al los circuitos de estado de la línea.

En la figura 4 se muestra la configuración de los subsistemas de entrada/salida, donde se pueden observar la diversidad de periféricos conectados al pic.

- Una memoria externa del tipo EEPROM para futuras aplicaciones de este proyecto que tengan que ver con registro de llamadas dando más capacidad para almacenamiento.
- La pantalla LCD para mostrar los datos de tarificación.
- Los tres circuitos para el conocimiento del estado de la línea.
- Botones de configuración para cambiar valores del pic como tarifas, hora y fecha.

El circuito de acoplamiento es el elemento encargado de expandir los puertos. La idea de expandir puertos radica en construir un bus de datos, un bus de direcciones y un bus de control; todos los buses externos al pic que controlen cada uno de los 2ⁿ puertos que se desean realizar. Con el bus de direcciones y de control se efectúa el control sobre los puertos (activación, desactivación, direccionamiento interno) y con el bus de datos la información a escribir o leer en este.

La relación entre los distintos circuitos se realizó teniendo en cuenta cada bloque con funciones bien definidas y diferenciadas. Los circuitos de detección de estado de la línea se encargarán de censar y pedir atención por interrupción al pic, los botones de configuración se encargan de configurar el sistema y también piden atención por interrupción, la lámpara solo muestra valores del pic cuando este lo necesite.

PROGRAMACIÓN DEL DISPOSITIVO

La separación de los bloques por funciones es un elemento que entrega orden y entrega el camino listo para el diseño desde el punto de vista de software. La programación del pic solo debe responder una pregunta: ¿Qué hacer con la información de cada bloque?

Mediante la programación se implementan prestaciones del dispositivo tales como la tarificación, la configuración con la modificación de la fecha y la hora, pedido de contraseña y cambio de valores de tarifa.

La organización del software se divide en bloques según las partes del sistema:

- Estado de la línea telefónica: Bloque de programa activado por las interrupciones externas que toma cuenta mediante la lectura de los puertos correspondientes el estado de la línea, archivando el curso en registros de propósito general de la memoria de programa.
- Escritura en el LCD: Bloque de programa donde se implementan los métodos para escribir en la pantalla, incluido los tiempos de espera necesarios para tal efecto.
- Trabajo con el módulo timer0: Bloque de programa encargado de actualizar el calendario según lo configurado y las continuas interrupciones del módulo.
- Estado de los botones de configuración: Bloque de programa encargado de disparar mecanismos producto de la activación de los botones.
- Tarificación: Realizado a través de un bloque de programa que modifica los datos de consumo telefónico según la hora y el día.
- Control central: Es el algoritmo que administra la operación de cada uno de los módulos para que trabajen de forma coherente, da inicio, interpreta y finaliza la operación de estos módulos. Su control se basa principalmente en reconocer el valor de dos variables de estado; una de ellas relacionada con la operación del módulo de estado de la línea y nombrada **state_dtmf_int** y otra con la operación de los botones de configuración nombrada por **state_menu**, son las dos formas de interrumpir al microcontrolador, mediante cambios en el estado de la línea, o por cambios en el estado de los botones. Una vez que ocurren las interrupciones adecuadas para el establecimiento de la llamada el algoritmo de estado de la línea va modificando a **state_dtmf_int** de forma que el control central se ubique en la operación del teléfono y de prioridad a su atención, los valores que toma esta variable se muestran en la Tabla I. Si ocurre el descolgado del abonado que llama entonces el algoritmo de control central escribe en pantalla los mensajes adecuados como la invitación a marcar. Con respecto a **state_menu** ocurre algo semejante solo que las acciones a realizar son diferentes.

El algoritmo de control central utiliza al resto de los algoritmos como capas de abstracción de hardware para su funcionamiento, las tareas definidas para este bloque de programa se enumeran a continuación:

1. Configuración inicial del microcontrolador (ocurre una sola vez este bloque de programa): Configurar a los puertos del pic en cuanto al sentido de transmisión de datos. Establecer las direcciones de los puertos del sistema que atienden a los periféricos. Lectura de los pines que atienden a los botones de configuración para establecer la primera base de comparación. Programación del módulo timer0. Muestra en LCD el horario. Habilitación de las interrupciones del módulo timer0, el del pin INT0 (RB1) y el de cambio de nivel en RB4:RB7.
2. Atención a los cambios de estado de la línea: Mediante el disparo dado por el registro **state_dtmf** se accionan procedimientos en un algoritmo del tipo switch-case, con el registro **state_dtmf_int** dando la base de comparación para reconocer el curso de los eventos en la línea telefónica. Con ello escribe los mensajes adecuados en pantalla como los mostrados en la figura 2.
3. Atención a la activación del botón etiquetado por 'menú': Se basa en la emulación de una máquina de estado utilizando al registro **menu** como disparo y al registro **menu_state** como variable de estado. Se escriben en pantalla mensajes como los mostrados en la figura 3.
4. Pedido de contraseña: Utilizado como permiso en el cambio de los valores de configuración del equipo. Se materializa a través del registro **validacion**, su activación indica que el usuario tecleó la contraseña correcta.
5. Atención a la activación del botón etiquetado por 'botón': Se desarrolla mediante un algoritmo del tipo switch-case utilizando al registro **boton** como condición de ejecución de este bloque y al registro **menu_state** como base de comparación.
6. Atención a la activación del botón etiquetado por 'atrás': El método de ejecución de este bloque de programa es similar al punto 4, pero con la condición de activación en el registro **atrás** y con base de comparación en **menu_state**.

Una propuesta válida implementada, es que la contraseña inicial es con todos los valores en cero, este dato debe ser conocido por el cliente que opere con el equipo, a partir de esta contraseña se podrá cambiar a una definida por el abonado, dado en las opciones del menú. Como prestación adicional está implementada la posibilidad de escribir erróneamente la contraseña 3 veces, una vez que el cliente se equivoque el dispositivo volverá al cartel de entre PIN hasta vencer las posibilidades

RESULTADOS

Realizando un análisis del consumo energético del sistema se analizan en la propuesta del tarifador telefónico 9 elementos activos con las siguientes características eléctricas:

1. Microcontrolador PIC16F874¹: Trabajando a temperatura comercial (0 °C a 70 °C), el dispositivo consume una corriente durante su operación de 5 mA a 5,5 V.
2. Latch Tipo D SN74HC373² (6 elementos): Consume típicamente 0,08 mA en un rango de 2 V a 5,25 V.
3. Decodificador SN74HC139² (dos decodificadores de 2 a 4): 0,08 mA en un rango de 2 V a 5,25 V.
4. Compuerta OR de 4 entradas negadas SN74HC20²: Consume 0,02 mA en un rango de 2 V a 5,25 V.
5. Compuerta NOT SN74LS04² (5 compuertas): Consume 0,01mA en un rango de 2 V a 5,25 V.
6. Compuerta AND SN74HC08² (2 compuertas): Consume 0,02 mA en un rango de 2 V a 5,25 V.
7. LCD de cuatro líneas LM041L³: Consume 2 mA trabajando típicamente con 5 V.
8. Detector de voz y progreso de la llamada CMX683⁴: Consumo de 1 mA típicamente con 5 V durante la operación.
9. Decodificador DTMF CM8870⁵: Consume típicamente 3mA en un rango de 4,75 a 5,25 V.
10. Detector de descolgado: Mediante el uso del circuito CD4049UBC el cual consume típicamente 5 µA con 5 V.

La corriente consumida por el sistema en cada instante es de 11,63 mA. Una pila de marca Energizer de la compañía Energizer Holdings entrega 900 mAh con 1,2 V. El sistema puede ser alimentado con 4,8 V dado por cuatro pilas en serie con capacidad de 3600 mAh; por tanto estas cuatro pilas mantendrían al sistema operando por 309 horas seguidas, aproximadamente 12 días consecutivos.

Esta propuesta resulta atractiva debido a que el sistema solo trabajará aproximadamente 2 horas por día y el resto del tiempo consumirá una energía poco apreciable. Es decir cada día de trabajo ininterrumpido representa 12 días de trabajo si funciona por dos horas. Por tanto la cantidad de días operables se puede multiplicar por 12 dando 144 días de operación (4 meses y medio) con trabajo de 2 horas por día.

Realizando un análisis de costos se muestra en la Tabla 1 los elementos utilizados para la implementación del dispositivo. En esta tabla los costos se muestran a partir de una compra al por menor, es decir, al costo de una sola unidad. El total obtenido en Euros es de 46,76⁶ lo cual representan 60,78⁷ dólares norteamericanos.

No obstante si la compra fuera al por mayor, con 100 unidades de cada elemento el costo total sería de 36,78 Euros y en dólares norteamericanos 47,814.

En la tabla 1 se puede apreciar que el elemento más costoso es el display LCD alfanumérico de 4 líneas con 32 caracteres. Si

se ofrece una solución con un display LCD de 2 líneas, LCM-S01602DTR/M, entonces el costo final en Euros sería de 33,43, lo cual son 45,12 dólares norteamericanos.

Se puede disponer para reducir más los costos de una pantalla de LED con cuatro dígitos, HDSP-A42C, solo para mostrar consumo, reduciría los costos en Euros a 28,27, representando unos 38,35 dólares norteamericanos.

Para la simulación del objetivo propuesto se empleó el software Proteus versión 6.73 y el lenguaje ensamblador. Se utilizaron elementos de la librería del Proteus para describir los elementos del sistema, en algunos casos coincidió con los componentes de la propuesta en otros casos no. El pic y el LCD sí fueron simulados a la par de la propuesta, no así el resto de los elementos. Para el caso del decodificador, los puertos, las compuertas AND y los inversores no hubo equivalente igual en la simulación, pero las funciones que realizan son iguales a las unidades de la propuesta. Por ello se considera que la simulación no está alejada funcionalmente del diseño.

Se pudo constatar en la simulación que una vez realizada la llamada por parte del usuario, se veía en la pantalla LCD la factura por el uso del servicio. Por lo que se cumplió el objetivo principal del proyecto.

CONCLUSIONES

Con base amparada en las normas vigentes de ETECSA⁸ se aplicaron algoritmos de tarificación acordes a estas normas. Se analizaron los elementos digitales y electrónicos que se deben reunir para implementar el tarifador, con ello se expusieron los elementos adecuados para acoplar al lazo de abonado y obtener la información necesaria de la línea. Se diseñó la plataforma adecuada sobre la cual se pueden programar las funciones necesarias que realiza el tarifador.

Se debe señalar que los elementos relacionados con los circuitos sensores de la línea no fueron simulados, debido al carácter engorroso de este. No obstante se simularon las interfaces de estos circuitos hacia el microcontrolador en el programa Proteus versión 6.73. Así se logró simular al pic en el régimen de trabajo para el cual se hace la propuesta.

Se realizó un estudio del consumo energético del sistema y con los datos obtenidos se puede concluir que presenta un alto grado de independencia, debido a que con 4 pilas de 900 mA se lograrían cuatro meses y medios de operación del dispositivo.

Analizando los costos del sistema se aprecia que la solución resulta costosa, sobre todo debido al módulo LCD, no obstante se puede abaratar más los costos si se cambia este módulo por una pantalla de LED que solo muestre el consumo.

Mediante la programación en lenguaje ensamblador se definen las funciones principales a realizar por el tarifador. Estas son divididas en dos grupos: tarificación local y configuración del dispositivo. La tarificación local es basada en las normas vigentes en Cuba. La configuración del dispositivo está implementada para permitir el cambio de valores tales como fecha, hora y tarifas, permitiendo la flexibilidad necesaria para que perduren las funciones del tarifador.

Simulando los algoritmos mencionados se logró que el pic funcionara de la forma correcta. Tarifó localmente y estuvo acorde con los parámetros configurados utilizando los botones de configuración. Se logró implementar un calendario con fecha y hora, además se obtuvo privacidad en la configuración mediante una contraseña de validación.

RECONOCIMIENTOS

Agradecemos la Ing. Maria L. Pérez por su entrega incondicional compartiendo su tiempo con nosotros. Al Especialista Superior de la Dirección de Regulaciones y Normas del Ministerio de Informática y Comunicaciones Ing. Pedro Oliva Brunet, por su ayuda brindada en los métodos de tarifación. Al profesor MSc. José Amador Fundora por los materiales que nos brindó. A los profesores Dr. Ing. René J. Díaz, Profesor Titular del Departamento de Automática Computación y Dr. Ing. Alejandro Cabrera, Profesor Titular del Departamento de Automática y Computación en la CUJAE, por todas las dudas que nos aclararon en torno a los pic.

REFERENCIAS

1. **Micro chip:** "PIC16F8X Datasheet", 2001
2. **Texas Instruments:** "Pocket Data Book", 2003.
3. **Hitachi:** "LM041L", 2008.
4. **CML Microcircuits:** "CMX683 Call progress and "voice" detector", disponible en: <http://www.datasheetarchive.com>, junio de 2002.

5. **California Micro Devices:** "CMOS Integrated DTMF Receiver", disponible en: <http://www.calmicro.com>, septiembre del 2000.
6. Disponible en: <http://www.farnell.com>, abril del 2010.
7. Disponible en: <http://www.oanda.com/lang/es/currency/convert/>, abril del 2010.
8. **Ministerio de la Informática y las Comunicaciones:** "Compendio de Tarifas", marzo del 2007.

AUTORES

En esta última sección se incluirá una breve reseña del autor o autores que debe incluir:

Jorge Torres Gómez, Ing. Telecomunicaciones y Electrónica, Adiestrado, Cujae, Departamento de Telecomunicaciones y Telemática, 266-3322, jorge.tg@electronica.cujae.edu.cu . Actualmente imparte las asignaturas Fundamento de las Comunicaciones y Estadística en las Comunicaciones.

Osmany Machado Valdés, Ing. Telecomunicaciones y Electrónica, Etecsa, Centro de Gestión Nacional de la VSIN osmany.machado@cubacel.cu

Alexander Sánchez Pompa, Ing. Telecomunicaciones y Electrónica, Cujae, Departamento de Telecomunicaciones y Telemática, 266-3325, alex25s@tesla.cujae.edu.cu . Actualmente imparte las asignaturas de Transmisión por Hilos y Conmutación Telefónica.

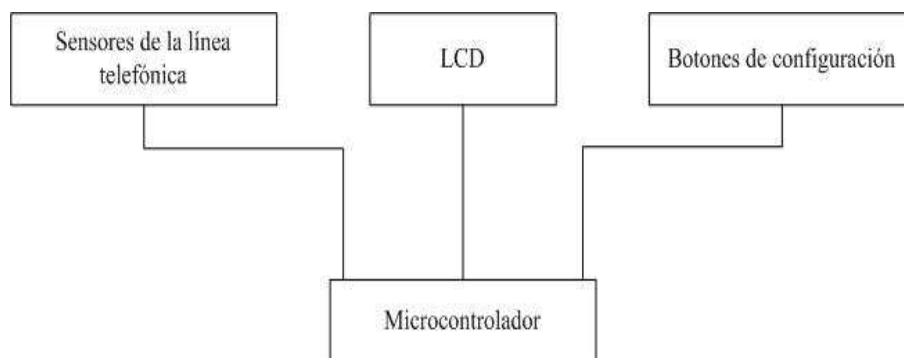


Figura 1. Distribución según funciones de los bloques circuitales.

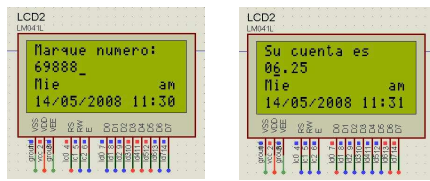


Figura 2. Mensajes mostrados por el LCD.



Figura 3. Pantalla del LCD relacionada con el menú de configuración.

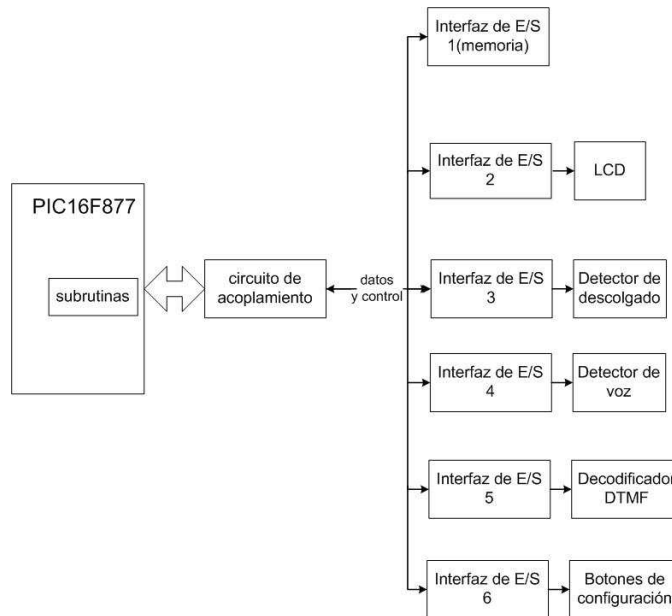


Figura 4. Configuración de los subsistemas de entrada

Tabla 1. Relación de costo de los elementos del sistema⁶.

Componentes	Precios por unidad	Unidades	Total
74HC374(puertos)	€ 0.44	5	€ 2.2
LM041L(display LCD)	€ 22.33	1	€ 22.33
PIC16F877	€ 4.13	1	€ 4.13
Memoria EEPROM 10x8 24AA08	€ 0.35	1	€ 0.35
Decodificador 74HC139	€ 0.32	1	€ 0.32
CM8870	€ 5.00	1	€ 5.00
CD4049UBC	€ 2.00	1	€ 2.00
CMX683	€ 8.10	1	€ 8.10
Compuerta NAND 74HC20	€ 1.17	1	€ 1.17
Inversores NOT 74HC04	€ 0.29	4	€ 1.16
		Total	€ 46.76