

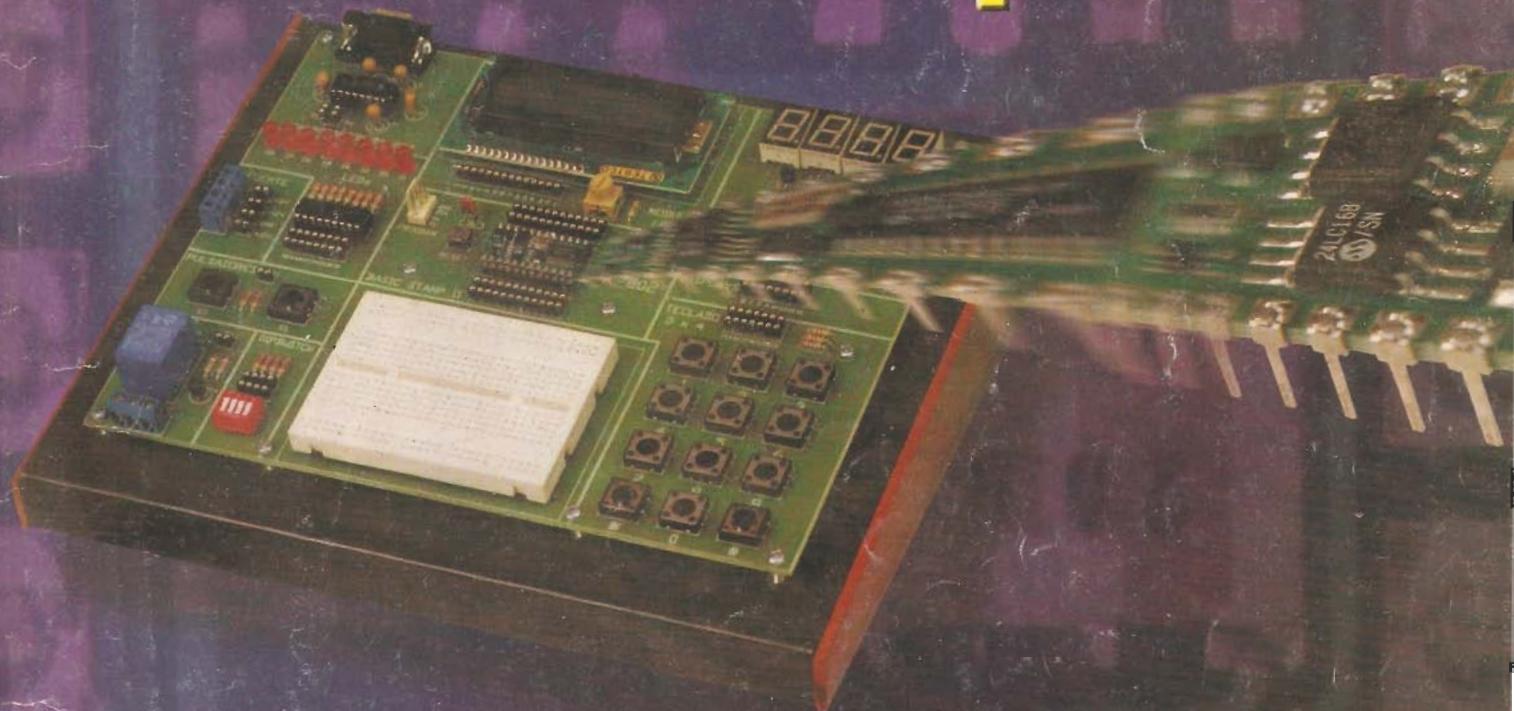
Electrónica

& Computadores

- PROYECTOS • TECNOLOGIA • APLICACIONES PRACTICAS • TEORIA

Entrenador para

BASIC Stamp II



Construya un canal
electrocardiográfico

Sensores de presión

Factor de potencia

• Argentina \$ 4.90 • Bolivia \$ 1.490 • Chile \$ 1.490 • Colombia \$ 5.000 • Ecuador
 • México \$ 30.00 • Panamá \$ 3.50 • Paraguay \$ 1.490 • Uruguay \$ 1.490 • Venezuela Bs. 2.200

ISSN 0121-9138

00055



CONTENIDO

Publicaciones
CEKIT

Electrónica
& Computadores

Editorial 2

PROYECTOS

Entrenador para microcontroladores
BASIC Stamp II 4

Construya un canal
electrocardiográfico 10

Termómetro audible 16

COMUNICACIONES

Sistemas de navegación
electrónica 22

ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

Sensores de presión 28

Factor de potencia 35

ELECTRÓNICA DIGITAL

Diseño de circuitos
secuenciales 40

TECNOLOGÍA

ISO 9001. Precisión, calidad
y confianza 45

Cómo funciona la telefonía celular 50

Qué hay de nuevo en 53

Nuevos circuitos integrados 60

Programación en Assembler
para la HP48 64

ELECTRÓNICA PRACTICA

Cuaderno de experimentos 69

- Fuente doble a partir de un transformador de sólo dos terminales
- Luces direccionales con aviso sonoro

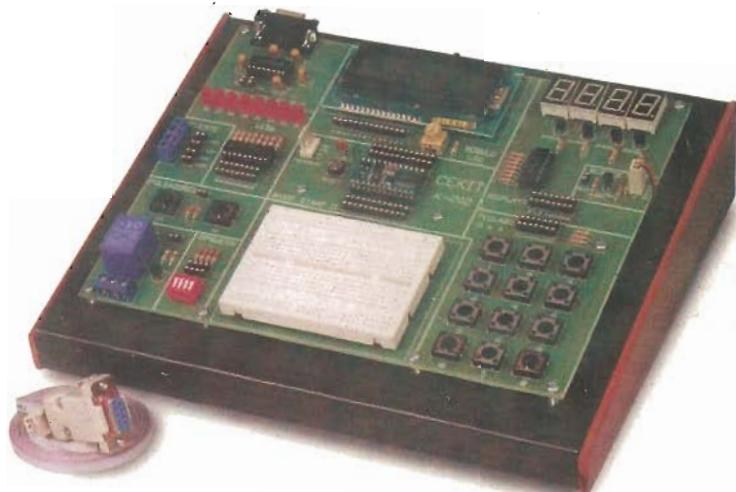
COMPUTADORA S

Rutas & Lugares 72

PROYECTO

Entrenador para microcontroladores BASIC Stamp II 4

Los entrenadores son equipos que permiten realizar prácticas y experimentos de una forma rápida y sencilla. Contienen circuitos, o conjuntos de ellos, disponibles para que el usuario pueda, con unos pocos cables, montar, simular o probar el funcionamiento de un aparato o de un nuevo diseño. En este proyecto, vamos a construir un entrenador para el microcontrolador BASIC Stamp II, con el cual podremos llevar a cabo una serie de experimentos bastante interesantes.



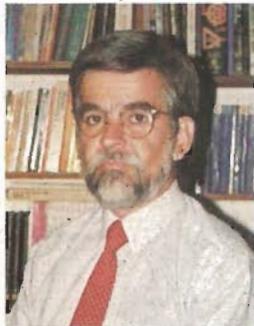
ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

Sensores de presión 28

Los sensores y transductores de presión son ampliamente utilizados en sistemas hidráulicos y neumáticos, ingeniería química, redes de suministro de gas y agua, centrales hidroeléctricas, automóviles, bombas, compresores, y diversos sectores del mundo industrial donde se manipulan fluidos. Este artículo examina a grandes rasgos los principios físicos básicos de la presión aplicada a fluidos, las características generales de las principales tecnologías de sensores de presión actualmente disponibles y los criterios que deben tenerse en cuenta para su selección.

EDITORIAL

La medicina ha encontrado en la electrónica una de sus mejores aliadas. Desde aplicaciones muy simples como un sencillo termómetro digital corporal de bolsillo hasta sofisticadas máquinas que reemplazan el corazón, los pulmones o para realizar diagnósticos y análisis de casi cualquier parte del cuerpo humano. La lista de aplicaciones sería prácticamente interminable y todo esto se deriva de que el ser humano es a su vez una serie de sistemas vivos que interactúan entre sí en los cuales las señales eléctricas juegan un papel preponderante. Basta mencionar a los sentidos los cuales son sensores muy especializados y sensibles que convierten toda clase de variables en señales eléctricas muy débiles que van al cerebro. Y el mismo cerebro es una maravilla de la creación en la cual millones y millones de señales eléctricas se combinan y circulan en su funcionamiento a través de las neuronas.



Hacemos referencia a este tema ya que en este número publicamos el proyecto "Construya un canal electrocardiográfico" por medio del cual podemos detectar las señales eléctricas básicas del corazón sin ningún riesgo para la persona. Además veremos más adelante cómo medir las señales externas del cerebro y otras variables del cuerpo humano. Todo esto dentro de una serie de publicaciones que hemos venido haciendo con gran aplicación para estudiantes y profesores de electrónica en sus áreas de electromedicina, bioingeniería, etc., debido a su importancia para las dos disciplinas, la electrónica, la medicina y sus ramas afines.

En los otros dos proyectos tenemos un "Entrenador para Microcontrolador Basic Stamp II" un práctico y útil laboratorio para experimentar y desarrollar proyectos con este interesante microcontrolador sobre el cual ya hemos publicado una buena información en las ediciones anteriores. Con este entrenador estamos seguros que Ustedes podrán aprender mucho más sobre esta tecnología. El "Termómetro audible" es un interesante proyecto experimental desarrollado por un asiduo lector de la revista en Argentina lo que nos llena de satisfacción ya que lo ha desarrollado en base a los conocimientos recibidos de ella. Lo felicitamos por su creatividad y nos alegramos también por que esto demuestra que en Latinoamérica también podemos desarrollar tecnología ya que este proyecto, con algunas adiciones, podría ser un producto final de gran aceptación y aplicación.

En los otros temas encontramos Radionavegación en el cual se explica en forma general como funcionan los sistemas de ayuda para las naves aéreas, marítimas y terrestres, algo que vale la pena conocer como otra aplicación especializada de la electrónica. También tenemos artículos de Electrónica Industrial, Electrónica Digital y como siempre varios temas de tecnología en los cuales pretendemos mostrar aspectos modernos de este cambiante mundo de la electrónica.

En el área de los computadores traemos en esta oportunidad un análisis de lo que son y serán en un futuro próximo los videojuegos de consola, una de las aplicaciones más difundidas de la electrónica para el entretenimiento y la rivalidad que se presenta en este difundido campo y como siempre, la invitación a visitar nuestras "Rutas y Lugares" recomendados en donde seguramente encontrará información muy valiosa para su trabajo, estudio e investigación.

Felipe González G.

ecekit@avan.net

**Publicaciones
CEKIT**
Electrónica
& Computadores

Avenida 30 de Agosto N° 36 - 79 A.A. 194

PBX: 3291979. Fax Nat. (6) 3360311

Pereira, Colombia, S.A.

<http://www.cekit.com.co>
e-mail: cekit@col2.telecom.com.co

Editor y gerente general

Felipe González G.

Gerente administrativo y financiero

Marcelo Alvarez H.

Director técnico

Felipe González G.

Subdirector

Edison Duque C.

Circulación Internacional

Humberto Real Blanco.

Director Creativo

Juan Guillermo Escalante E.

Director de Mercadeo y Publicidad

Daniel Carvajal C.

Director de Arte

Albert Cobos P.

Diseño de carátula

Albert Cobos P.

Departamento técnico:

Jorge Eduardo Hernández M.

Guillermo Ramos R.

Edwin López U.

Carlos Fernando Escobar

Carlos Felipe Villegas S.

Fotografía

Héctor H. Jiménez G.

Colaboradores

Orlando Gómez Camacho

Representación en Área II

Editorial CONOSUR S.A. Avda. Belgrano 355

Gerente general: Horacio L. Nittoli

Piso 10 - (1092) Cap. Fed

Tel. (541) 4342 - 9029 Fax. (541) 4342 - 9025

Buenos Aires - Argentina

Edición Argentina

Editor responsable: Carlos Alberto Magurno S.

Ventas de Publicidad : 4342-9029

Distribuidores:

Argentina

Capital: Vaccaro Sánchez y Cía.

Moreno 794, 9º (1091) Buenos Aires

Interior: Distribuidora Bertran S.A.C.

Av. Velez Sarsfield 1950 (1285) Buenos Aires

Bolivia - La Paz: Agencia Moderna Ltda.

Colombia - Santafé de Bogotá: Distribuidoras Unidas

Chile - Santiago de Chile: Distribuidora Alta S.A.

Ecuador - Quito: Distribuidora Andes

México - Ciudad de México D.F.: Distribuidora INTERN

Panamá - Ciudad de Panamá: Distribuidora Paname

Paraguay - Asunción: Selecciones S.A.C.

Uruguay - Montevideo: Grafia S.A.

Venezuela - Caracas: Distribuidora Continental

©PUBLICACIONES CÉKIT S.A. - Avenida 30 de Agosto

N° 36-79 - PBX: (6) 3291979 - A.A. 194 - Fax: (6) 3360311

Pereira, Colombia S.A. - 1.999 Pereira-Colombia S.A.

Julio de 1999 - ISSN 0121-9138. Resolución 0444 de

Mayo 18/94 de la Dirección General del Derecho de Autor,

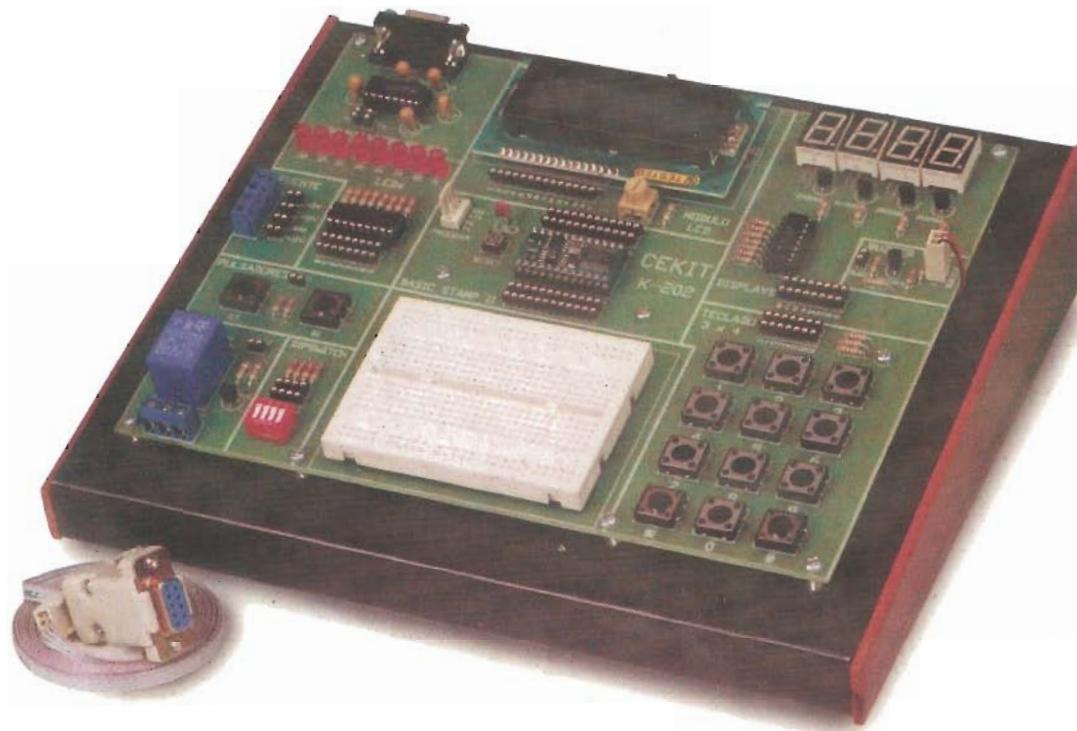
Mingobierno.

Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio sin permiso escrito del editor. La protección de los derechos de autor se extiende no sólo al contenido, sino también a los diagramas y circuitos impresos, incluido su diseño, que en ella se reproducen.

Impresión: Atlántida Cochrane

Panamericana Km 36.7

Buenos Aires



Entrenador para microcontroladores

BASIC Stamp II

Los entrenadores son equipos que permiten realizar prácticas y experimentos de una forma rápida y sencilla. Contienen circuitos, o conjuntos de ellos, disponibles para que el usuario pueda, con unos pocos cables, montar, simular o probar el funcionamiento de un aparato o de un nuevo diseño. En este proyecto, vamos a construir un entrenador para el microcontrolador BASIC Stamp II, con el cual podremos llevar a cabo una serie de experimentos bastante interesantes.

EDISON DUQUE C.

eduque@telesat.com.co

Gracias a su versatilidad y a la gran cantidad de funciones que poseen, los microcontroladores han revolucionado la forma de diseñar productos electrónicos. Esto ha hecho que los ingenieros, técnicos y aficionados a la electrónica vuelvan sus ojos hacia tan maravillosa tecnología. Por tal razón, el desarrollo de herramientas y sistemas que permitan realizar prácticas con estos dispositivos adquiere gran importancia; además, es una labor fundamental facilitar e incentivar la capacitación en esta área.

El proyecto que presentamos en esta ocasión es un sistema de entrenamiento para trabajar con el microcontrolador *BASIC Stamp II* de Parallax, el cual nos permitirá realizar un sinnúmero de prácticas tales como el manejo de módulos LCD, comunicación serial RS-232, manejo de teclados y displays, y muchas otras ya que se incorpora en el equipo un protoboard con el cual el experimentador puede crear sus propios ejercicios.

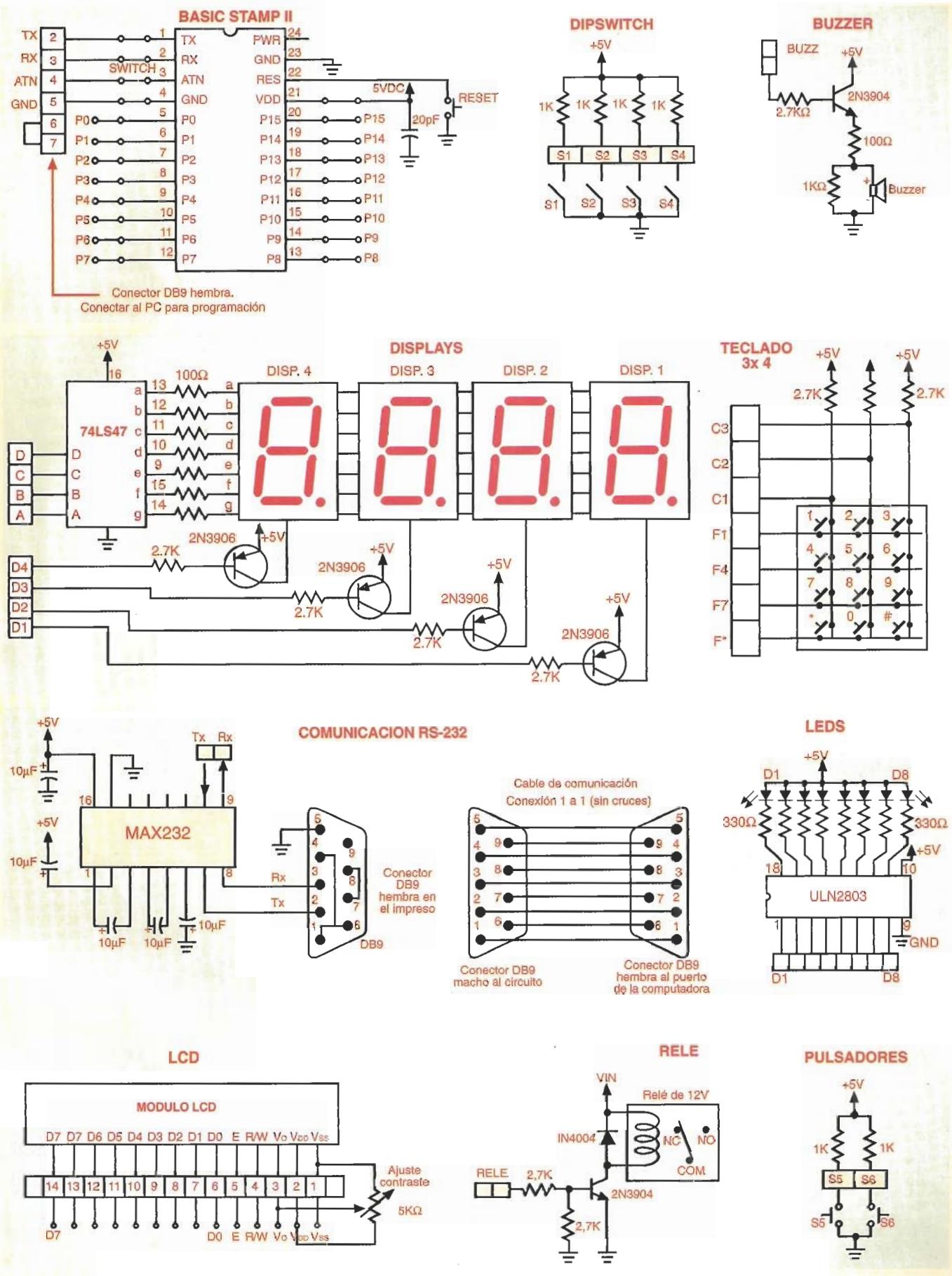


Figura 1a. Circuitos que componen el entrenador

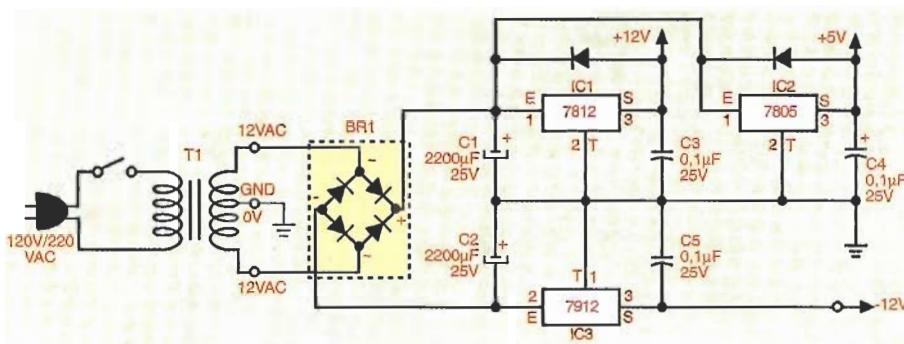


Figura 1b. Fuente de alimentación

Este microcontrolador se destaca por las características especiales que tiene implementadas y porque posee algunas instrucciones especiales bastante poderosas. En un número anterior de esta revista se hizo una descripción detallada de este microcontrolador, por lo tanto, centraremos nuestra atención en la construcción del entrenador, el cual, con unos peque-

ños cambios, se podría adaptar para otras familias de microcontroladores.

Tarjeta del entrenador

La principal aplicación de este proyecto es servir como elemento de soporte a las personas que desean apren-

der el manejo de este microcontrolador. Está conformado por un conjunto de circuitos, independientes entre sí, para que el estudiante pueda realizar los más variados experimentos y proyectos sencillos (para los que se inician), o de cierta complejidad (para los más experimentados). Cada bloque tiene listas las conexiones a la fuente de alimentación y a los diferentes elementos que lo componen. De esta forma, sólo se requiere conectar las entradas y/o las salidas al sitio que corresponda. Dichas conexiones se hacen fácilmente empleando alambre telefónico ya que se implementó un sistema de conectores que hacen esta labor muy sencilla. En la figura 1 se muestra el diagrama esquemático de los circuitos que componen el entrenador. A continuación, describiremos cada uno de sus bloques.

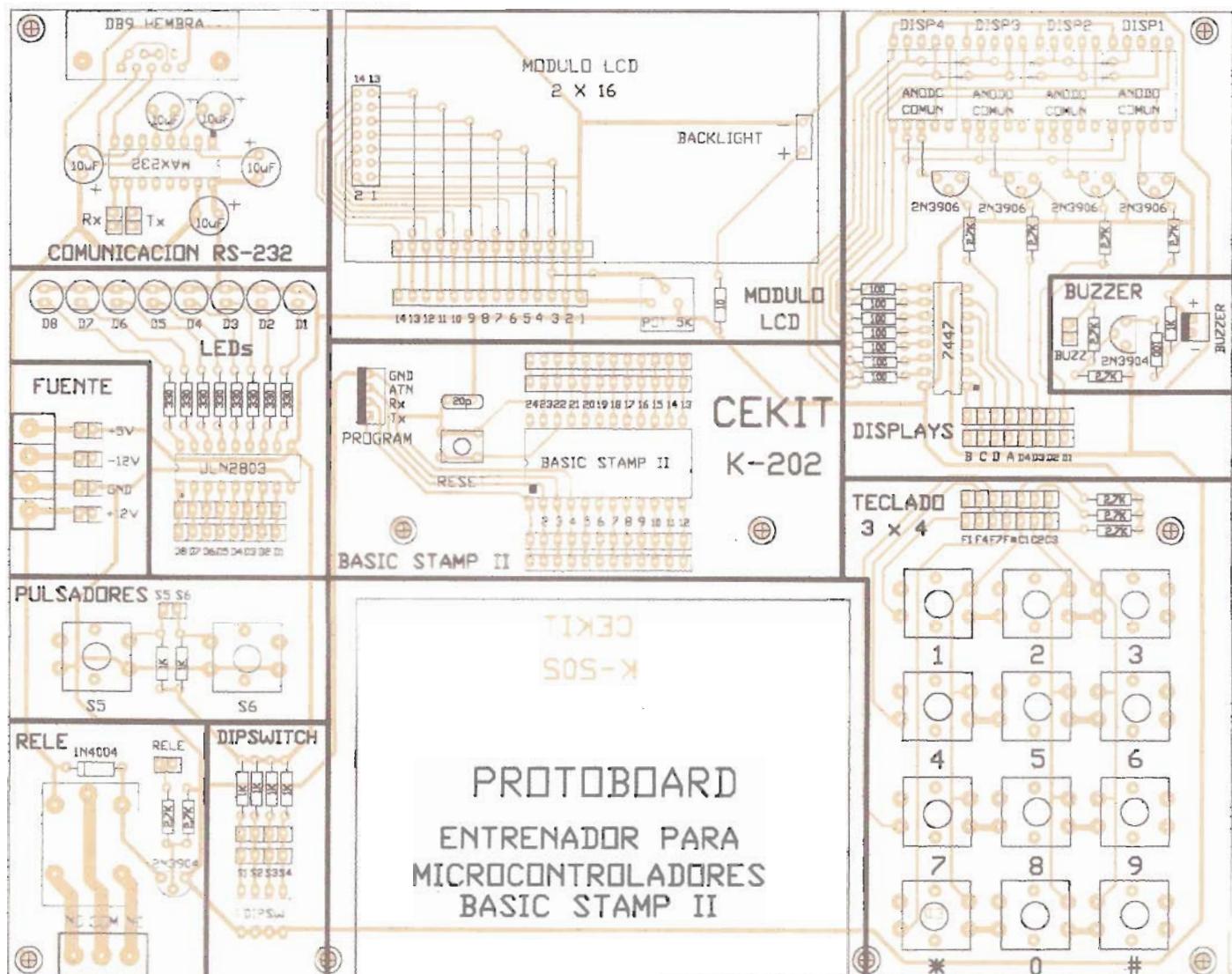


Figura 2. Guía de ensamble del entrenador

Microcontrolador BASIC Stamp II.

Este microcontrolador tiene características de hardware y software especiales que lo hacen muy versátil y funcional. Entre las principales se encuentran: programación en lenguaje BASIC, instrucciones para comunicación serial, lectura de pulsadores, generación de tonos DTMF, 16 pines de entrada/salida, etc. El sistema entrenador pretende utilizar todas estas características, para lo cual se dispone de buses de expansión en los pines del microcontrolador.

La conexión de la fuente de alimentación, el circuito de *reset* y el cable de programación que se conecta a la computadora donde se escribe el programa ya se encuentran implementadas, por tanto, el usuario sólo debe conectar los puertos o pines de entrada y salida según su aplicación.

Fuente de alimentación. El sistema se alimenta de la línea AC de 110 ó 220V, incluye un interruptor general y un fusible de protección. En este proyecto construimos la fuente en un circuito impreso aparte, con tensiones de salida de +5 y ±12 VDC. Este montaje permite ahorrar espacio en el circuito impreso del entrenador. La fuente de 5 voltios se utiliza para alimentar la parte digital del sistema y la fuente dual de ±12V sirve, por ejemplo, para alimentar amplificadores operacionales que se monten en el protoboard del entrenador.

LEDs. El circuito incluye 8 LEDs, denominados D1 a D8. Para amplificar la corriente que entrega el microcontrolador para encender los LEDs se emplea un circuito integrado ULN2803. Este posee internamente ocho transistores NPN, los cuales tienen muy buena capacidad de corriente. Este circuito integrado invierte el pulso enviado por el microcontrolador, por lo tanto, se debe enviar una señal de nivel positivo para hacer que se encienda el LED correspondiente.

Dipswitch. Estos interruptores permiten que el estudiante practique la lectura de puertos. En el circuito se emplea un dipswitch de 4 interruptores, deno-

minados S1 a S4. Cuando un interruptor se encuentra apagado (posición OFF), el microcontrolador leerá un nivel lógico alto (+5V), cuando el interruptor se encuentra activado (posición ON), la lectura entregará un nivel lógico bajo (0V).

Pulsadores. En el sistema se incluyen dos pulsadores normalmente abiertos, los cuales también son de suma importancia cuando se ejerce la lectura de puertos. Se encuentran referenciados como S5 y S6. En estado de reposo, la lectura de estos pines entrega un nivel lógico alto (+5V), cuando se presionan, la lectura será un nivel lógico bajo (0V).

Interface RS-232. La comunicación serial RS-232 es una de las más utilizadas a nivel industrial. Para implementarla, sólo se requiere un circuito integrado MAX232 y cinco condensadores de 10µF (tantalio). Los pines de comunicación se denominan Tx y Rx. El cable que une el entrenador y la computadora o equipo con el que se quiere establecer comunicación se hace uno a uno (sin cruces).

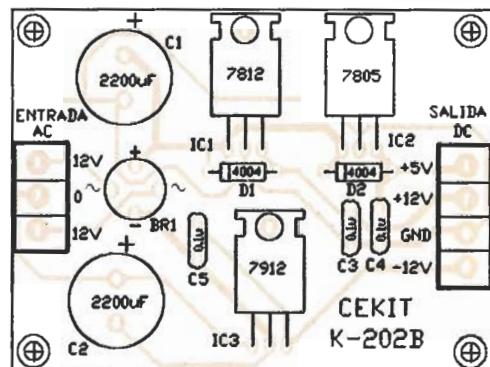


Figura 3. Fuente de alimentación

Salida con relé. Para manejar cargas de potencia desde el microcontrolador, podemos emplear un relé. Este se opera a través de un transistor NPN. Para activarlo, sólo se debe entregar un nivel lógico alto en el pin marcado RELE.

Displays. El sistema dispone de cuatro displays de ánodo común, conectados sobre el mismo bus de datos y con los ánodos manejados de forma independiente. Para la conversión del dato que entrega el microcontrolador al código de 7 segmentos, se emplea un decodificador 7447. Todos los segmentos de los displays se encuentran conectados a los pines de salida del 7447. Por lo tanto, el dígito que se de-

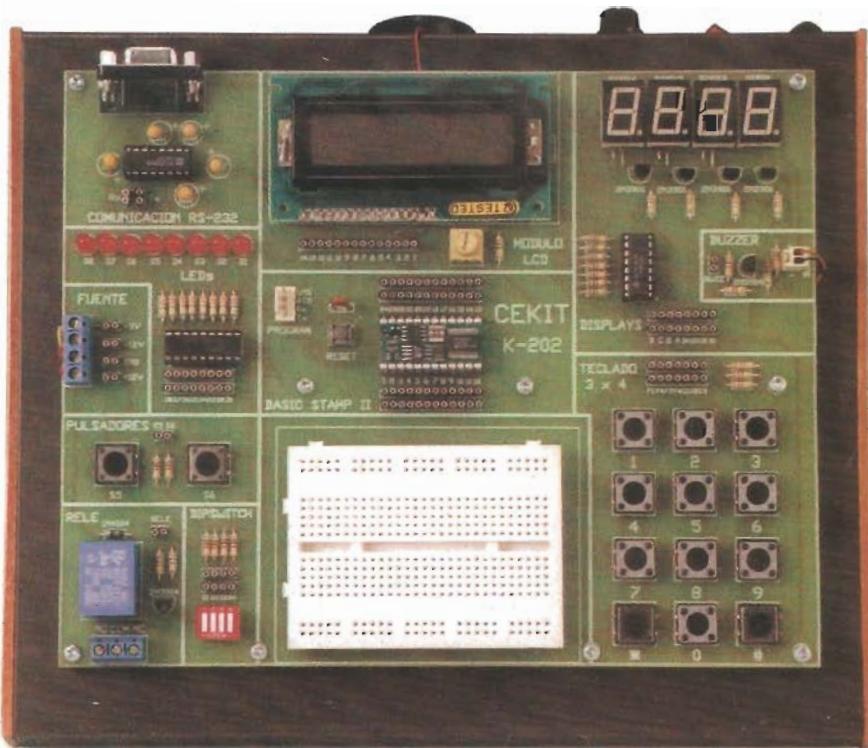


Figura 4. Circuito del entrenador totalmente ensamblado

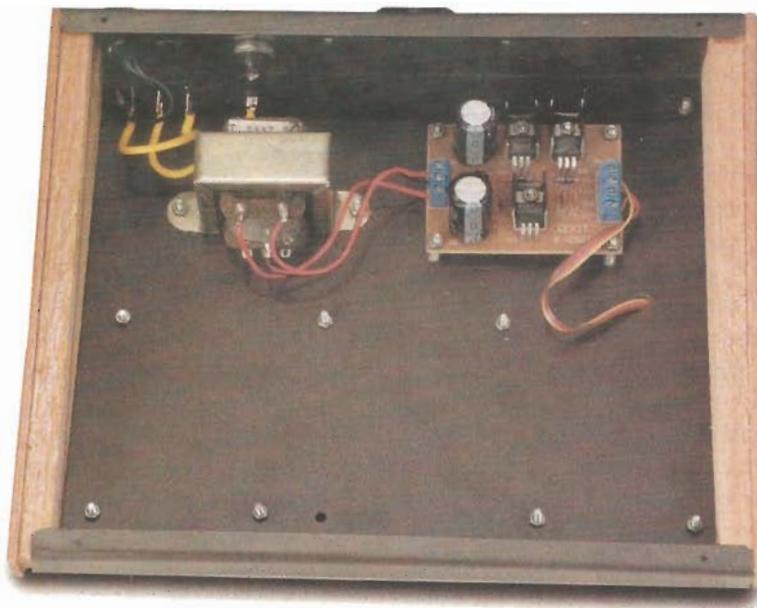


Figura 5. Ubicación de la fuente y el transformador

sea mostrar en ese momento se debe seleccionar mediante la habilitación del display correspondiente. Esto se hace conectando un nivel lógico bajo en la base del transistor PNP que maneja el ánodo de dicho display.

Los 4 bits del dígito que se va a mostrar se deben conectar desde el microcontrolador a los pines marcados B, C, D y A del integrado 7447. El de mayor peso es el D y el de menor peso es el A. Los pines marcados D1 a D4 corresponden a las bases de los transistores que habilitan los displays.

Teclado matricial. Este teclado tiene una matriz de 3x4, con los caracteres desde 0 hasta 9 y * y #. En el conector del mismo se encuentran marcadas las filas como F1, F4, F7 y F*. Las columnas se denominan C1, C2 y C3. La numeración de las filas y las columnas corresponde al primer carácter, ya sea de la fila o de la columna. Las columnas del teclado tie-

nén conectadas unas resistencias de *pull-up*. Estas sirven para fijar un nivel alto cuando no se esté oprimiendo ninguna tecla.

Como ejercicio, es conveniente que el estudiante identifique por su propia cuenta los pines del teclado, utilizando un multímetro. Esto con el fin de familiarizarse con sus conexiones.

Módulo de cristal líquido o LCD. Este elemento permite darle mucha funcionalidad y elegancia a los proyectos, además es muy fácil de manejar con un microcontrolador. En este circuito se tienen todas las conexiones necesarias para su funcionamiento, incluyendo un potenciómetro para controlar el brillo de la pantalla.

Si se utiliza un módulo LCD que tiene todos los pines en línea, se puede conectar directamente al circuito impreso sin necesidad de hacer puentes. Si por el contrario, el módulo tie-

ne los pines en un arreglo de dos filas de 7 pines cada uno, se deben conectar los puentes de alambre que están marcados en el circuito impreso. Normalmente, esta última clase tiene además luz posterior (*backlight*), se debe entonces conectar los dos pines del extremo derecho del módulo y la resistencia de 10 ohm (1/2W) que se encuentra junto al potenciómetro de ajuste del brillo.

Buzzer. Dado que este microcontrolador posee instrucciones para generar frecuencias, un buzzer puede ser de gran utilidad. En este caso sólo se requiere un transistor que permita aislar el piezoelectrónico del microcontrolador a la vez que permite aumentar la corriente.

Ensamble

En el circuito impreso se encuentra cada bloque debidamente marcado y separado de los demás. El lugar donde se ubicarán los componentes tiene escrito el valor que corresponde y la polaridad en que se deben conectar. Asegúrese de ubicar los componentes en el sitio adecuado y fijarlos con unos buenos puntos de soldadura. En la figura 2 se encuentra el circuito impreso del entrenador y en la figura 3 el de la fuente de alimentación. En la figura 4 se muestra la tarjeta del entrenador totalmente ensamblada y montada sobre el chasis metálico. En la figura 5 se muestra la forma en que la fuente de alimentación y el transformador se fijan en la parte interior del chasis.

Los circuitos impresos se encuentran montados sobre un chasis metálico, el cual tiene las perforaciones necesarias para fijar el impreso. En los tornillos de fijación se deben usar unos separadores plásticos para evitar que se presente un corto circuito si la soldadura llegase a tocar la lámina. El portafusible y el interruptor de encendido se fijan en la parte posterior del chasis. La figura 6 muestra el aspecto de la parte trasera, note que el buzzer se puede fijar allí con un poco de cinta de doble faz o con pegante instantáneo. ■

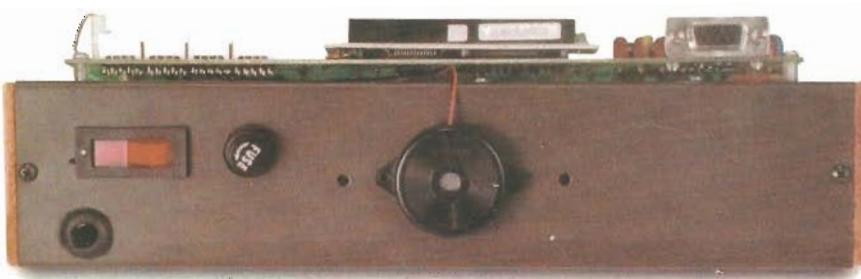


Figura 6. Instalación de componentes en la parte trasera del equipo



Construya un canal para el monitoreo electrocardiográfico

LUIS E. LLAMOSA R.

Magister en física
Esp. en Inst. Biomédica
lellamo@utp.edu.co

CARLOS A. LÓPEZ A.

Magister en física
Profesor titular UTP
calopez@utp.edu.co

WILLIAM ARDILA U.

Magister en física
Candidato a PhD
Profesor titular UTP

Grupo de electrofisiología Universidad Tecnológica de Pereira

Mediante este artículo se indicarán todos los aspectos involucrados en la construcción de un canal para el monitoreo ECG, que amplifique y procese electrónicamente la señal electrocardiográfica detectada en un ser humano, de tal forma que esté lista para ser llevada a través de la interface A/D de 4 canales, cuya construcción se referenció en la revista anterior, a su visualización en el monitor de una computadora personal.

Construcción del canal ECG

Un electrocardiograma (ECG o EKG) es el registro gráfico o la visualización por otro medio de los potenciales, variables con el tiempo, producidos por el miocardio durante el ciclo cardíaco.

La figura 1 muestra el diagrama de bloques de un canal electrocardiográfico muy semejante al presentado en la edición # 52 de E&C. El circuito presenta muy alta impedancia de entrada, ya que inicia con un amplificador de instrumentación construido con base en un circuito integrado TL084 que contiene 4 amplificadores operacionales

Construya un canal para el monitoreo electrocardiográfico

tipo JFET con alta impedancia de entrada (10^{12} ohmios). Los electrodos pueden producir un potencial offset hasta de 0,2 V. Por lo tanto, para prevenir la saturación, las etapas con acoplamientos DC sólo tienen una ganancia de 25. Los capacitores de acoplamiento no están colocados a la entrada porque esto bloquearía la corriente de polarización del amplificador operacional. La adición de resistencias para suministrar la corriente de polarización disminuiría la impedancia de entrada. Capacitores de acoplamiento colocados después de los primeros amplificadores operacionales tendrían que ser imprácticamente grandes. En vez de ello, se coloca un solo capacitor de acoplamiento de $1 \mu\text{F}$ más el resistor de 3.3 M formando un filtro pasa-altos.

La constante de tiempo resultante de 3.3 s deja pasar todas las frecuencias por encima de 0,05 Hz ($f_c = 1/(2\pi R C)$). La etapa de salida del amplificador de instrumentación es un seguidor con ganancia de 22. Una segunda resistencia de 3,3 M se adiciona para balancear las impedancias de la fuente de corriente de polarización. El filtro pasa-bajos formado por la resistencia de 150 k y el capacitor de 0,01 μF atenúa las frecuencias superiores a 100 Hz. El interruptor S1 se puede cerrar momentáneamente cuando se satura la salida. Esto se requiere después de desfibrilación o para regresar la salida a la región lineal. El cierre del interruptor puede ser automático, utilizando un circuito que detecte cuando la salida está en saturación, o puede ser manual.

El canal ECG amplifica y filtra la señal electrocardiográfica y además requiere de elementos que provean seguridad eléctrica al paciente. El circuito se complementa con un optoacople en el cual se involucra la utilización del circuito fotodiodo – fototransistor MCT2.

Las características técnicas del circuito integrado MCT2 son las siguientes:

- Voltaje de aislamiento: 7500 V
- Potencia total (mw): 250 mw
- Corriente directa: 60 mA
- Voltaje inverso: 3 voltios (led)
- Transferencia de corriente: 20 %

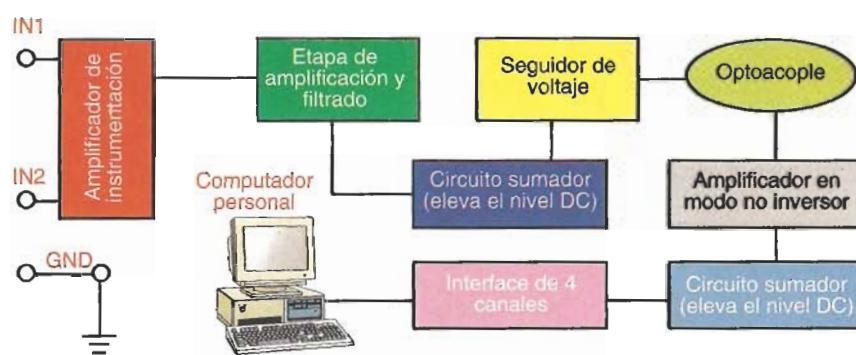


Figura 1. Diagrama de bloques que compone el circuito electrónico del canal electrocardiográfico.

Las características técnicas del fototransistor (NPN) del dispositivo son las siguientes:

- Voltaje colector a base: 70V
- Voltaje colector a emisor: 30 V
- Corriente de colector (Ic): 50 mA (máxima)
- Frecuencia típica: 150 kHz

Los aspectos que se tuvieron en cuenta en el diseño implementado, en lo que corresponde al optoacople, fueron los siguientes:

Se debe elevar el nivel DC de la señal bioeléctrica con el objetivo de que no tenga picos negativos, pues de lo contrario el foto-diodo los recortaría. La configuración sumadora acompañada del seguidor de voltaje fue la forma utilizada para elevar el nivel DC de la señal. Para ello se utilizó un circuito integrado LF353. Tal como está configurado el circuito sumador, se le están sumando 2.8 V_{DC} a la señal. El cálculo se realiza para el caso en que el divisor de tensión del circuito esté conectado a -9V. El amplificador operacional restante se utiliza como seguidor de voltaje, tal como se observa en la figura 2.

Con el filtro pasivo pasa-alto se vuelve a bajar el nivel DC de la señal. En este punto hay que aclarar que, dada la naturaleza del filtro utilizado, es posible que se pierda un poco de información correspondiente a las bajas frecuencias cercanas a cero, por lo

cual el diseño no se aconseja en el caso de que ellas sean de importancia para un estudio.

Teniendo en cuenta que la interfaz a utilizar corresponde a la construida en el número anterior de esta revista, la señal se debe encontrar entre 0 y 5V con el fin de ser visualizada en el monitor del computador. Por tal razón, las etapas que siguen al optoacople y al filtro pasivo pasa-alto corresponden a un amplificador en modo no inversor y a un circuito sumador que sube de nuevo el nivel DC de la señal. Estas etapas se diseñan con base en un circuito integrado LF353, el cual contiene dos amplificadores operacionales. El amplificador en modo no inversor sirve para ajustar, mediante el potenciómetro potA, la ganancia, de tal manera que

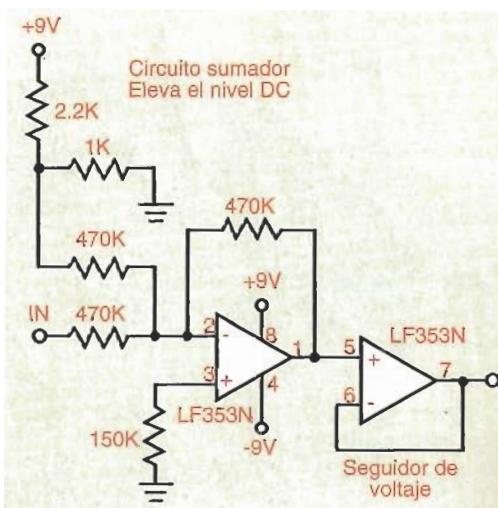


Figura 2. Mediante el integrado LF353 se implementa un sumador y un seguidor de voltaje para adecuar la señal y poder llevarla a la etapa optoacopladora.

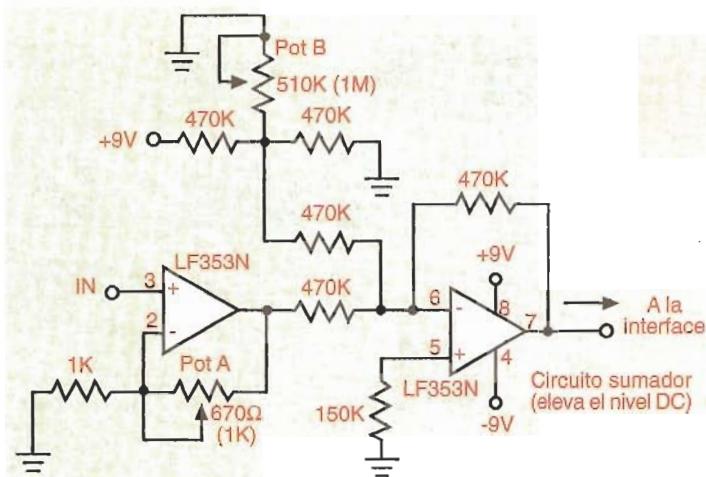


Figura 3. Circuito que muestra la amplificación final de la señal y la suma de un nivel DC adecuado para ubicarla entre 0 y 5V.



Figura 4. Vistas interna y externa del módulo que contiene el canal ECG.

una señal senoidal de entrada al canal ECG de 4 mVpp, que corresponde al máximo dentro del rango de amplitud de las señales ECG, se encuentre entre 0 y 5V tomando la medida a la salida del canal ECG, o entre -2.5 y +2.5V tomando la medida a la salida de esta etapa de amplificación. El potenciómetro potB, ubicado en el circuito sumador respectivo, ayuda a calibrar el nivel DC de la señal de tal manera que ésta se encuentre entre 0 y 5V. El circuito mostrado en la figura 3 involucra los valores a los que deben estar los potenciómetros potA y potB para lograr los efectos deseados. Estos potenciómetros se dejan accesibles con el objetivo de calibrarlos, en caso de necesidad a las condiciones establecidas. Para ello sugerimos a nuestros lectores utilizar un generador de señales y un osciloscopio adecuados a este propósito.

El objetivo de aislar el sistema de medición de potenciales bioeléctricos del computador es, obviamente, el de brindar una mayor seguridad al paciente. De esta manera, no hay conexión eléctrica directa entre la circuitería de entrada aislada y los circuitos alimentados por la línea eléctrica. En el caso que nos ocupa, estos circuitos corresponden al microcomputador y a la interfaz respectiva.

Además, se hace necesario que la alimentación de los componentes sea también aislada, o lo más segura posible para el paciente. Para ello, se pueden utilizar baterías. En el caso del diseño mostrado en la figura 1, se han utilizado pilas de 9 voltios, las cuales proveen la alimentación a los componentes electrónicos que se encuentran antes del optoacople. Los circuitos integrados que se encuentran después del optoacople reciben alimentación al conectar el canal ECG con la interfaz de 4 canales, la cual la suministra. Se aconseja también, para seguridad del paciente, conectar las tierras a las carcásas de los módulos y establecer la conexión correspondiente con el polo a tierra. Esto en lo que se relaciona con la interfaz la cual se alimenta directamente de la red.

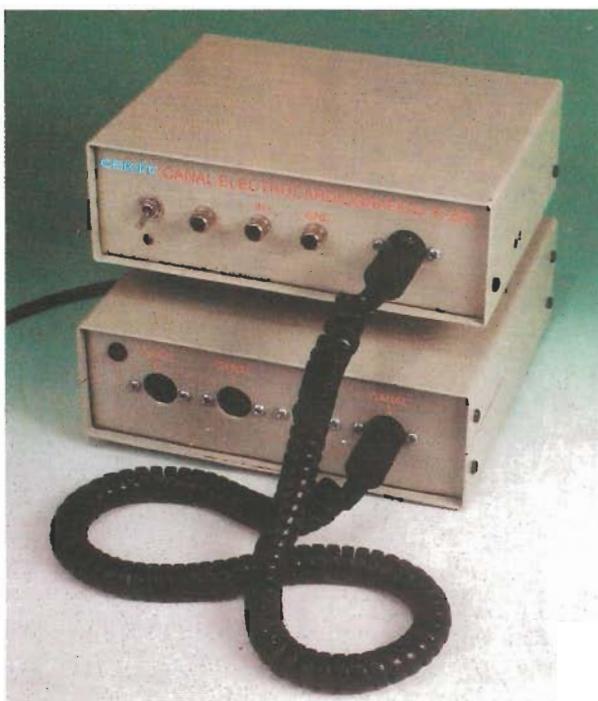


Figura 5. Sistema completo para el monitoreo electrocardiográfico.

El canal electrocardiográfico, además de preamplificar y amplificar la señal ECG, la filtra. Como ya se explicó, cuenta con un filtro pasa-alto de tipo pasivo, compuesto por un capacitor y una resistencia. Además cuenta con filtros pasa-bajos, uno activo y otro pasivo, este último con frecuencia de corte de 100 Hz e implementado mediante una resistencia y un capacitor. Se debe recordar que, en lo que respecta al rango de frecuencias, que un instrumento de medición de actividad ECG debe responder adecuadamente entre 0.05 y 100 Hz.

Las figura 4 muestra, respectivamente, una vista interna y externa del módulo que contiene el canal ECG.

En la figura 5 se muestra la fotografía del montaje que se debe realizar para el monitoreo electrocardiográfico. En ella se observa el canal ECG con los respectivos cables que se conectarán a los electrodos, unido al módulo de adquisición de datos cuya construcción se explicó en el número anterior de esta revista y que se encuentra conectado al computador, al cual se envían los datos provenientes de la actividad eléctrica del corazón a través de su puerto paralelo.

Preparación y conexión de los electrodos

Una vez realizado el montaje de la figura 5, es el momento de preparar al paciente para realizar el correspondiente monitoreo electrocardiográfico. Como ejemplo se realizará el monitoreo electrocardiográfico correspondiente a la segunda derivación bipolar de las extremidades. El procedimiento para la colocación de los electrodos es el siguiente:

1. Instalación del electrodo de masa (GND). Limpie inicialmente con agua y jabón el área de la piel ubicada entre el tobillo y el tendón de Aquiles de la pierna derecha. A continuación, frote ligeramente esa misma área con un trozo de algodón o gasa humedecido en alcohol. De este modo se eliminará cualquier residuo de grasa o productos químicos presentes en la piel y minimizará la impedancia cutánea del punto de contacto.

Tome un electrodo desechable de Ag/AgCl utilizado para electrocardiografía y retire cuidadosamente la lámina de protección, dejando expuestos el micropore y la almohadilla de gel. Humecte esta última con una pequeña cantidad de



Figura 6. Colocación de los electrodos.

gel conductora, sin excederse, y colóquese el electrodo en el sitio previamente seleccionado. Este electrodo se denomina "electrodo de masa o de referencia". El procedimiento, válido también para los otros electrodos, se resume en la figura 6. En la figura 7 se observa un gráfico explicativo de la colocación de los electrodos para las tres derivaciones bipolares de las extremidades.

2. Instalación de los electrodos ubicados en la muñeca derecha y pierna izquierda del paciente. Repita la mis-

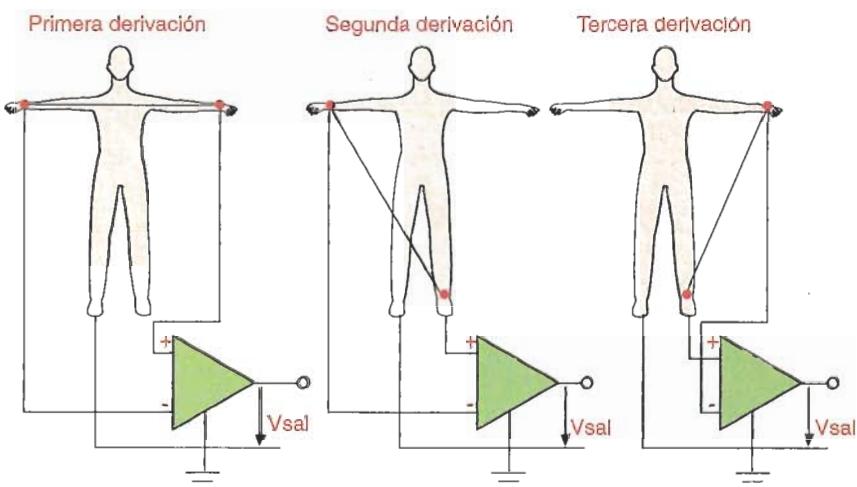


Figura 7. Derivaciones bipolares de las extremidades.

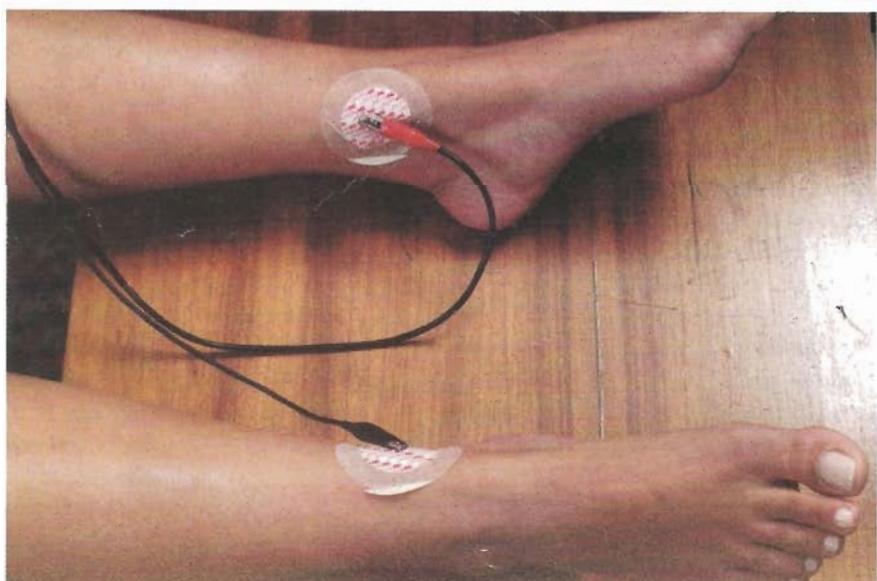


Figura 8. Fotografías del monitoreo electrocardiográfico realizado a una paciente, en el cual se ha implementado la segunda derivación bipolar de las extremidades.

ma rutina de limpieza del paso 1 para el área de la piel ubicada en la parte inferior de la muñeca de la mano derecha y la correspondiente a la zona ubicada entre el tobillo y el tendón de Aquiles del pie izquierdo. A continuación tome dos electrodos de Ag/AgCl, repita la misma rutina del paso anterior y colóquese en el sitio previamente seleccionado. Conecte los electrodos a las entradas correspondientes del canal electrocardiográfico de acuerdo a la figura 7.

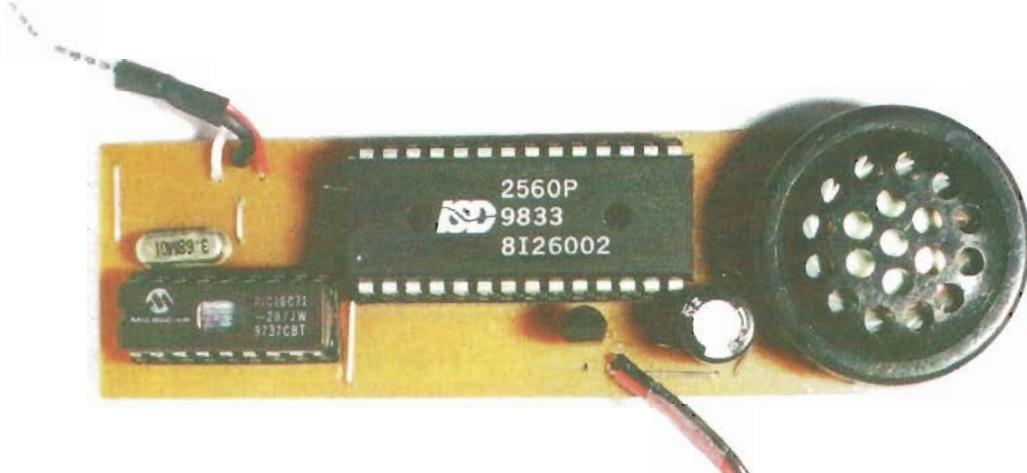
La figura 8 muestra fotografías del monitoreo electrocardiográfico realizado a una paciente, en el cual se ha implementado la segunda derivación bipolar de las extremidades, utilizando el canal ECG y la interface construida en el número anterior de esta revista.

Conclusiones

Se ha realizado la construcción de un canal electrocardiográfico, el cual va conectado a la interface de cuatro canales cuya construcción se referenció en la edición anterior de esta revista. Es posible tener mediante este sistema un electrocardiógrafo de cuatro canales, para lo cual se requerirían 4 canales ECG como el presentado en este artículo. ■

Bibliografía

- ASTON RICHARD.** Principles of Biomedical Instrumentation and Measurement. Merrill Publishing Company, 1990.
- DOEBELIN, E. O.** Measurement System: Application and design; E. O. Doebelin; McGraw-Hill Book Co., 1975.
- GOMEZ, LARA, LLAMOSA.** Monitoreo de potenciales bioeléctricos. Revista «SCIENTIA ET TECHNICA», # 2, sept. 1995
- LANZAS DANILO, LLAMOSA LUIS ENRIQUE.** Electrocardiografía, fisiología e instrumentación. Revista "Scientia et Technica", año 3, Nº 5, Junio de 1997, Pereira, Risaralda.
- TOMPKINS WILLIS J., WEBSTER JOHN G.**, Editores. Interfacing sensors to the IBM-PC. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632, 1988.
- WEBSTER JOHN G.** Medicine and Clinical Engineering. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1985.
- WEBSTER G. JOHN, Editor.** Medical Instrumentation, Application and design. Houghton Mifflin Company, Boston, 1978.
- WILCHES MAURICIO.** Bioingeniería, Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, 1988.



Dennis Crawley

dennis.crawley@usa.net

En este proyecto vamos a construir un equipo que permite medir la temperatura del medio ambiente, de un líquido o de cualquier sustancia, procesando dicha información para luego activar un circuito capaz de producir un mensaje audible que "dice" cual es el valor del dato leído.

Termómetro audible

Este proyecto es un claro ejemplo de los resultados que se pueden obtener cuando se combinan diferentes tipos de tecnología y se aplican de una manera ingeniosa. A pesar de ser un trabajo experimental, presenta las bases para realizar un sinúmero de prácticas y de aplicaciones según los requerimientos de cada usuario. Su principal característica es el uso de los circuitos integrados para almacenamiento de voz y la forma como se pueden utilizar.

La idea básica del proyecto es que se puede agregar un "menú vocal" a cualquier aplicación. En nuestro caso específico, lo utilizamos para crear un termómetro que "habla", es decir que pronuncia el valor de la temperatura medida. Para realizar esta tarea se requiere necesariamente un chip especializado en almacenamiento de voz. Para ello se recurrió a un miembro de la familia ISD (*Information Storage Devices*), reconocida a nivel mundial por fabricar esta clase de dispositivos. Para

conocer más acerca de esta empresa y de los chips de almacenamiento de voz se puede visitar su página en Internet, donde además se encuentran las hojas de datos de todos sus productos. La dirección es:

www.isd.com

Para este proyecto escogimos el circuito integrado ISD2560 que permite almacenar hasta 60 segundos de audio, los cuales se pueden dividir en un solo mensaje que ocupe todo el tiempo o en varios mensajes más cortos. Este dispositivo tiene como característica especial una frecuencia de muestreo superior a los otros miembros de la familia lo que garantiza una mayor fidelidad en la reproducción de los mensajes.

Los chips ISD se comportan como memorias analógicas ya que su contenido (los mensajes) puede ser direccionado con palabras de 10 bits. Esto quiere decir, por ejemplo, que si se graban

10 mensajes en el chip estos pueden ser reproducidos de forma independiente, simplemente poniendo la dirección correcta (combinación de unos y ceros) en los pines destinados para tal fin. En nuestro caso particular utilizamos direcciones de 8 bits únicamente, los dos bits de menor peso de la dirección del ISD (A0 y A1) se conectan a tierra.

En el termómetro audible el direccionamiento de la memoria analógica se hace desde un microcontrolador PIC, el cual se encarga de obtener el valor de temperatura procesando el valor análogo leído desde el sensor. Dicho valor obtenido es el que permite direccionar la memoria, ya sea directamente o mediante una tabla que permita convertir el valor obtenido en la dirección adecuada para obtener el mensaje de voz correspondiente.

El método de reproducción del mensaje puede variar con el proyecto que quiera construir el usuario. En el termómetro se eligió grabar 39 mensa-

jes correspondientes a los 39 posibles valores de temperatura que el usuario requiere.

El circuito no tiene mayores secretos, pero, dado que cualquier sistema se puede optimizar, dejamos al lector la tarea de mejorar y adecuar a sus necesidades tanto el circuito como el software presentado. La idea es ayudar a ciegos o minusválidos a conocer la temperatura actual del aire o un líquido o cualquier cosa que quieran medir. También se puede agregar este proyecto a un voltímetro o cualquier otro aparato.

Descripción

El proyecto puede ser dividido en tres etapas:

- Adquisición de datos análogos (LM35 - LM358).
- Conversión A/D y control del chip de almacenamiento de voz (PIC16C71).
- La programación del chip ISD y su amplificador diferencial (ISD2560 - LM386)

Adquisición de datos análogos. En la figura 1 se muestra el diagrama del cir-

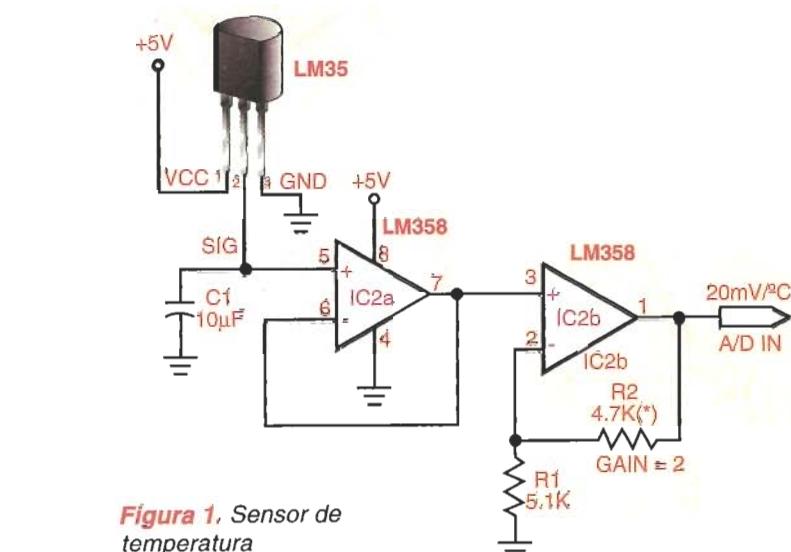


Figura 1. Sensor de temperatura

cuito. El LM35 es un integrado que entrega 10mV por °C. Teniendo una escala de 0 a 5V, y con un convertidor A/D de 8 bits (permite 256 pasos diferentes), cada cambio que pueda ser detectado por el circuito será de: $5/255 \approx 20\text{mV}$ ($0,0196\text{V}$). Para forzar una correspondencia entre cada paso del convertidor y la variación en la salida del LM35 debemos duplicar la tensión a la salida del sensor. Esto se hace utilizando el amplificador operacional

LM358, el cual está configurado para que amplifique por 2 la señal que entrega el sensor, logrando así una variación de 20mV por °C. En el circuito la resistencia R2 corresponde a un trimmer que permite un mejor ajuste de la ganancia. En este circuito se debe verificar que $V_{out} = V_{in} \times 2$.

El convertidor A/D y el control de direcciones. Esta función la realiza un microcontrolador PIC16C71, el cual posee

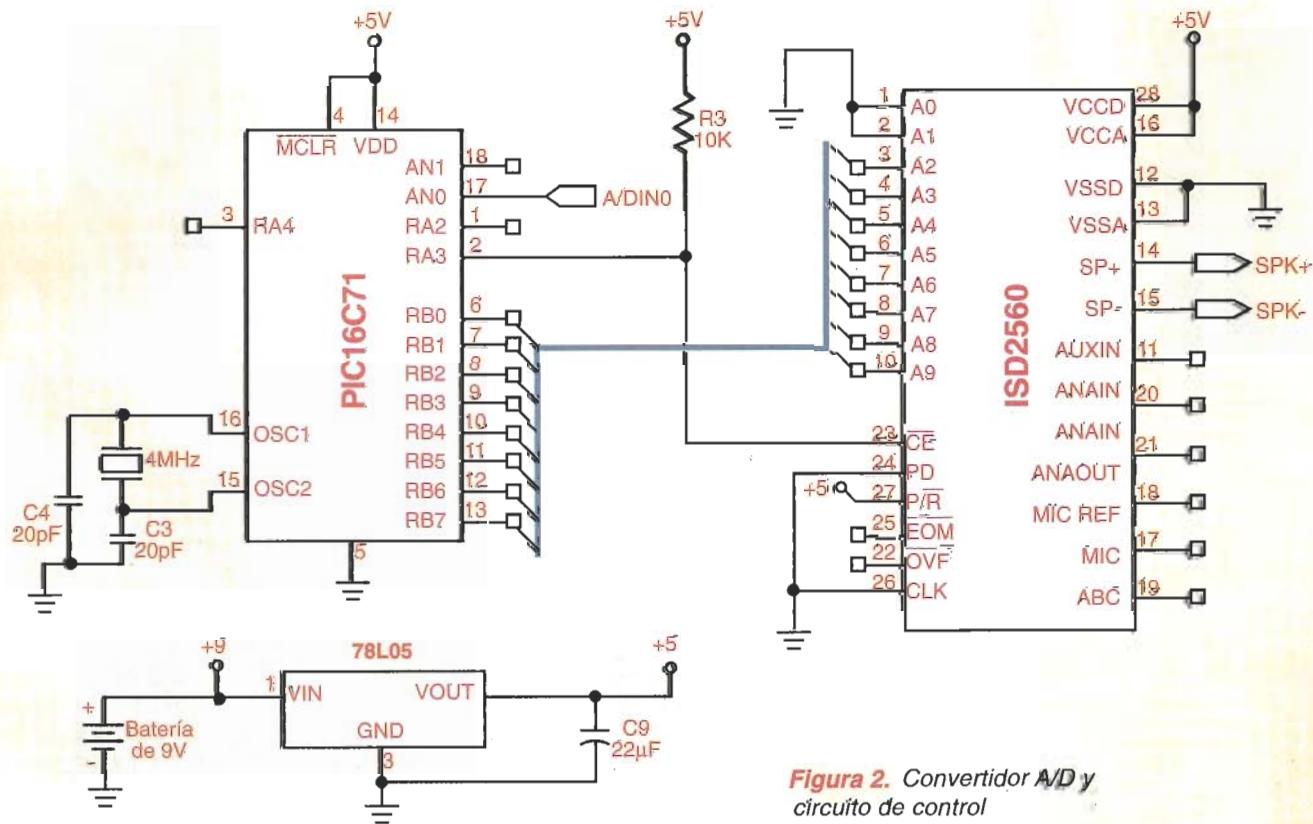


Figura 2. Convertidor A/D y circuito de control

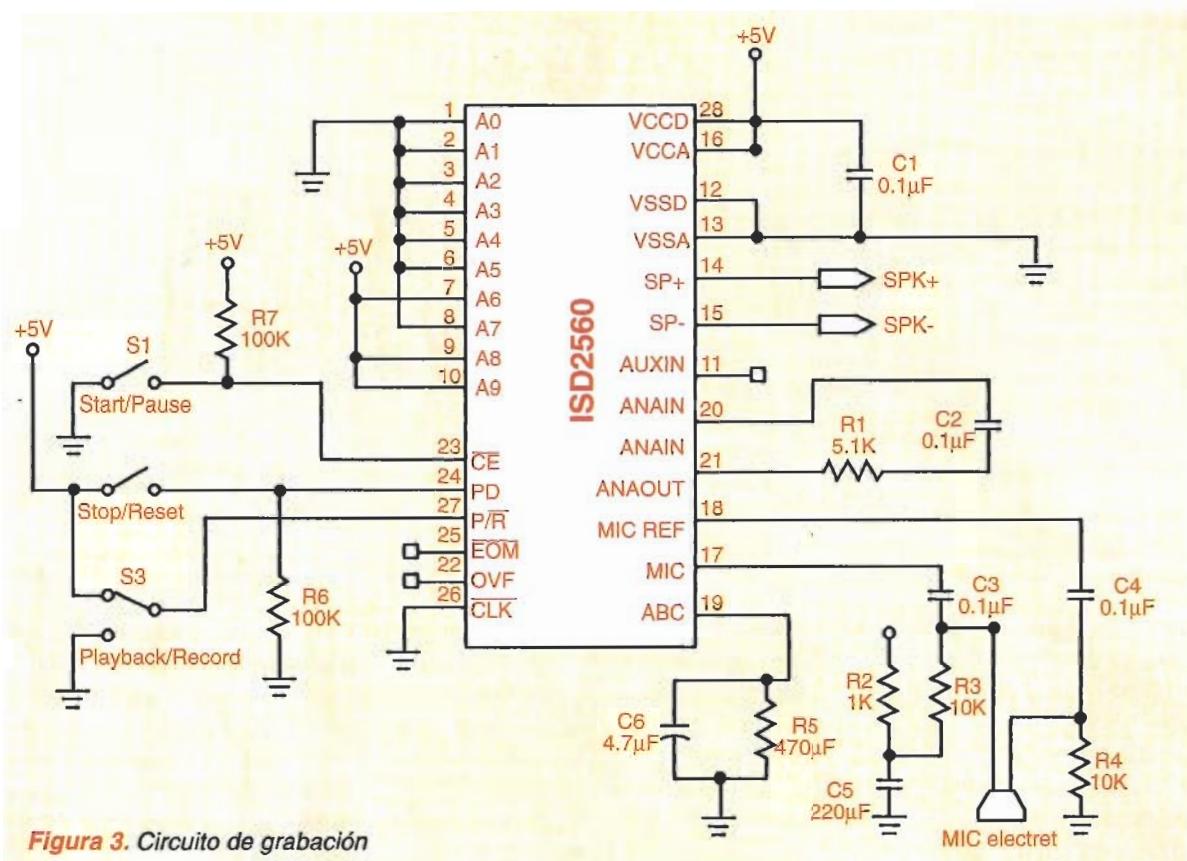


Figura 3. Circuito de grabación

Para obtener los 5 voltios requeridos para alimentar el PIC y el ISD se utiliza un regulador 7805.

Grabando los Mensajes. Para grabar los mensajes se debe construir un circuito, ya sea en un *protoboard* o en un circuito impreso universal, que permita almacenar en el circuito integrado ISD2560 el o los mensajes que se requieran. Se recomienda que el experimentador juegue o practique con el circuito hasta que sienta que lo puede manejar correctamente. El esquema del circuito de grabación se encuentra en la hoja de datos del chip ISD2560; aquí lo reproducimos en la figura 3.

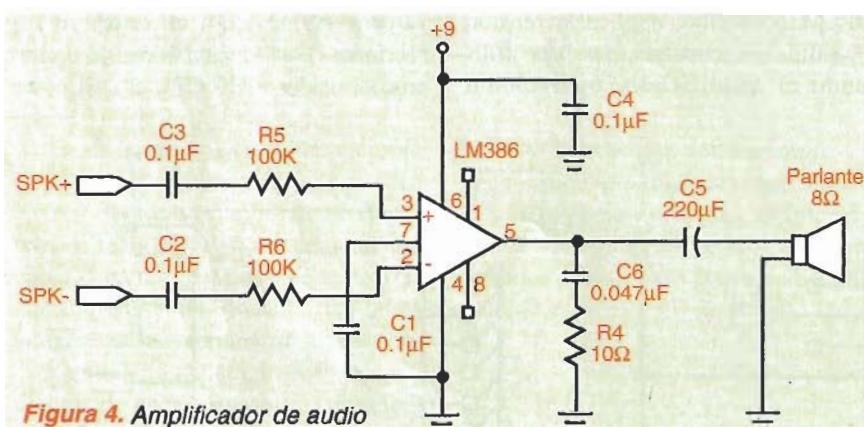


Figura 4. Amplificador de audio

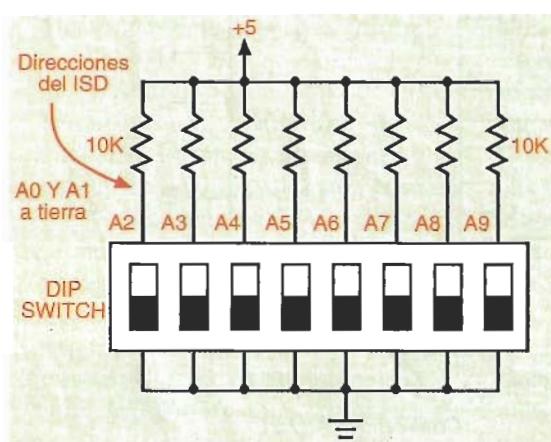


Figura 5. Buscador de direcciones

internamente un convertidor A/D de 4 canales que le permite (por su entrada AN0) leer la señal analógica entregada por el sensor. Una vez el dato ha sido convertido a su valor digital, el programa del PIC se encarga de localizar en una tabla la dirección de memoria correspondiente que debe ser utilizada para obtener el mensaje en el chip ISD. En la figura 2 se muestra el diagrama esquemático del circuito.

El sistema se puede alimentar con una batería de 9 voltios.

Para grabar cada mensaje se debe poner a tierra el pin P/R ($P/R=0$) y pulsar CE ($CE=0$). Luego de hablar por el micrófono normalmente se debe liberar el pin CE. Con este proceso se ha grabado el primer mensaje. Continúe luego con los demás, probablemente llegue al límite de los 60 segundos. En ese caso se presentará un nivel lógico alto (1) en el pin 22 del ISD (*“overflow”*). Entonces tendrá que resetear todo el sistema llevando el pin PD a

+5V por un instante. Cuando se termina de grabar todos los mensajes, se debe llevar nuevamente el pin PR a +5V. Para escuchar los mensajes, pulse el pin CE.

Salida de Audio. Para amplificar la señal de audio que entrega el ISD2560 se utiliza un amplificador integrado LM386, el cual se configura con entrada diferencial para obtener una buena respuesta. En la figura 4 se muestra el diagrama del circuito.

Buscador de direcciones de mensajes grabados. Cuando se ha terminado de grabar los mensajes comienza la parte más tediosa: buscar la dirección de los segmentos de memoria donde se localizan cada uno de ellos y anotarla en un papel para luego transcribirlas a la tabla del programa. Los pines A0 y A1 deben conectarse a tierra. Inicialmente, hay que empezar la búsqueda con todos los pines en 0. Con el pin PR conectado a tierra se pulsa el pin CE y se escuchará el primer mensaje. La dirección de este será 00000000. Haga pequeños cambios en los pines de menor peso en el circuito buscador de direcciones, figura 5, y pulse CE hasta encontrar el segundo mensaje. Continúe así hasta el final. Las direcciones que van desde 01101001 hasta 11111101 se consideran prohibidas en el ISD2560 (ver hoja de datos del dispositivo).

Una vez obtenida la tabla con las direcciones de los mensajes, se debe ir al programa del microcontrolador y ajustar la tabla de equivalencias, es decir, aquella donde a cada valor obtenido del convertidor analógico a digital se le asigna la dirección del mensaje de voz correspondiente. En la figura 6 se muestra el listado del programa; cada usuario puede modificarlo y adaptarlo a sus necesidades.

El ensamblaje y construcción del circuito se deja a la imaginación del lector, en nuestro caso se optó por utilizar un circuito impreso en el que se montan el PIC y el ISD por un lado, y por la cara de la soldadura se montaron el amplificador de audio y el acondicionador de señal del sensor en tecnología SMT (montaje superficial). ■

```

PROCESSOR 16C71
RADIX DEC
EQU 3
ORG 0CH
RES 1
ORG 00H
BSF STATUS,RP0 ;PROGRAMACION DE PUERTOS
MOVLW B'00011' ;RA0 Y RA1 COMO ENTRADAS
MOVWF TRISA ;RA4/RA3/RA2 COMO SALIDAS
BSF ADCON1,PCFG1 ;CONFIGURA RA0 Y RA1 COMO ANALOGICAS
BCF ADCON1,PCFG0 ;Y EL RESTO COMO DIGITALES
MOVLW 0000000B
MOVLW TRISB
MOVLW 0000011B ;ASIGNA EL PRESCALER A TMR0 Y CONFIGURA A 1:256
MOVWF OPTION_REG
BCF STATUS,RP0
BSF PORTA,CE
BSF PORTA,CE
CALL DELAY
BCF PORTA,CE
NOP
NOP
NOP
GOTO MAINLOOP
*****
; SE INSERTA UN RETARDO IGUAL A 16 SEGUNDOS
; UTILIZANDO EL REGISTRO TMR0
; EL RETARDO SE OBTIENE DE LA FRECUENCIA A LA SALIDA DEL PRESCALER IGUAL A:
; 4MHz / 4 / 256 = 3.906 Hz
; ... DIVIDIDO POR 250 POR EL TMR0 3.906 / 250 = 15.62 Hz
; ... Y POR 254 POR EL CONTADOR COUNT 15.62 / 125 = .061Hz, ES DECIR 16.39 SEGUNDOS
*****
DELAY MOVLW 1
MOVWF TMR0
MOVLW 254
MOVWF COUNT
DELAYLOOP
MIDE MOVLW B'01000000'
MOVWF ADCON0
BSF ADCON0,0
BSF ADCON0,GO
CONSU NOP
BTFS S ADCON0,ADIF
GOTO CONSU
BCF ADCON0,0
BCF ADCON0,ADIF
MOVF ADRES,W
CALL TABLA
MOVWF PORTB
BCF STATUS,Z
MOVF TMR0,W
BTFS S STATUS,Z
GOTO DELAYLOOP
MOVLW 1
MOVWF TMR0
DECFSZ COUNT,1
GOTO DELAYLOOP
RETURN ADDWF PCL
TABLA
RETLW 00H ;*** ATENCION:
RETLW 00H ;ESTA TABLA PUEDE VARIAR CON EL LARGO Y LA
RETLW 00H ;CANTIDAD DE MENSAJES
RETLW 00H ;SE DEBE DESCUBRIR LA DIRECCION DE CADA MENSAJE,
RETLW 03H ;UNO A LA VEZ, Y ANOTARLA. PARA ESO SE UTILIZA
RETLW 00H ;EL CIRCUITO "BUSCADOR MANUAL MEMORIA"
RETLW 00H ;06 ;DESDE 0V HASTA 120mV
RETLW 00H ;06 ;EL APARATO "DICE": "SEIS GRADOS"
RETLW 00H ;06 ;YA QUE NO ME INTERESABA SABER 19
RETLW 03H ;06 ;TEMPERATURAS POR DEBAJO DE 6°C
RETLW 00H ;06 ;
RETLW 00H ;06 ;
RETLW 00H ;06 ;
RETLW 03H ;07 ;DESDE AQUI "DIRÁ" LO QUE CORRESPONDA A
RETLW 00H ;08 ;CADA SALTO DE 20mV.
RETLW 07H ;08 ;EL PROGRAMA LEERÁ LA TABLA PARA ASIGNAR
RETLW 0AH ;09 ;EN EL PUERTO B LA DIRECCIÓN
RETLW 0EH ;10 ;CORRESPONDIENTE A LA TEMPERATURA LEÍDA.
RETLW 011H ;11 ;p.e., PARA 10°C O SEA 200mV
RETLW 015H ;12 ;SERÁ 0EH. 0EH ES LA DIRECCIÓN DONDE
RETLW 018H ;13 ;ENCONTRÉ MI VOZ GRABADA DICENDO:
RETLW 01CH ;14 ;"DIEZ GRADOS"!
RETLW 01FH ;15
RETLW 022H ;16
RETLW 026H ;17
RETLW 02AH ;18
RETLW 082H ;41 ;LOS VALORES CONTINUAN
RETLW 085H ;42
RETLW 089H ;43
RETLW 08DH ;44
RETLW 090H ;45
END

```

Figura 6. Programa del microcontrolador



Sistemas de navegación electrónica

LUIS ALFONSO RODRÍGUEZ V.

Profesor Universidad Tecnológica de Pereira

Durante siglos, los cuerpos celestes y las estrellas entre estos, han sido utilizados para derivar información que permite la navegación segura. Pero si las nubes, la lluvia o la niebla impiden la visualización de las estrellas o de los planetas en la noche, el método astronómico para la fijación de la posición sobre la tierra y la navegación resulta inútil. En tales casos, el navegante clásico debe confiar en el sistema de navegación inercial, el cual depende de su conocimiento del punto exacto de donde salió.

El primer uso conocido de la tecnología electrónica para superar los efectos de la baja visibilidad en la localización de posición, se dio entre los años de 1912 a 1915, cuando el señor Reginal Fessenden, en Boston, decidió hacer algo en relación al problema de los faros luminosos cuya utilidad se veía seriamente comprometida en las noches de niebla. Desde uno de estos faros, Fessenden transmitió ondas de radio generadas por chispas de alta tensión entre dos electrodos, al mismo tiempo que emitía señales acústicas submarinas para la medición de la distancia. Posteriormente, se adicionaron transmisiones de radio con señalización de tiempo para corregir los cronómetros de los barcos.

Los sistemas de navegación electrónica son utilizados hoy en día por todo tipo de avión, comercial o militar, barcos e incluso muchos vehículos terrestres para propósitos de localización. Debido a que la velocidad de propagación de las ondas de radio es casi una constante en el aire, es posible obtener

una precisión muy elevada en la medición de posición.

Categorías y terminología de sistemas de navegación

De acuerdo al *área de cubrimiento*, los sistemas de navegación se clasifican como de *largo alcance* por encima de los 300 Km, usualmente en aplicaciones transoceánicas, de mediano alcance entre 30 y 300 Km y de corto alcance para distancias por debajo de los 30 Km como es el caso de entrada de buques a puertos y aterrizaje de aviones en aeropuertos.

En lo que se relaciona con los aspectos de *seguridad* de estos sistemas, su filosofía de diseño se orienta a que cuando una ayuda de radionavegación falle, cesará de entregar información antes que entregar información errónea. Por tanto, los diseños siempre incorporan, en lo posible, mecanismos de falla segura. Si esto no se puede lograr, es obligatorio el uso de complicados sistemas de monitoreo y alarma. En ocasiones, tales sistemas de alarma pueden lle-

gar a costar más que el propio sistema de navegación que ellos monitorean.

Técnicas de navegación

Localización de dirección. La localización de dirección es no solamente la más antigua sino la más usual de las formas de ayuda de navegación. Por lo general, se fundamenta en que es posible establecer la dirección de ubicación de un radiotransmisor por comparación de los tiempos de llegada de su transmisión a dos puntos conocidos. En su forma más elemental, los dos puntos están constituidos por las porciones verticales de una antena de aro (lazo) conectada a un receptor. A medida que se rota el aro, las señales recibidas se cancelan entre sí cuando el plano del aro es perpendicular a la dirección en la que se encuentra la estación de radio, **figura 1**. Si las dimensiones de la antena son inferiores a media longitud de onda, se presentan dos puntos de cancelación separados 180°. Para dimensiones mayores se presentan más puntos de cancelación; las ambigüedades a que haya lugar se resuelven por el uso de una antena adicional, **figura 2**.

El punto débil de los sistemas de localización de dirección radica en su vulnerabilidad a errores debidos a la ubicación de las antenas. En particular, como se muestra en la **figura 3**, un obstáculo en cercanía del equipo de medición puede dar origen a una onda reflejada con un error de 90°. Cuando la onda directa y la reflejada presentan igualdad de fases, el error resultante es de 45°. Este es el tipo clásico de error asociado a la ubicación de la antena receptora, y su magnitud puede ser considerable en barcos y aviones debido a la presencia de estructuras de tamaño suficiente para causar dichas reflexiones, tales como mástiles, estabilizadores verticales en aviones, alas, etc. La defensa principal contra este tipo de errores consiste en el uso de antenas de localización de gran apertura, o en el uso de una multiplicidad de antenas combinadas adecuadamente, de tal manera que se favorezca la trayectoria directa y se discrimine la onda reflejada.

Medición de distancia por el método de doble vía. Para la medición automática de la distancia a un punto predeterminado, se acostumbra utilizar un *transponder* ubicado en este punto, como se indica en la

figura 4. Este dispositivo recibe un pulso de interrogación y emite en respuesta un pulso mucho más fuerte, por lo general en otra frecuencia. La distancia en metros entre el interrogador y el *transponder* se calcula multiplicando el tiempo total transcurrido desde la emisión del pulso de interrogación hasta la recepción del pulso de respuesta por la velocidad de la luz a la que viaja la onda de radio y dividiendo por dos. Aunque el método de pulsos descrito es el más usual, también es posible el uso de ondas continuas para la medición, en donde la información de distancia se extrae del desfase entre la onda emitida y la recibida. Las ambigüedades a que haya lugar se resuelven por el uso de subportadoras o incluso subsubportadoras.

Medición de distancia por el método de una sola vía. Si tanto el vehículo como el punto al cual se desea establecer la distancia se proveen de relojes muy estables y sincronizados entre sí, la distancia puede establecerse por la transmisión en un solo sentido cuyo tiempo de propagación puede medirse con referencia a los dos relojes en sincronización, **figura 5**. La distancia se calcula por simple multiplicación del tiempo transcurrido por la velocidad de la luz, 300000 Km/s. Si el tiempo se mide en microsegundos, solo basta multiplicar por 300 para obtener la distancia en metros. Este método es de amplio uso en sistemas de navegación tipo VLF (Very Low Frequency) y en el sistema de posicionamiento global GPS.

Medición de distancia por el método diferencial. Para evitar el uso de transmisores en el vehículo, es posible colocar dos transmisores en tierra. Uno, el denominado *esclavo*, se limita a retransmitir el pulso emitido por el *maestro*, **figura 6**.

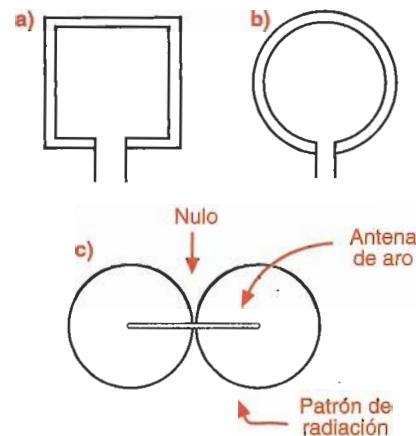


Figura 1. (a) Antena de aro cuadrada; (b) De aro circular; (c) Patrón de radiación en el plano

Figura 6. El receptor en el vehículo mide la diferencia de tiempo en la llegada de las dos señales. Para cada diferencia de tiempo surge una línea hiperbólica de posición, y por tanto, tales sistemas son conocidos con el nombre de *sistemas hiperbólicos*. Este es el principio de funcionamiento del sistema conocido como *Loran* (*Long Range/Largo Alcance*) en sus diferentes versiones, A, C y D. Observe que cuando los tiempos de llegada de las dos transmisiones al vehículo son iguales, su posición debe ser equidistante de las dos estaciones, y en consecuencia debe hallarse sobre un punto de la línea recta que corresponde a $T = 0$. Ahora, como por definición, una hipérbola es el lugar de todos los puntos cuya diferencia de distancias desde dos puntos fijos es una constante positiva, si los tiempos de llegada de los pulsos son diferentes, entonces la posición del vehículo se localizará sobre una línea hiperbólica de acuerdo a la diferencia de tiempos de propagación.

Para fijar la posición definitiva de un barco en el mar, usando el sistema

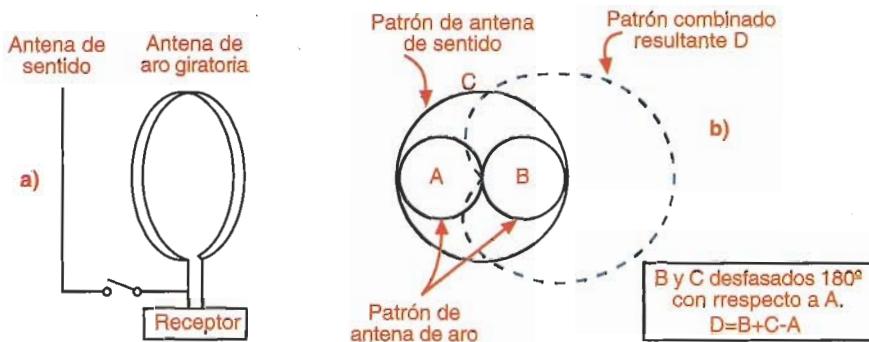


Figura 2. Adición de una antena de sentido para resolver problemas de ambigüedad. (a) Antenas; (b) Patrones

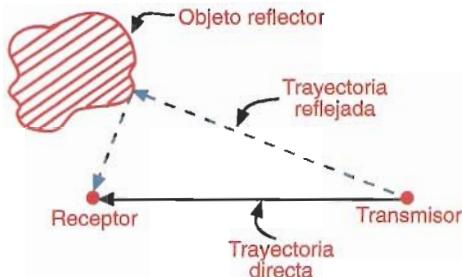


Figura 3. Error de ubicación debido a onda reflejada

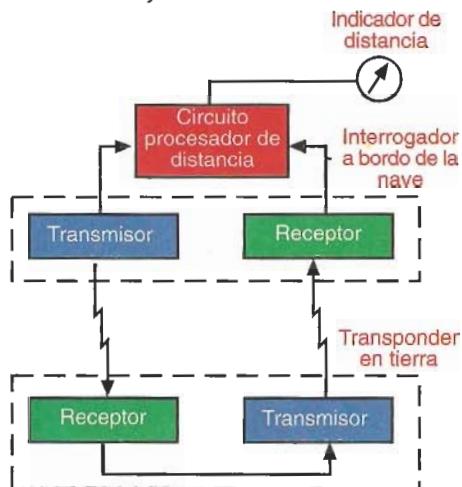


Figura 4. Principio de la medición de distancia por el método de dos vías

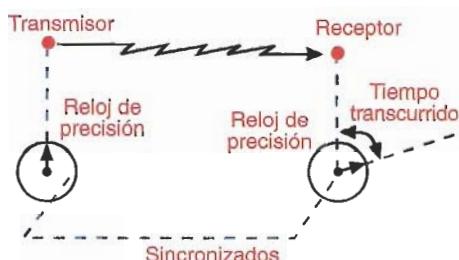


Figura 5. Principio de la medición de distancia por el método de una sola vía

Loran-A, el navegante debe establecer la intersección de dos líneas de posición. Tal intersección puede determinarse a partir de tres estaciones sincronizadas en tierra como se muestra en la **figura 7**, o a partir de dos pares de estaciones sincronizadas. Durante los años cincuenta, las líneas hiperbólicas de posición de pares de estaciones en tierra se identificaron en las cartas de navegación náuticas mediante el uso de diferentes colores como se muestra en la figura 7.

El sistema original de Loran, la versión A, desarrollado durante la segunda guerra mundial, ha sido mantenido por los servicios de Guardia Costa como ayuda

para la navegación marítima y aérea. Su modo de operación es pulsado con una frecuencia de portadora de 2 MHz. Este sistema ha sido en gran parte sustituido por el Loran-C, similar en muchos aspectos, pero cuya frecuencia de operación es de 100 kHz. A diferencia de su versión anterior, el C utiliza la medición de ciclos de radiofrecuencia individuales dentro de los pulsos, lo que le confiere una mejor resolución y exactitud. Todas las estaciones transmiten en la misma frecuencia y utilizan como característica distintiva la cadencia de pulsos transmitidos. La separación entre estaciones es de 1000 Km, sus antenas miden 450 metros y se erigen verticalmente para emitir pulsos de 5 MW. El tiempo de subida de los pulsos es de 50 μ s y el de bajada de 100 μ s. Los flancos de subida y de bajada lentos son necesarios para mantener el espectro radiado dentro de los límites asignados de ancho de banda de 100 kHz. El rango útil de Loran-C es de 1600 kilómetros y su precisión es de unos 0.15 Km. Su área de cubrimiento se extiende a todas las costas de los Estados Unidos y a ciertas regiones del Pacífico Norte, Atlántico Norte y el Mediterráneo.

Frecuencias utilizadas en la navegación electrónica

Prácticamente todas las radiofrecuencias del espectro han sido utilizadas en los sistemas de navegación. En las partes bajas del espectro, debido a que el ancho de banda es un porcentaje de la frecuencia portadora, los sistemas están limitados por la baja velocidad de transmisión de datos. Además, las longitudes de onda tan grandes obligan al uso de sistemas de antenas de gran tamaño. Por encima de los 10 GHz, el límite lo constituye la cantidad de lluvia que pueda ser penetrada. Con muy pocas excepciones, las diferentes frecuencias y tecnologías se escogen para evitar depender de la reflexión ionosférica. Este mecanismo, tan útil en comunicaciones de largo alcance, sólo se usa en sistemas de navegación cuando sus efectos son bien entendidos y predecibles.

Sistemas de navegación por radar

Sistemas basados en tierra. Los sistemas de navegación por radar operados desde tierra se ubican en la vecindad de los aeropuertos y de las entradas a puertos marítimos. En aeropuertos, son utilizados para

el control de tráfico aéreo, y no para la navegación como tal. No obstante, las aeronaves en cercanía a la pista de aterrizaje son vectorizadas para el aterrizaje a partir de comandos emitidos por el controlador de tráfico, lo que efectivamente equivale a navegar a la aeronave. En los puertos, se utiliza con frecuencia televisar a los barcos las imágenes de radar, lo que les permite verse a sí mismos en relación con otros barcos en la vecindad sin necesidad de disponer de equipo de radar a bordo. Esta alternativa ha sido propuesta en ocasiones para ser utilizada en aviones, pero no ha tenido acogida debido a los problemas de interpretación que conlleva.

Sistemas basados en el barco. El radar es una herramienta invaluable que permite levantar mapas de la línea costera y la detección de otros barcos. En este sentido, se constituye en una importante ayuda para la navegación. También son utilizadas bolas equipadas con reflectores de radar, las cuales generan respuestas codificadas al ser interrogadas por el radar de un barco.

Sistemas a bordo de aeronaves.

El uso de radares a bordo de aeronaves se circunscribe a tres aplicaciones como son: 1. *Radares climáticos*, de uso obligatorio, instalados en la nariz de la nave para detectar la presencia de tormentas. 2. *Radares altimétricos* para medir la distancia de la nave a tierra, especialmente en los aterrizajes, los cuales operan a 4.2 GHz con señales de frecuencia modulada o continuas a menos de 1 W de potencia, o en modo pulsado con potencias pico de 100 W. 3. *Radares Doppler* para medir la velocidad de la nave relativa al terreno. La integración de la velocidad con respecto al tiempo proporciona un estimativo de la distancia recorrida.

Sistemas VOR

Utiliza frecuencias de línea-de-visión y por tanto no está expuesto a problemas de tipo atmosférico y distorsiones de la onda celeste. Además, la tarea de generar patrones de radiación direccional corre por cuenta del equipo en tierra, simplificando así el equipo a bordo de la nave. Los límites de línea visual lo restringen a áreas de servicio inferiores a 300 Km para naves que vuelan a gran altura, mientras que algunas estaciones se reducen a un área de menos de 40

Km. Existen unas 2000 estaciones de estas en el hemisferio Occidental.

VOR convencional. Opera en 40 canales con separaciones de 100 kHz en la banda de 108 a 112 MHz, y en 120 canales separados 50 kHz entre 112 y 118 MHz. La potencia emitida se ubica entre 25 y 200 W, dependiendo del diseño de la antena y del cubrimiento deseado. El patrón de radiación de la antena terrestre forma una cardioide (curva en forma de corazón) en el plano horizontal, el cual es rotado a una velocidad de 30 veces por segundo. La transmisión de onda continua es modulada en amplitud por un tono de 9960 Hz, el cual a su vez es modulado en frecuencia ± 480 Hz a una tasa de 30 Hz. Este último «tono de referencia» de 30Hz es extraído en el receptor a bordo de la nave y comparado con la modulación de 30Hz suministrada por la antena giratoria. El ángulo de fase entre estos dos tonos de 30Hz es la orientación en grados de la nave con respecto al Norte. **Figura 8.** La exactitud del sistema es de $\pm 1^\circ$.

VOR Doppler. Esta modalidad de VOR reduce los errores de ubicación por un factor de 10 mediante el uso de un arreglo de antenas de gran diámetro en las estaciones de tierra. Tal arreglo se constituye en un círculo de antenas de 15 metros de diámetro. Debido al costo elevado del VOR Doppler, su uso se limita a aquellos sitios que no pueden ser atendidos adecuadamente por el VOR convencional, el cual requiere de sitios claros despejados de por lo menos 500 metros de radio, pudiendo, aún así, ser fácilmente perturbado por edificios a más de 2 Km de distancia.

Sistemas de aterrizaje por instrumentos (ILS)

El equipo de tierra necesario para aterrizajes por instrumentos está compuesto por tres elementos así: el *localizador*, que provee indicación de dirección izquierda-derecha; el *indicador de pendiente de descenso* que suministra indicación de alto-bajo y los *faros de marcación o balizas* que definen el progreso sobre el corredor de aproximación final. El uso de frecuencias línea-devisión exime a los sistemas ILS de los efectos atmosféricos y de onda celeste, pero no de los problemas de ubicación.

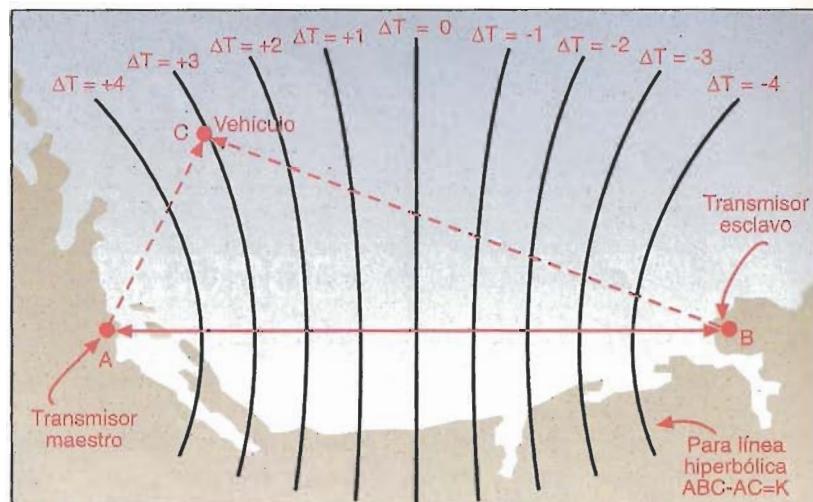


Figura 6. En el sistema Loran-A las estaciones A y B transmiten simultáneamente. El navegante anota la diferencia de tiempos DT que lo ubica sobre una línea de posición.

El localizador opera en 40 canales con espaciamiento de 50 kHz en la banda de 108 a 112 MHz, radiando dos patrones que generan un corredor de señales iguales sobre el centro de la pista, **figura 9a**. El transmisor se localiza en el extremo lejano de la misma. El patrón izquierdo es modulado en amplitud a 90 Hz, y el derecho a 150 Hz. A bordo de la nave, el receptor detecta estos tonos y los rectifica para producir indicación vi-

sual izquierda-derecha mediante un medidor de aguja DC con cero en el centro. La precisión lograda es superior a $\pm 0.1^\circ$.

El transmisor de pendiente de descenso se localiza en la cabecera de la pista, radiando en la banda de 329 a 335 MHz a una potencia de 7 W. Las antenas emiten dos patrones de radiación que producen un corredor de igual intensidad de señal a unos 3° por encima de la horizon-

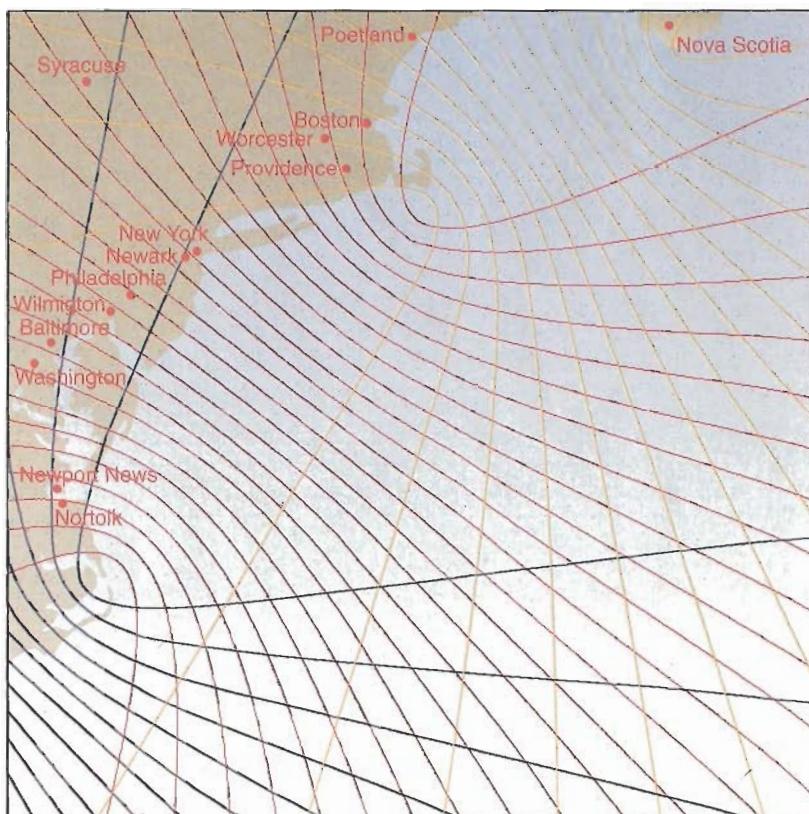


Figura 7. Para fijar la posición definitiva se requiere la intersección de dos líneas de posición a partir de 3 estaciones sincronizadas.

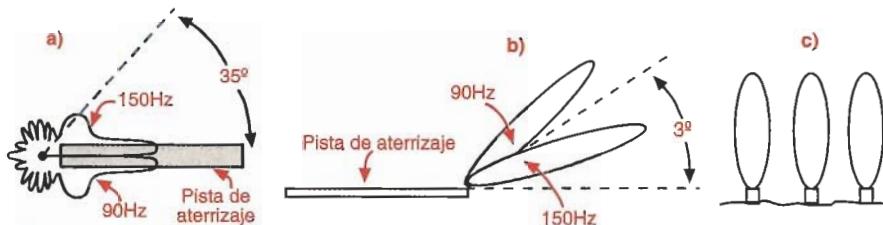


Figura 8. Sistema de aterrizaje por instrumentos (ILS) (a) Patrón de radiación del localizador; (b) Patrón de radiación de la pendiente de descenso; (c) Patrones de los radiofaros.

tal, figura 9b. El patrón inferior se modula a 150 Hz y el superior a 90 Hz. El receptor de a bordo filtra estos tonos, los rectifica y presenta la diferencia de voltajes sobre un indicador de aguja DC horizontal con cero en el centro, montado sobre la misma carátula del medidor del localizador. A este conjunto se le denomina un *indicador de punteros cruzados*. Cuando una de las agujas se alinea verticalmente y la otra horizontalmente, la aeronave se encuentra exactamente en curso.

Los radiofaros de marcación operan a una frecuencia fija de 75 MHz, radiando 2 W directamente hacia arriba con un patrón en forma de abanico, figura 9c. Tales marcadores son conocidos como «el exterior», a unos 8 Km del punto de aterrizaje y el «de la mitad», a 1 Km del punto de aterrizaje. En algunas partes se utiliza un marcador «interior», justo antes del aterrizaje. Cada uno de ellos es modulado por un tono de frecuencia diferente, lo que los hace fácilmente reconocibles a medida que la nave los sobrevuela. De otra parte, es frecuente el uso de luces de colores diferentes dentro de la cabina las cuales se encienden a medida que se vuela directamente sobre cada uno de ellos.

El sistema de posicionamiento global GPS

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS/Global Positioning System) es un sistema de radionavegación de cubrimien-

to mundial conformado por una constelación de 24 satélites y sus correspondientes estaciones terrestres. El sistema se fundamenta en la utilización de «estrellas hechas por el hombre» como puntos de referencia para calcular posiciones en tierra, mar o aire con una exactitud de metros. Más aún, con las nuevas versiones de receptores GPS, es posible realizar mediciones de posición con errores del orden de un centímetro! Los receptores necesarios para acceder al sistema han sido reducidos de tamaño, peso y costo hasta el punto que esta tecnología está a disposición de prácticamente todo el mundo.

El futuro

Se calcula que para el año 2015 en los Estados Unidos, de no producirse cambios significativos en la tecnología de navegación y control aéreo, puede presentarse un accidente de aviación catastrófico cada 8 días. Debido a que un accidente semanal es mucho más de lo que los usuarios estarían dispuestos a tolerar, se ha puesto en marcha un programa muy ambicioso que busca introducir las nuevas tecnologías, especialmente los sistemas GPS, a la dotación de ayudas a la navegación en el futuro cercano.

Muchos de los equipos en uso hoy en día en las torres de control aéreo han llegado a su grado máximo de obsolescencia, excediendo sobradamente los límites de vida útil para los cuales fueron

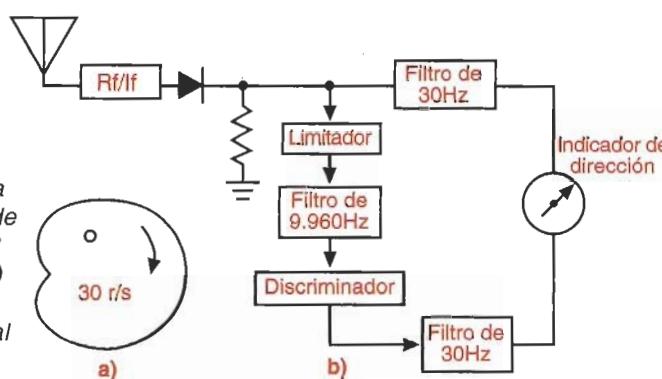
diseñados. El costo de reemplazar estos equipos con tecnología convencional es enorme, por lo que la navegación derivada de sistemas GPS está recibiendo mayor atención cada día. Para vuelos transoceánicos, en los que prácticamente no existen radio ayudas, el GPS se ha venido experimentando con buen éxito. Para poder ser utilizado en el control de tráfico aéreo, la precisión de la señal GPS para uso de civiles se verá aumentada a través del denominado *Sistema de Supplementación de Área Amplia* (WAAS / Wide Area Augmentation System).

Este sistema se compone de una red de 24 estaciones de referencia en tierra, además de estaciones maestras de procesamiento, enlaces de comunicaciones a los satélites y programación extensa para corregir los relojes, las posiciones de los satélites, el retraso ionosférico y otros errores en las mediciones de seudorango del GPS. Esto ha permitido obtener precisiones de 3 metros en la ubicación de las naves el 95% de las veces. Aún así, es necesario elevar considerablemente los niveles de confiabilidad del sistema antes de que pueda ser aceptado como sustituto de radioayudas convencionales; algunos sistemas de navegación en el sector de la aviación manejan cifras de confiabilidad de 99.99999%, o de tiempos fuera de servicio de 3 segundos al año.

Conclusiones

Se ha hecho un recuento de los sistemas de radionavegación de mayor uso en la actualidad, así como de sus principios de funcionamiento. La variedad de técnicas es enorme y la precisión obtenida es muy buena. Estos sistemas, algunos de cierta antigüedad, han sobrevivido con ligeras modificaciones, pero por supuesto, derivando beneficios de los avances en tecnología. Con la madurez de los sistemas tipo GPS, se esperan cambios fundamentales en el campo de las ayudas para la navegación. ■

Figura 9. Sistema VOR (a) Patrón de radiación de VOR convencional; (b) El receptor para VOR convencional y Doppler.



- [1] Donald G. Fink et al, «*Electronics Engineers Handbook*», McGraw Hill Book Co., 1996
- [2] Tekla S. Perry, "In Search of the Future of Air Traffic Control", IEEE Spectrum, August 1997
- [3] Paul H. Young, "Electronic Communication Techniques", Prentice Hall, 1994
- [4] Bradford W. Parkinson, "Global Positioning System: Theory and Practice", AIAA 1996

Los sensores y transductores de presión son ampliamente utilizados en sistemas hidráulicos y neumáticos, ingeniería química, redes de suministro de gas y agua, centrales hidroeléctricas, automóviles, bombas, compresores, y diversos sectores del mundo industrial donde se manipulan fluidos. Este artículo examina a grandes rasgos los principios físicos básicos de la presión aplicada a fluidos, las características generales de las principales tecnologías de sensores de presión actualmente disponibles y los criterios que deben tenerse en cuenta para su selección.

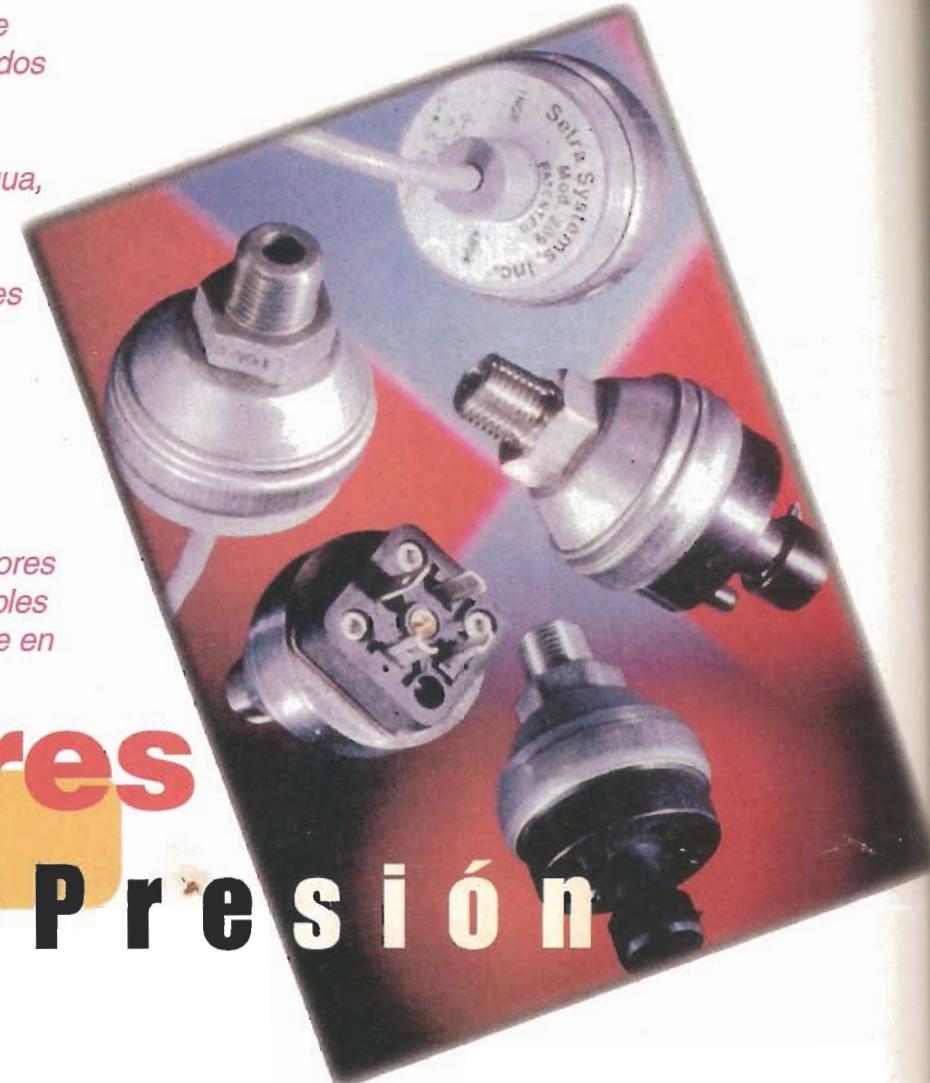
Sensores de Presión

JORGE E. HERNÁNDEZ M.

edher@telesat.com.co

Los **sensores de presión**, como su nombre lo indica, miden **presión** o fuerza por unidad de área, uno de los tres parámetros fundamentales de cualquier fluido, junto con el flujo y el nivel. El conocimiento de la presión es vital en todo tipo de procesos que involucran la manipulación de fluidos (agua, aire, sangre, aceites, combustibles, químicos, etc.). Con un sensor de presión usted puede no solamente medir la presión estática en cualquier punto de un líquido confinado, y calcular el nivel o altura y la densidad del mismo, sino también determinar indirectamente la velocidad de flujo de fluidos en movimiento y detectar fugas de líquidos, condiciones de vacío, cambios de presión, etc.

En este artículo examinaremos las principales tecnologías de sensores de presión actualmente disponibles, sus características operativas y los criterios



que deben tenerse en cuenta cuando se selecciona un sensor de presión para una aplicación específica. Sin embargo, antes de entrar en materia, es conveniente repasar algunos conceptos básicos relacionados con la física de los fluidos, los tipos de mediciones de presión y las principales unidades utilizadas para expresar el valor de este parámetro.

Física básica de la presión

La **presión**, que designaremos como **P**, se define como la fuerza por unidad de área (F/A) que actúa perpendicularmente a la superficie de un fluido. En el caso de un fluido en reposo, confinado en un recipiente como se muestra en la **figura 1**, la presión en cualquier punto interno del mismo (**P**) depende del peso por unidad de volumen del líquido (mg/V), la distancia del punto a la superficie (**h**) y la presión externa aplicada a esta última (**P₀**).

Para este caso particular, se puede demostrar fácilmente que:

$$P = P_0 + mgh/V = P_0 + \bar{\rho}gh$$

siendo **m** la masa, **V** el volumen y $\bar{\rho}$ (m/V) la densidad del líquido, **g** la aceleración de la gravedad (9.8 m/s^2) y **P₀** la presión en la superficie (en este caso la presión atmosférica). Puesto que **P₀**, $\bar{\rho}$ y **g** son constantes, se deduce que, en un fluido confinado, independientemente de su cantidad, todos los puntos a la misma profundidad están sometidos a la misma presión. Esta observación es muy útil, por ejemplo, para determinar la altura o nivel alcanzado por una columna de líquido a partir de medidas de presión. También sirve para explicar el "Principio de Arquímedes" y la "Ley de Pascal", dos de los resultados más famosos y útiles de la mecánica de los fluidos.

El Principio de Arquímedes, ilustrado en la **figura 2**, establece que un cuerpo sumergido total o parcialmente en un fluido experimenta un empuje o fuerza hacia arriba igual al peso del volumen de fluido desalojado. En este caso, la presión hacia abajo (P_D) ejercida sobre la cara superior del bloque es $P_D = P_0 + \rho g h$ y la presión hacia arriba (P_U) ejercida sobre la superficie inferior es $P_U = P_0 + \rho g(h+L)$. Por tanto, la presión neta ejercida sobre el cuerpo sumergido (ΔP) es:

$$\Delta P = P_U - P_D = \rho g L = W/A$$

siendo A el área del bloque, L su longitud y $W = \rho g AL$ el peso del volumen de fluido (AL) desalojado. Nuevamente, ρ y g son, en su orden, la densidad del fluido y la aceleración de la gravedad.

La Ley de Pascal, por su parte, establece que toda presión aplicada a un fluido confinado se transmite sin reducción a todos los puntos del mismo y a las paredes del depósito que lo contiene. En otras palabras, si la presión en un punto se incrementa o disminuye en una cantidad ΔP , en todos los demás puntos la presión varía en la misma cantidad. Este resultado, ilustrado en la **figura 3**, es muy utilizado en sistemas hidráulicos y es el equivalente fluídico del principio

de la palanca. En este caso, una pequeña fuerza (F_1) ejercida sobre el pistón de menor área (A_1) se convierte en una gran fuerza (F_2) que actúa sobre el pistón de mayor área (A_2). La razón es simple: en ambos casos, el cambio de presión es el mismo ($\Delta P = F_1/A_1 = F_2/A_2$).

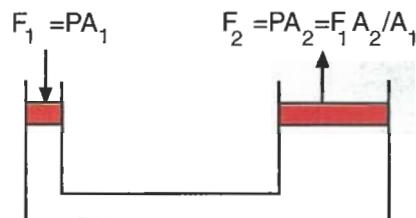


Figura 3. La Ley de Pascal

Otros resultados fundamentales de la mecánica de los fluidos, aplicables a fluidos en movimiento e ilustrados en la **figura 4**, son la Ecuación de Continuidad y el Teorema de Bernoulli. La **Ecuación de Continuidad** establece que, en cualquier punto de un fluido, la **rapidez de flujo**, es decir el producto de la velocidad por el área transversal (Av), no cambia. Esto es:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

siendo v_k la velocidad del fluido a través de la sección de área transversal A_k del mismo ($k=1,2$, etc.). Por esta razón, en un conducto de sección transversal no uniforme que lleva un fluido, la velocidad de este último en las partes angostas es mayor que en las partes anchas. El **Teorema de Bernoulli**, por su parte, establece que, en cualquier punto de un fluido en movimiento, la **presión total** (PT), es decir la suma de las presiones **estática** (PS) y **dinámica** (PD) asociadas con el mismo, no cambia. En nuestro caso:

$$PS_1 + PD_1 = PS_2 + PD_2 \\ P_1 + \rho gy_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho gy_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

siendo $PS_k = (P_k + \rho gy_k)$ y $PD_k = \frac{1}{2} \rho v_k^2$ las presiones estática y dinámica en el punto k , ubicado a una altura y_k con respecto a un nivel de referencia y donde el fluido lleva una velocidad v_k ($k=1, 2$, etc.). De nuevo, ρ y g son, en su orden, la densidad del fluido y la aceleración de la gravedad. La presión estática es simplemente la presión que existe en un punto de un fluido en virtud de su posición, incluso aunque no haya movimiento, y la dinámica la debida a la energía cinética del mismo, es decir a la velocidad que lleva. La primera se ejerce perpendicularmente a la dirección del flujo y la segunda, llamada también **presión de impacto**, paralelamente a la misma.

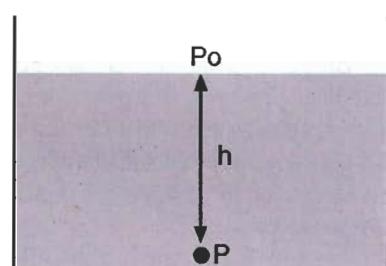


Figura 1. Concepto de presión

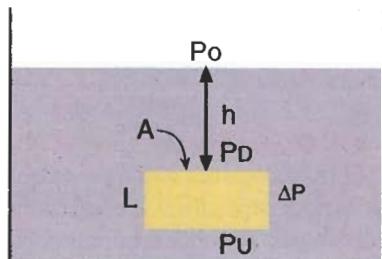


Figura 2. El Principio de Arquímedes

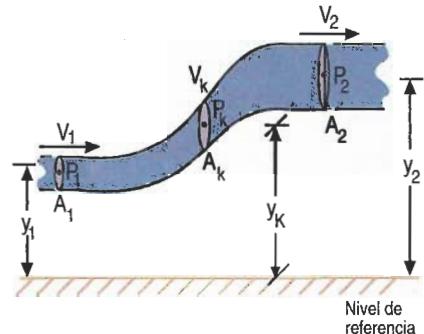


Figura 4. Ilustración de la Ecuación de Continuidad y el Teorema de Bernoulli

El Teorema de Bernoulli es muy útil para determinar velocidades de flujo a partir de mediciones de presión y constituye la base de instrumentos de medición clásicos como el medidor de Venturi y el tubo de Pitot, así como de muchos medidores de flujo electrónicos modernos. En particular, si se conocen las presiones estática (PS) y total (PT) en un punto determinado de un fluido, así como su densidad (ρ), la velocidad de flujo del mismo (v) se puede evaluar fácilmente a partir de la siguiente fórmula:

$$V = \sqrt{\frac{2(Pt - Ps)}{\rho}}$$

Tipos de mediciones de presión

La presión en un punto cualquiera de un fluido se mide normalmente con respecto a una presión de referencia. Dependiendo de la referencia considerada, se habla de presión absoluta, presión diferencial y presión manométrica (*gage or gauge*). En la **figura 5** se compara el significado de estos términos. Las mediciones de **presión absoluta** (**psia**) toman como referencia el vacío (al cual se le asigna una presión de 0), las de **presión diferencial** (**psid**) la presión en un punto arbitrario y las de **presión manométrica** (**psig**) la presión at-

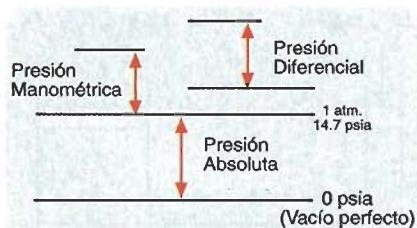


Figura 5. Tipos de medición de presión



Figura 6. Bloques funcionales de un sensor de presión típico

mosférica ambiente. Por esta razón, todos los sensores de presión disponen de dos puertos, uno para la presión a medir y el otro para la presión de referencia. En un sensor absoluto, por ejemplo, el puerto de referencia está conectado a una cámara de vacío, mientras que en uno manométrico está abierto al medio ambiente.

Unidades de medida

En el sistema internacional (SI), la unidad de medida de la presión es el **pascal** (Pa), equivalente a 1 N/m^2 (newton por metro cuadrado), mientras que en el sistema británico es la libra por pulgada cuadrada o **psi** (*pound per square inch*), equivalente a $6.8948 \times 10^3 \text{ Pa}$. Sin embargo, en la práctica, por razones históricas y de conveniencia, se utilizan también otras unidades, dependiendo de la aplicación particular, como el milímetro de mercurio (mm Hg) o torr, la pulgada de agua ($\text{in H}_2\text{O}$), el bar, la atmósfera (atm), etc. La **Tabla 1** relaciona algunos factores de conversión útiles cuando se trabaja con estas y otras unidades.

Para convertir	a	Multiplicar por
psi	Pa	6.8948×10^3
psi	in Hg	2.0359
psi	mm Hg	51.715
psi	$\mu\text{m Hg}$	51.715×10^3
psi	$\text{in H}_2\text{O}$	27.680
psi	$\text{cm H}_2\text{O}$	70.3072
psi	atm	0.068046
psi	bar	6.8948×10^{-2}
psi	N/m^2	6.8948×10^3
psi	din/cm^2	6.8948×10^4
psi	kg/m^2	703.06
psi	lb/in^2	144.0

Tabla 1. Factores de conversión de unidades de presión

valente, por ejemplo un voltaje, una corriente o un tren de pulsos, utilizando galgas extensiométricas, transformadores diferenciales (LVDTs), potenciómetros y otros tipos de transductores de movimiento. Finalmente, dependiendo del tipo de sensor y la aplicación, esta señal se acondiciona para obtener la respuesta de salida deseada, por ejemplo un voltaje DC entre 0.25V y 4.5V, directamente proporcional a la presión (diferencial, absoluta o manómetrica) aplicada y dentro de un rango específico, digamos desde 0 hasta 100 psid. En la **figura 6** se indican las etapas involucradas en el proceso.

Cómo se sensa la presión

Los sensores de presión detectan presión convirtiéndola inicialmente en movimiento mediante elementos mecánicos elásticos especialmente diseñados y construidos para producir una deflexión proporcional a la presión aplicada. A continuación, esta deflexión es convertida en una señal eléctrica equi-

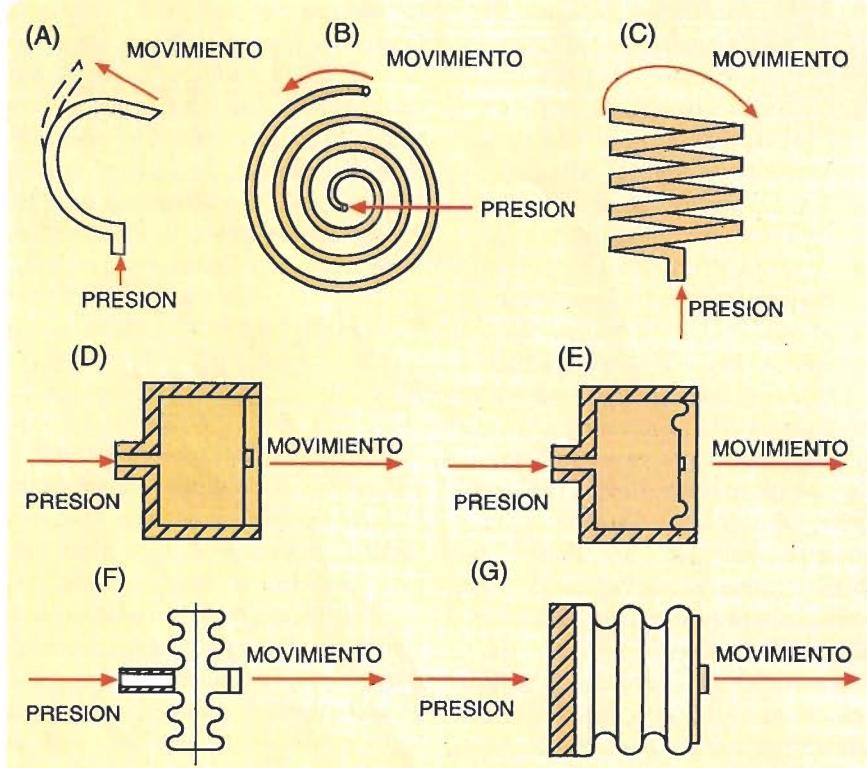


Figura 7. Configuraciones típicas de transductores de presión a movimiento utilizados en sensores de presión. (a) Tubo de Bourdon en forma de C. (b) Tubo de Bourdon helicoidal. (c) Tubo de Bourdon espiral. (d) Diafragma plano. (e) Diafragma convolucionado. (f) Cápsula. (g) Fuelle.

En la **figura 7** se muestran algunos elementos mecánicos comúnmente utilizados en los sensores de presión para convertir presión en movimiento. Estos incluyen principalmente tubos de Bourdon, cápsulas, fuelles y diafragmas (metálicos o de material semiconductor). Los Bourdon, en particular, son tubos metálicos curvados, abiertos en un extremo y sellados en el otro, con una sección transversal ovalada. El fluido cuya presión se desea medir ingresa por el extremo abierto, anclado mecánicamente. Como resultado, aparece una fuerza en el extremo sellado que causa la deflexión del tubo. Este movimiento puede ser transmitido mecánicamente al núcleo de un LVDT, o al cursor de un potenciómetro, para convertirlo en una señal eléctrica equivalente.

Tipos de sensores de presión

Los sensores de presión pueden ser de varios tipos dependiendo de la tecnología utilizada para convertir la información del transductor de presión a movimiento en una señal eléctrica. Desde este punto de



Figura 8. Sensor potenciométrico con un rango de 0 a 5000 psid para aplicaciones hidráulicas. Dimensiones: 2.25" de largo por 0.75" de diámetro (BEI Sensors & Systems).

vista, las tecnologías más difundidas en la actualidad son los potenciométricos, los inductivos, los capacitivos, los piezoelectrómecánicos, los de galgas extensiométricas, los piezoresistivos y los micromecánicos.

Los sensores de presión potenciométricos, como el mostrado en la figura 8, utilizan un tubo de Bourdon, una cápsula o un fuelle para impulsar un cursor sobre un elemento resistivo. Son relativamente económicos y se utilizan en aplicaciones de bajo performance, por ejemplo medidores de presión de aceite de vehículos.

Los sensores de presión inductivos utilizan el movimiento del transductor para accionar el núcleo de una bobina o un transformador y variar así la inductancia o el acoplamiento inductivo entre el primario y el secundario. En la figura 9 se muestra como ejemplo la estructura interna de un sensor de presión inductivo que utiliza un LVDT accionado por una cápsula.

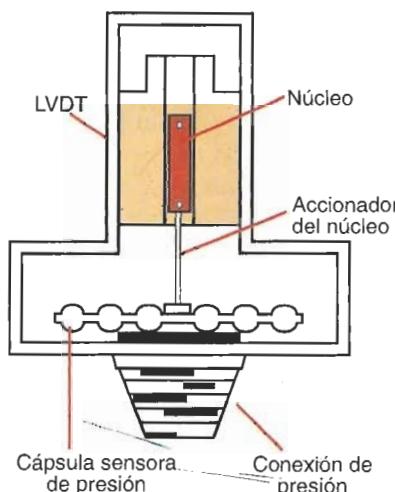


Figura 9. Estructura interna de un sensor de presión inductivo con LVDT

Los sensores de presión capacitivos utilizan un transductor tipo diafragma como una de las placas de un condensador. Al aplicar presión, el diafragma se deflecta y varía la capacitancia. Este cambio, que puede llegar a ser superior a 100 pF, se aprovecha para controlar la frecuencia de un oscilador o el acoplamiento de una señal AC a través de una red. En la figura 10 se muestra la estructura típica de un sensor de presión capacitivo.

Los sensores de presión piezoelectrómecánicos, como los mostrados en la figura 11, utilizan una lámina metalizada de cuarzo o material cerámico para convertir la fuerza transmitida por un diafragma en una señal eléctrica periódica, generalmente una onda seno o un tren de pulsos. Se emplean principalmente para medir presiones variables y se caracterizan por su excelente estabilidad térmica.

Los sensores de presión de galga extensiométrica, como el mostrado en la figura 12, utilizan un diafragma que se deflecta proporcionalmente a la presión aplicada y una o más galgas adheridas a él que varían su resistencia de acuerdo a la magnitud de la fuerza resultante. Aunque tanto el diafragma como las galgas pueden ser de material metálico o semiconductor, actualmente la mayoría de sensores de este tipo utilizan galgas semiconductoras adheridas o integradas a la superficie de un diafragma de silicio. Las galgas obtenidas de esta forma, que son mucho más sensibles que las metálicas, se denominan **piezoresistores** y constituyen el núcleo de los **sensores de presión piezoresistivos** modernos.

Nota: Al aplicar una fuerza a un cristal de silicio se deforma su estructura de celosía y varía su resistencia. Este fenómeno se denomina **efecto piezoresistivo** y es el principio de transducción de presión estándar adoptado por la industria semiconductor. Típicamente hay cuatro piezoresistores dentro del área de diafragma de un sensor piezoresistivo y los mismos están interconectados formando un puente de Wheatstone, con dos de ellos sometidos a tensión tangencial y los otros dos a tensión radial. Los primeros sensores de presión piezoresistivos fueron desarrollados en los laboratorios de investigación de Honeywell por Art Zias y Hans Keller durante la década de 1960.

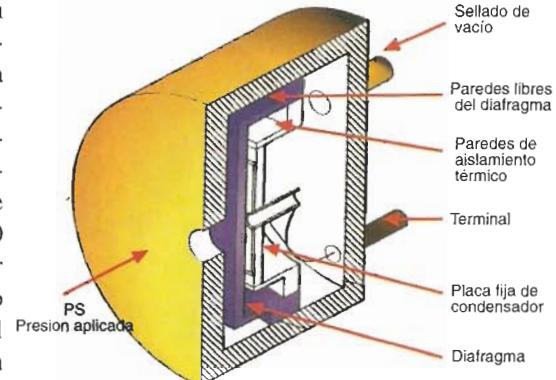


Figura 10. Estructura interna de un sensor de presión capacitivo

Los sensores de presión micromecánicos, como el mostrado en la figura 13, consisten básicamente de una delgada estructura tipo puente de galgas, aislada térmicamente y suspendida sobre una cavidad hecha en el silicio a través de la cual pasa el fluido. Se utilizan para mediciones de baja presión en aplicaciones donde puede tolerarse un pequeño flujo a través del elemento, por ejemplo sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC).

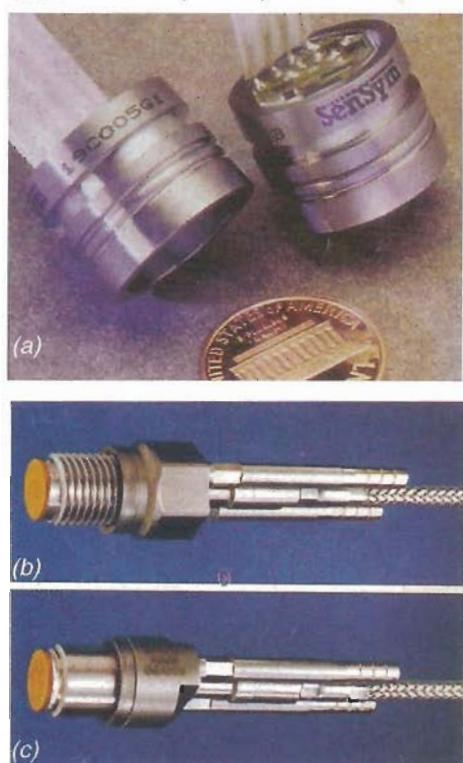


Figura 11. Sensores de presión piezoelectrómecánicos. (a) Manómetro. Rango: 0 a 5 psig (Sensym). (b, c) Diferenciales. Rango: 0 a 3625 psi (Kistler Instrument Co.).



Figura 12. Sensor de presión piezo-resistivo de galgas extensiometrías con un rango de 0 a 5000 psi (Dresser Industries, Inc.).

Muchos sensores de presión modernos, además de los bloques funcionales básicos de la **figura 6**, ofrecen también otras características avanzadas, como la indicación digital directa del valor de la presión y la incorporación de inteligencia, lo cual les permite ser programados por el usuario a la medida de sus necesidades. En la **figura 14** se muestra como ejemplo un sensor de presión diferencial de 200 Pa que combina una pantalla LCD de tres y medio dígitos con una salida analógica de 10V o de 4-20 mA (estándar industrial) en una misma estructura. El dispositivo opera con una tensión de 24 VDC.

Un género representativo de **sensores de presión inteligentes** son los de la serie **PPT** (*Precision Pressure Transducer*) de Honeywell, como el mostrado en la **figura 15**. Todos los modelos PPT están dotados de los dos puertos de presión usuales y un conector tipo DIN de seis pines con una salida analógica nominal de 0 a 5V y una interface digital serial RS-232 de dos hilos. A través de esta última, median-

te secuencias de comandos suministradas desde una computadora, el usuario puede configurar el rango del voltaje de salida, las unidades (psig, psid, psia) y el rango de medida de la presión, la banda muerta y otros parámetros, permitiendo que el sensor pueda ser utilizado en una gran variedad de aplicaciones y/o como reemplazo de sensores análogos existentes.

Criterios de selección

La selección de un sensor de presión requiere principalmente el conocimiento del fluido con el fin garantizar su compatibilidad con los materiales utilizados en el sensor, así como del tipo de medición (manométrica, diferencial, absoluta), el rango de presiones a medir, el tipo de salida eléctrica deseada, la exactitud requerida y el rango de temperatura de operación. Las especificaciones nominales de un sensor de presión PPT típico de 20 psi, por ejemplo, podrían ser las siguientes:

Rango de presión (FS).....	0 a 20 psi
Resolución de presión.....	0.005 psi
Rango de salida analógica....	0 a 5 V
Resolución analógica.....	1.22 mV
Exactitud.....	0.05 %FS
Rango de temperatura.....	-45° a 85 °C

Por tanto, en este caso, una presión de entrada, digamos, de 16.75 psi produciría 4.187V (=16.75x5/20) en la salida analógica. Otros datos que especifican los fabricantes son el voltaje de alimentación, el tiempo de respuesta (100 µs, típico), la deriva (offset), el tipo de empaque, la histéresis, la linealidad, la repetibilidad, la sensibilidad, las impedancias de entrada y de salida, la sobrecarga de presión, etc. La histéresis, por ejemplo, expresada como un porcentaje de la escala total, digamos



Figura 15. Transductor de presión inteligente PPT configurables entre ± 1 psi y ± 500 psi (Honeywell SSEC)

$\pm 0.1\%FS$, se refiere a la habilidad del sensor para proporcionar la misma salida a una temperatura dada antes y después de un ciclo de temperatura.

Aplicaciones

Los sensores de presión son ampliamente utilizados en el mundo industrial moderno. Usted los encontrará, por ejemplo, en las industrias procesadoras de alimentos, medicamentos y productos químicos, los sistemas hidráulicos empleados en líneas de producción automatizadas, y a lo largo de toda la cadena de producción de petróleos, desde la exploración hasta la venta, pasando por la perforación, el transporte, la refinación, etc. También tienen usos automotrices, médicos, ambientales, científicos, didácticos, y de otros tipos.

Por ejemplo, puede determinarse el nivel alcanzado por un fluido en un tanque midiendo la presión en el fondo del mismo o la velocidad de un líquido en un conducto midiendo las presiones estática y total en el punto de interés. Este mismo enfoque se utiliza en los automóviles para medir la presión múltiple absoluta (MAP) y determinar a partir de la misma la cantidad óptima de combustible que puede ser inyectada, el avance de la chispa y la densidad del aire. También se utilizan sensores de presión en los automóviles para medir la presión barométrica absoluta (BAP), ajustar la presión de la bomba de aceite a su valor óptimo (10-15 psig), detectar fugas de emisiones hacia la atmósfera, medir la presión de los frenos, y otras aplicaciones.

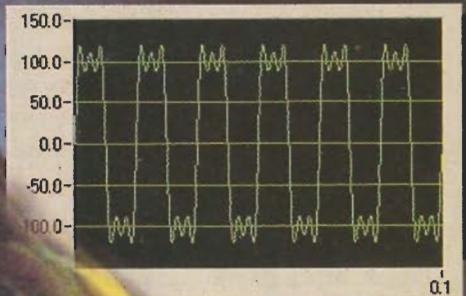
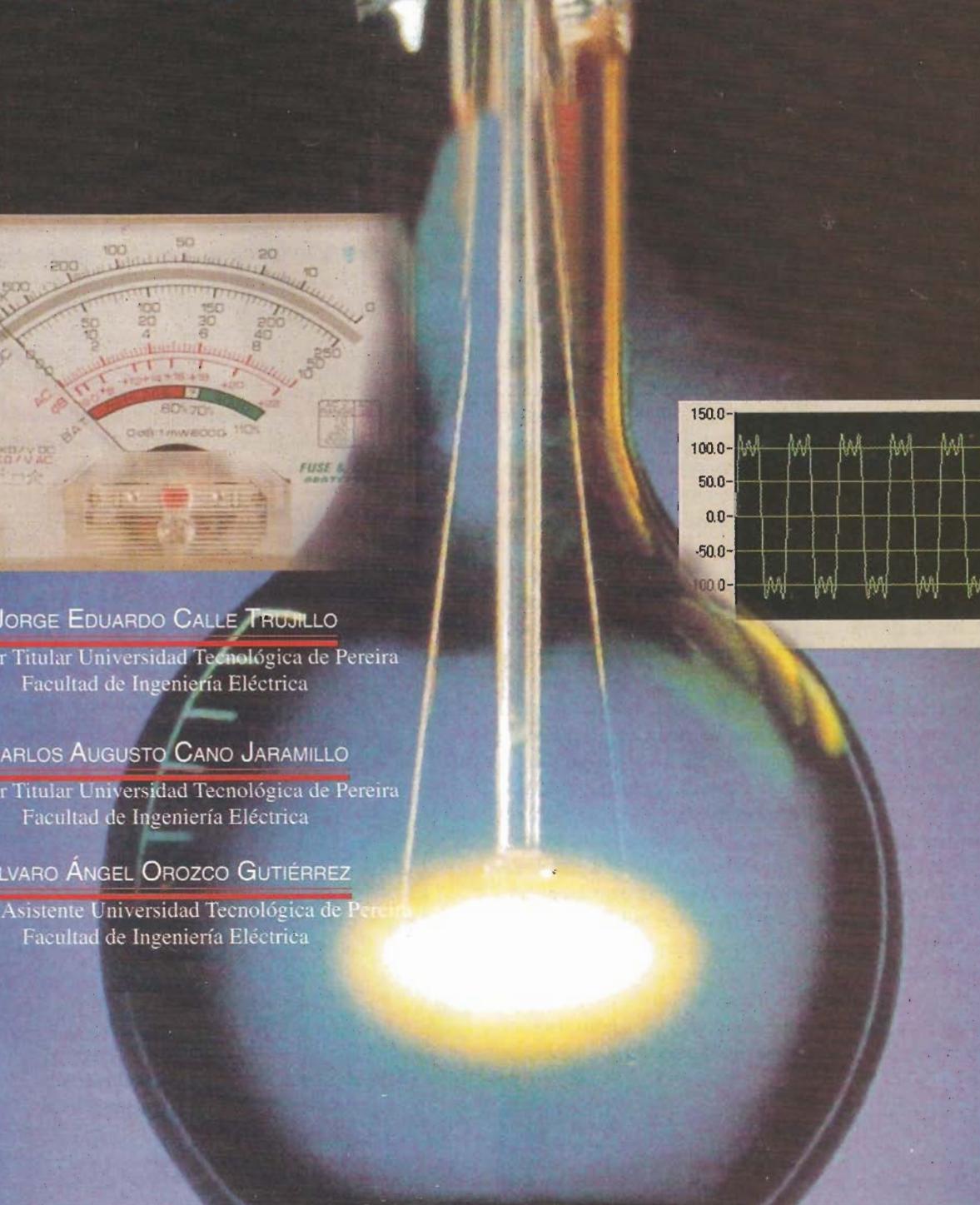


Figura 13. Sensor de presión micro-mecánico para mediciones de flujo de aire y otros gases. El dispositivo mide 31 mm (W) x 31 mm (L) x 15 mm (H)



Figura 14. Sensor de presión diferencial con un rango de 0 a 200 Pa y pantalla de cristal líquido (LCD) incorporada (Setra Systems)

Factor de **POTENCIA**



JORGE EDUARDO CALLE TRUJILLO

Profesor Titular Universidad Tecnológica de Pereira
Facultad de Ingeniería Eléctrica

CARLOS AUGUSTO CANO JARAMILLO

Profesor Titular Universidad Tecnológica de Pereira
Facultad de Ingeniería Eléctrica

ÁLVARO ÁNGEL OROZCO GUTIÉRREZ

Profesor Asistente Universidad Tecnológica de Pereira
Facultad de Ingeniería Eléctrica

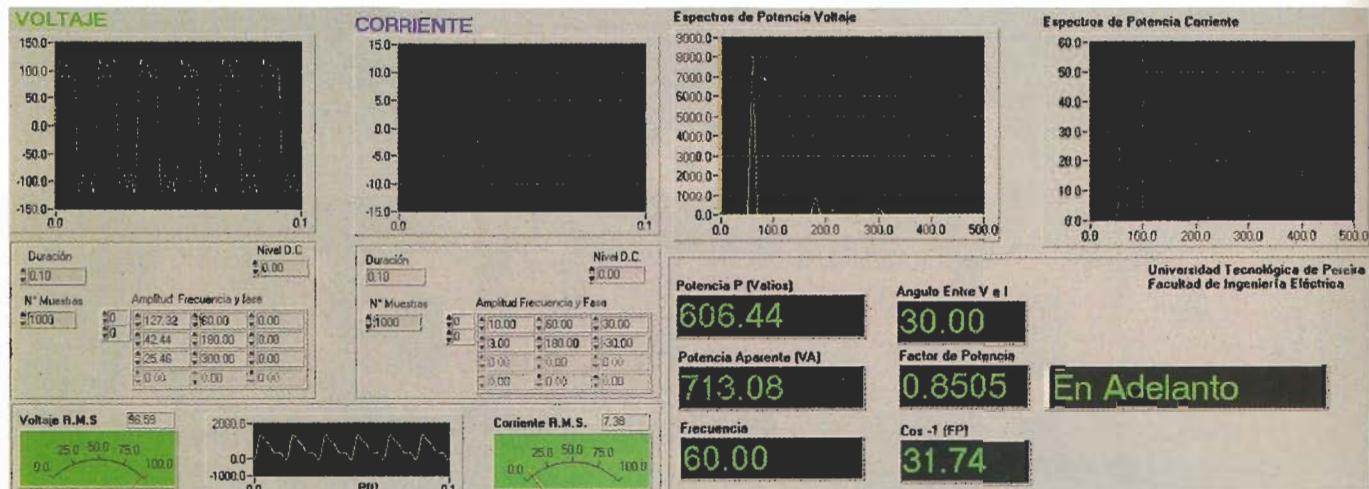


Figura 1. Panel frontal del instrumento medidor de potencia

Este artículo precisa uno de los conceptos que preocupa a los industriales, especialmente al momento de determinar el valor del consumo de energía eléctrica de su empresa: el factor de potencia. Se recoge la definición para todos los posibles casos y se particulariza para el de funciones sinusoidales puras. Se plantea una inquietud acerca del adelanto o atraso en el factor de potencia y se presenta una simulación en LabView.

Generalidades

A los especialistas, estudiosos y a quienes se inician en el tema se les ha presentado siempre, como definición del factor de potencia, el caso particular de señales sinusoidales, por una razón valedera: es el caso más frecuente. Por esto, siempre se asocia el factor de potencia con el coseno del ángulo que formaban el voltaje y la corriente, pero, como se indicó en el artículo “*El verdadero valor r.m.s.*” (E&C edición 52, página 48):

“Al principio, las diferencias no eran más que desarrollos en papel, puesto que las formas de onda que se manejan eran sinusoidales puras.

“Pero el desarrollo tecnológico habría de dar una sorpresa. Aparecieron los equipos y las cargas especiales que hacían que las señales no fueran más como antes, los estabilizadores de voltaje, los reguladores de potencia, las U.P.S. (unidades ininterrumpidas de potencia), los motores de velocidad ajustable (servomotores), los motores paso a paso... y las cargas electrónicas, como las de los computadores, que hicieron que las señales se contaminaran de ruido o que, para cumplir con la función para la cual se utilizaban, tuvieran armónicos.”. La teoría debe, entonces, regresar a la definición básica.

Definición:

El Factor de Potencia (f.p.) es un indicador de la cantidad de energía que se transforma en trabajo útil. Esto es:

$$f.p. = \frac{P}{S}$$

donde P es la potencia activa y S la potencia aparente.

La potencia activa equivale al valor medio de la potencia instantánea (producto de $v(t)$ por $i(t)$) es decir aquella parte de la potencia que realiza un trabajo útil. Se mide en vatios (W).

La potencia aparente se mide en voltamperios (VA) y determina el valor máximo del trabajo útil que se puede obtener de una corriente y un voltaje determinado, es decir:

$$S = V_{r.m.s.} \cdot I_{r.m.s.}$$

El valor r.m.s. de una onda (no sinusoidal) viene dado por: (ver artículo “*El verdadero Valor R.M.S.*” Revista Electrónica & Computadores edición N° 52).

$$V_{r.m.s.} = \sqrt{V_0^2 + V_{1r.m.s.}^2 + V_{2r.m.s.}^2 + V_{3r.m.s.}^2 + \dots} =$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{2 \cdot V_0^2 + V_{1\max}^2 + V_{2\max}^2 + V_{3\max}^2 + \dots}$$

Reemplazando:

$$f.p. = \frac{\text{Valor medio de } [v(t) \cdot i(t)]}{\sqrt{V_0^2 + V_{1r.m.s.}^2 + V_{2r.m.s.}^2 + V_{3r.m.s.}^2 + \dots}}$$

$$\cdot \frac{1}{\sqrt{I_0^2 + I_{1r.m.s.}^2 + I_{2r.m.s.}^2 + I_{3r.m.s.}^2 + \dots}}$$

El valor medio de una señal viene dado por:

$$\text{valor medio de } [v(t) \cdot i(t)] =$$

$$\frac{1}{2} \left[V_{1\max} \cdot I_{1\max} \cdot \cos(\theta_{v1} - \theta_{i1}) + V_{2\max} \cdot I_{2\max} \cdot \cos(\theta_{v2} - \theta_{i2}) + \right. \\ \left. + V_{3\max} \cdot I_{3\max} \cdot \cos(\theta_{v3} - \theta_{i3}) + \dots \right]$$

Si las señales son sinusoidales puras, de la misma frecuencia angular, la ecuación anterior toma la forma:

$$f.p. = \frac{P}{S} = \frac{P}{VI} = \frac{VI \cos \theta}{VI} = \cos \theta$$

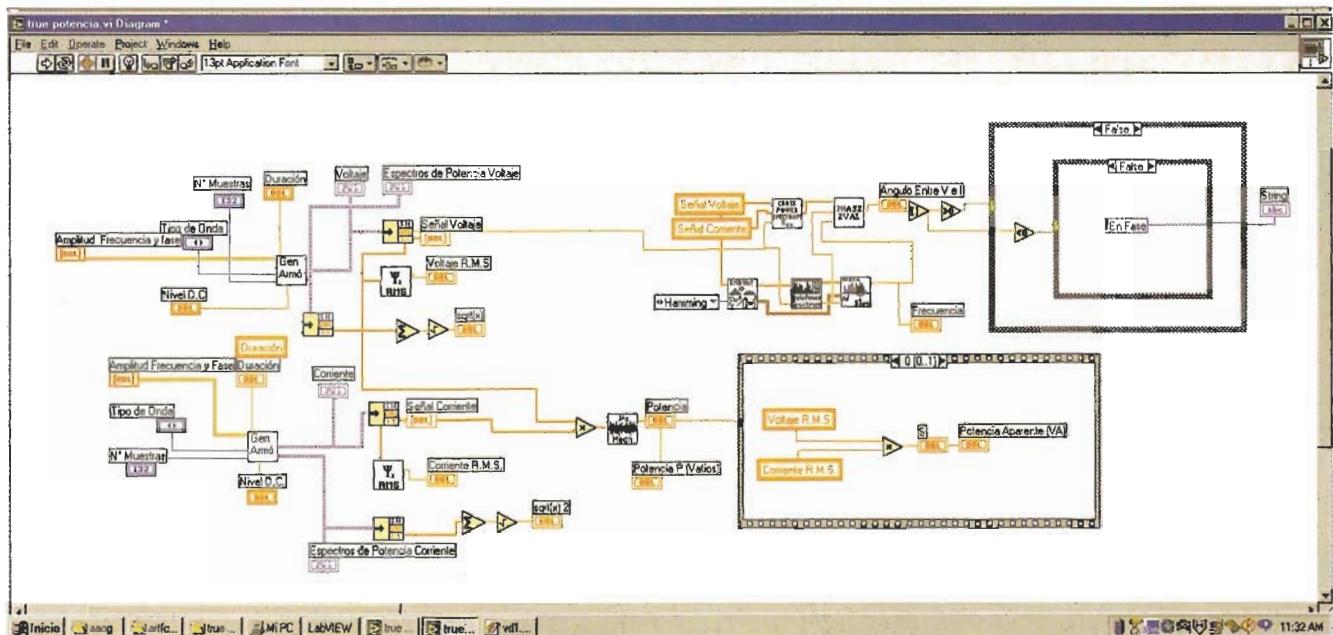


Figura 2. Ventana de diagramación del instrumento medidor de potencia

Observando esta ecuación, se comprende por qué tradicionalmente se ha asociado el factor de potencia al coseno del ángulo entre el voltaje y la corriente (o el ángulo de la impedancia), y por qué el dispositivo que lo mide es el cosenofímetro.

Una aproximación a la potencia reactiva

Establecido qué es el factor de potencia, y de paso cómo se determina la potencia activa, se llega al problema planteado.

No existe ninguna oposición por los usuarios de los servicios de energía en el pago del consumo de potencia activa, puesto que están pagando por lo que usan. El empresario utiliza la energía eléctrica para transformarla en otro tipo de energía (calor, luz, movimiento), la cual emplea para la transformación de las materias primas en productos. Pero las empresas que suministran el servicio de energía eléctrica no sólo cobran la potencia activa: en casos especiales cobra el consumo de potencia reactiva.

La generación tradicional es de potencia aparente y esta es mayor que la que se consume (potencia activa), de acuerdo con la definición ya vista. No queda duda: existe otro tipo de energía que se debe generar, pero que no se transforma en trabajo útil. Es un tipo de energía que se almacena en los elementos reactivos del circuito, se transfiere de unos a otros y al momento de la desconexión se regresa a la red. No se usa pero se genera.

La teoría ha creado, para responder a este hecho, una nueva forma de potencia: la reactiva, la que se calcula de igual forma que P, pero reemplazando la función coseno por seno:

$$Q = \frac{1}{2} [V_{1 \max} \cdot I_{1 \max} \cdot \operatorname{sen}(\theta_{v1} - \theta_{i1}) + V_{2 \max} \cdot I_{2 \max} \cdot \operatorname{sen}(\theta_{v2} - \theta_{i2}) + V_{3 \max} \cdot I_{3 \max} \cdot \operatorname{sen}(\theta_{v3} - \theta_{i3}) + \dots]$$

Puesto que, para el caso de funciones sinusoidales puras el valor de Q, que se mide en voltamperios reactivos (vares), está determinado por la relación:

$$Q = V_{r.m.s} \cdot I_{r.m.s} \operatorname{sen} \theta$$

donde θ tiene el significado dado atrás. No es difícil observar que:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

La pregunta obvia es: ¿se cumple esta ecuación para el caso general de funciones con armónicos?

Además, si se analizan los posibles valores de θ se verá que $-90^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ y que, por lo tanto, siempre $P \geq 0$ y Q puede ser positivo o negativo dependiendo del signo de $\operatorname{sen} \theta$. La teoría dice que si θ es positivo la corriente se atrasa con respecto al voltaje y el factor de potencia es en atraso, y si es negativo la corriente se adelanta y por ende el factor de potencia es en adelanto.

Pero, ¿cómo hacer en el caso de ondas no sinusoidales?, ¿cuándo se puede hablar de factor de potencia en adelanto? y ¿cuándo de factor de potencia en atraso?. ¿Se podrá decir que el adelanto o el atraso en el factor de potencia se puede establecer a partir de la fundamental de cada uno de ellos?

Precisiones alrededor de un ejemplo

Para comprender lo enunciado se utiliza el siguiente ejemplo:

Determinar los diferentes tipos de potencia asociadas a un dispositivo cuyo voltaje y corriente vienen dados por:

$$v(t) = 127,32 \operatorname{sen}(120\pi t + 0^\circ) + 42,44 \operatorname{sen}(360\pi t + 0^\circ) + 25,46 \operatorname{sen}(600\pi t + 0^\circ) V$$

$$i(t) = 10,00 \operatorname{sen}(120\pi t + 30^\circ) + 3,00 \operatorname{sen}(360\pi t - 30^\circ) A$$

1. Cálculo de los valores r.m.s.

$$V_{r.m.s.} = \sqrt{V_{1r.m.s.}^2 + V_{2r.m.s.}^2 + V_{3r.m.s.}^2} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{V_{1\max}^2 + V_{2\max}^2 + V_{3\max}^2} =$$

$$96,59127 \text{ V}$$

$$I_{r.m.s.} = \sqrt{I_{1r.m.s.}^2 + I_{2r.m.s.}^2} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{I_{1\max}^2 + I_{2\max}^2} =$$

$$7,38241 \text{ A}$$

2. Cálculo de S

$$S = V_{r.m.s.} \cdot I_{r.m.s.} = 713,07635 \text{ VA}$$

3. Cálculo de la potencia activa (P):

$$P = \text{valor medio de } [v(t) \cdot i(t)] = \frac{1}{2} [V_{1\max} \cdot I_{1\max} \cdot \cos(\theta_{v1} - \theta_{i1}) + V_{2\max} \cdot I_{2\max} \cdot \cos(\theta_{v2} - \theta_{i2})] = 606,44295 \text{ W}$$

4. Cálculo del factor de potencia (f.p.):

$$f.p. = \frac{\text{Valor medio de } (v(t) \cdot i(t))}{V_{r.m.s.} \cdot I_{r.m.s.}} = \frac{P}{S} = \frac{606,44295}{713,07635} = 0,8505$$

Para saber si es en adelanto o atraso se debe calcular el valor de Q. Si el valor es positivo es en atraso; en caso contrario es en adelanto

5. Cálculo de la potencia reactiva (Q):

$$Q = \frac{1}{2} [V_{1\max} \cdot I_{1\max} \cdot \sin(\theta_{v1} - \theta_{i1}) + V_{2\max} \cdot I_{2\max} \cdot \sin(\theta_{v2} - \theta_{i2})] = -572,94000 \text{ vares}$$

De donde se desprende que el factor de potencia es en adelanto.

Es posible, entonces, establecer que, en la mayoría de los casos, basta con observar si la fundamental (primer armónico) de la corriente se adelanta o atrasa al voltaje para saber si el factor de potencia es en adelanto o atraso.

6. Discusión:

¿Se puede determinar el valor de Q utilizando la fórmula ?

$$Q = \pm \sqrt{S^2 - P^2}$$

NO. El valor verdadero de Q es -572,94 vares y el obtenido de la fórmula es ±375.10642 vares

Es importante observar, entonces, que el triángulo de potencias, útil para los cálculos con excitaciones sinusoidales, no se puede aplicar para señales no sinusoidales.



¿Tiene alguna interpretación física el valor de θ obtenido de la fórmula:

$$\theta = \pm \text{arco cuyo coseno es}(f.p.) = \pm \cos^{-1}(f.p.)$$

NINGUNA. El valor calculado es de ±31,7339°, que, según se ve, no tiene ninguna explicación o justificación dentro del conjunto. Observe que el ángulo θ para la fundamental (primer armónico) es -30°.

El desarrollo de lo planteado, utilizando como ejemplo el problema propuesto y LabView se presenta en las figuras 1 y 2.

El ejecutable estará disponible hasta el mes septiembre de 1999 en la dirección: <ftp://ohm.edu.co/pub/labview>, de donde se puede bajar para experimentación con otras señales. El panel frontal se enseña en la figura 1.

Para las personas interesadas se presenta en la figura 2 el cableado de la aplicación.

Conclusión.

Una reflexión resume lo explicado:

- ¿Las empresas comercializadoras de energía eléctrica que decidieron cobrarle a un usuario la energía reactiva, debido a consideraciones que tienen que ver con el factor de potencia, tienen en cuenta los aspectos mencionados anteriormente?
- ¿Los medidores utilizados son los adecuados? ☐

Bibliografía

ACOSTA, Álvaro, CALLE, Jorge E. y GIRONDO, Díodoro. Introducción a la teoría de los circuitos eléctricos lineales. Apuntes de clase. Universidad Tecnológica de Pereira, 1992

CALLE, Jorge E., GONZÁLEZ, Juan A. y OROZCO, Álvaro A. El verdadero valor r.m.s. Revista Electrónica & Computadores edición 52, página 48. Publicaciones CEKIT.

Romanowitz H. Alex. Electrical fundamentals and circuit analysis. John Wiley & Sons. New York, 1966

Manuales de LabView. Manual de usuario y de referencias



La vida digital se torna realmente interesante cuando se incluyen en la misma elementos de memoria y se tiene en cuenta la acción del tiempo. Esto conduce al concepto de lógica secuencial, la cual hace posible construir contadores y otras funciones que serían imposibles de lograr solamente con compuertas. Este artículo examina los fundamentos de los flip-flops, que son las unidades básicas de almacenamiento de información de los sistemas digitales.

JORGE E. HERNÁNDEZ M.

edher@telesat.com.co

Diseño de Circuitos Secuenciales.

Teoría de flip-flops sincrónicos

En el mundo de la electrónica digital, la esencia del juego es generar salidas digitales de **1s** y **0s** a partir de entradas digitales idem. Un sumador de 8 bits, por ejemplo, figura 1a, recibe como entradas dos números de esa longitud (A, B), y genera como salida un byte de suma (S) más un bit de arrastre (Co). Un comparador, por su parte, figura 1b, acepta como entradas dos números o datos de una determinada longitud (A, B) e informa en tres salidas mutuamente excluyentes ($A > B$, $A < B$, $A = B$) sus magnitudes relativas, es decir si son iguales o uno de ellos (A) es mayor o menor que el otro (B). Asimismo, un multiplexor de 8 canales, figura 1c, recibe igual número de señales de entrada (I₇-I₀) y transfiere una de ellas a su línea única de salida (Z) dependiendo del estado de sus entradas de selección (S₂-S₀).

En todos estos casos, la salida o salidas son funciones predeterminadas de la entrada o entradas, es decir dependen exclusivamente del estado o com-

binación de estados de estas últimas. Por tal razón, este tipo de tareas o funciones se denominan **combinacionales** o **combinatorias**. Las mismas son realizadas por circuitos que utilizan **compuertas** (ver número anterior de E&C) como bloques constructivos básicos y se diseñan sistemáticamente siguiendo las reglas estándares del álgebra booleana y/o diversos métodos gráficos derivados de las mismas, como los mapas de Karnaugh. Dentro de esta categoría se incluyen también los codificadores y decodificadores lógicos, los decodificadores para displays, los demultiplexores, las unidades aritmético-lógicas (ALUs), los verificadores de paridad, y otras funciones que no utilizan, ni requieren, elementos de memoria, ni involucran tratamiento del tiempo.

Existen, sin embargo, otros tipos de problemas que no pueden ser resueltos formando una función combinatoria del estado actual de las entradas como tales, sino que requieren el conocimiento de su historia, es decir de sus valores pasados.

Ejemplos de tareas de este tipo son la conversión de datos trasmítidos en formato serial (un bit tras otro) a su forma paralela (todos los bits al mismo tiempo), figura 2a, la contabilización del número de 1s de una secuencia, figura 2b, el almacenamiento temporal de datos para ser utilizados más tarde, figura 2c, etc.

En todos estos casos, los estados de salida dependen no solamente de los estados de entrada actuales, sino también de los estados previos y del orden o secuencia en que han ocurrido, es decir de su historia inmediata. Este tipo de tareas o funciones, y los circuitos que las ejecutan, se denominan **secuenciales**. A diferencia de los circuitos combinatorios, que pueden ser construidos enteramente a base de compuertas, los circuitos secuenciales requieren adicionalmente de elementos de memoria llamados **flip-flops**. A continuación nos referiremos a estos últimos.

Flip-flops

Los **flip-flops**, también llamados multivibradores biestables, son circuitos que

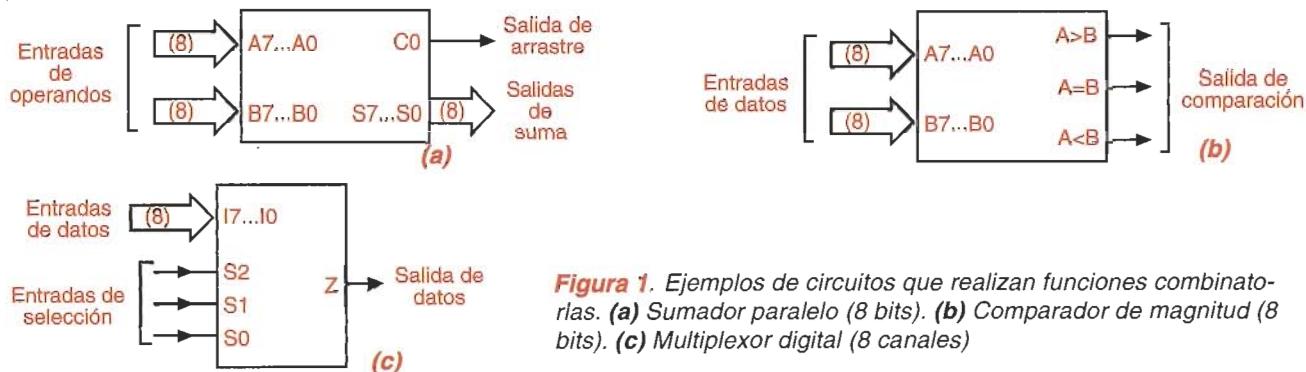


Figura 1. Ejemplos de circuitos que realizan funciones combinacionales. (a) Sumador paralelo (8 bits). (b) Comparador de magnitud (8 bits). (c) Multiplexor digital (8 canales)

pueden almacenar, por tiempo indefinido, un nivel **alto** o **bajo** de voltaje, es decir un bit de información (**1** o **0**). Los flip-flops son las unidades fundamentales de memoria de todos los sistemas secuenciales, incluyendo contadores, registros, memorias estáticas, microprocesadores, microcontroladores, etc. Los flip-flops pueden ser sincrónicos o asincrónicos, dependiendo de si necesitan o no de una señal de reloj para realizar su acción básica. Los flip-flops asincrónicos se denominan también **latches** o **cerrojos biestables**. En este artículo nos referiremos exclusivamente a los flip-flops sincrónicos, que son los más utilizados.

Los flip-flops sincrónicos, que designaremos en lo sucesivo simplemente como flip-flops, constan básicamente de una o dos entradas sincrónicas, una entrada de reloj y dos salidas complementarias. Los mismos se caracterizan porque sus salidas no cambian inmediatamente se registra un cambio en sus entradas, como sí sucede en un latch, sino un tiempo después, fijado por la señal de reloj. Este modo de operación ofrece varias ventajas, siendo la más importante que imprime un orden a los procesos secuenciales, puesto que

toda transferencia de información se realiza bajo el control de una señal maestra de reloj. Así se evitan oscilaciones parásitas, condiciones de carrera, estados ambiguos y otros fenómenos típicos de los sistemas asincrónicos.

Existen varios tipos de flip-flops sincrónicos dependiendo de la forma como se programan sus entradas para almacenar y/o retener un bit. Los más comunes son el **T** (*toggle*), el **D** (*data* o *delay*) y el **J-K**. Todos ellos, como la mayoría de dispositivos lógicos sincrónicos, responden a uno de los flancos de la señal de reloj, es decir realizan su acción básica cuando la señal de reloj pasa de **bajo** a **alto** (disparo por flancos de subida) o de **alto** a **bajo** (disparo por flancos de bajada). Su función puede de ser descrita mediante un símbolo lógico y una tabla característica. A partir de esta última se deriva una **tabla de excitación** propia del flip-flop, la cual suministra la combinación de estados que debe aplicarse en las entradas para cambiar la salida de un estado a otro o mantener el estado actual. Las tablas de excitación, como veremos en otra oportunidad, son una de las herramientas más importantes en el diseño de circuitos secuenciales

En la **figura 3a** se muestra el símbolo lógico de un **flip-flop tipo T** disparable por flancos de subida (note la ausencia de burbuja en la entrada de reloj). Básicamente consta de una entrada sincrónica (**T**), una entrada de reloj (**CLK**) y dos salidas complementarias (**Q**, **Q̄**). Como lo revela la tabla de la **figura 3b**, este dispositivo se caractériza porque puede ser programado para mantener o permutar el estado previo de la salida **Q** aplicando, respectivamente, un **bajo** (**0**) o un **alto** (**1**) a la entrada sincrónica (**T**). Por ejemplo, si el estado previo de **Q** (**Q_n**) es **0** y se aplica la señal de reloj mientras **T** es **1**, el estado futuro o resultante (**Q_{n+1}**) es **1**. Asimismo, como lo revela la tabla de excitación de la **figura 3c**, si la salida está en **1** y se desea que permanezca en **1** después del siguiente pulso de reloj, la entrada **T** debe mantenerse en **0**.

Nota: En la práctica, la entrada **T** no siempre es accesible externamente, sino que está conectada internamente a un nivel **alto** (**1**) permanente. Por tanto, con cada pulso de reloj, la salida **Q** cambia automáticamente de estado, es decir si estaba en **1** pasa a **0**, y viceversa. Desde este punto de vista, un flip-flop **T** actúa como un divisor de

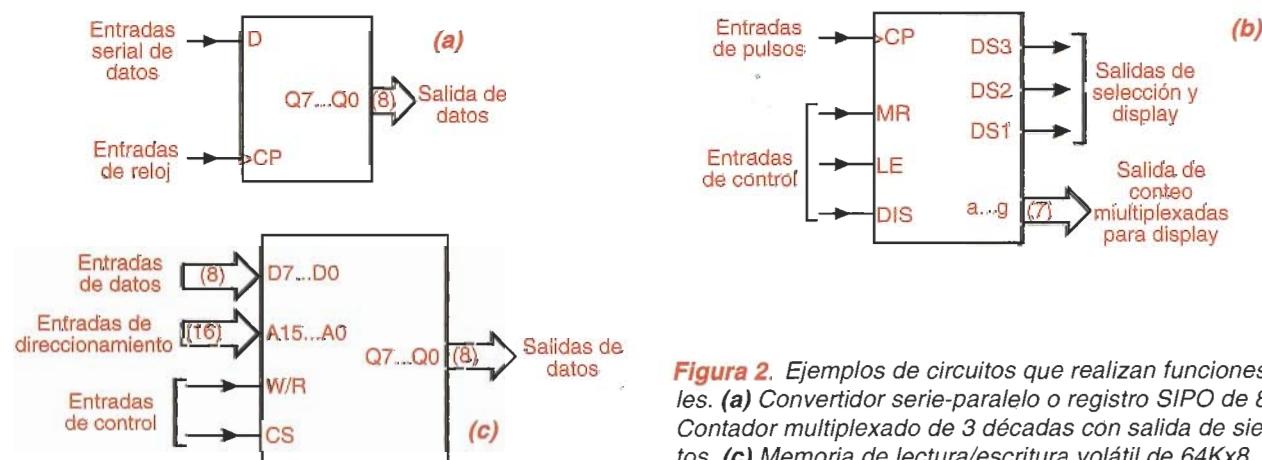
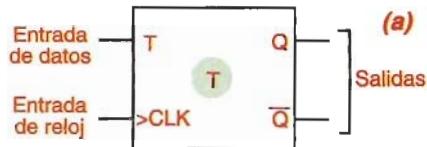


Figura 2. Ejemplos de circuitos que realizan funciones secuenciales. (a) Convertidor serie-paralelo o registro SIPO de 8 bits. (b) Contador multiplexado de 3 décadas con salida de siete segmentos. (c) Memoria de lectura/escritura volátil de 64Kx8



CLK	T	Q_{n+1}
\nearrow	0	Q_n
\nearrow	1	\bar{Q}_n

 \nearrow : Flanco de subida Q_n : Estado previo o presente Q_{n+1} : Estado futuro o resultante

Q_n	Q_{n+1}	T
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Figura 3. Flip-flop sincrónico tipo T (Toggle). (a) Símbolo lógico. (b) Tabla característica. (c) Tabla de excitación

frecuencia por 2. De hecho, esta es su principal aplicación. Conectando flip-flops T en cascada se obtienen divisores multietapa, como el circuito integrado **4020B** (14 etapas), que proporciona factores de división de frecuencia de 2, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192 y 16384. Otros dispositivos similares son el **4024B** y el **4040B**.

En la figura 4a se muestra el símbolo lógico de un **flip-flop tipo D** disparable por flancos de subida. En este caso, figura 4b, el dato presente en la entrada sincrónica (D) se transfiere a la salida (Q) cuando se activa la señal de reloj (CLK). Por ejemplo, si el estado previo de Q (Q_n) es 1 y se aplica la señal de reloj mientras D es 0, el estado futuro o resultante (Q_{n+1}) es 0. Asimismo, figura 4c, si la salida está en 0 y se desea pasarla a 1 después del siguiente pulso de reloj, la entrada D debe hacerse 1. En otras palabras, la salida siempre asume el estado de la entrada. Se dice, entonces, que, en presencia de una señal de reloj válida, el dispositivo es **transparente**.

Un flip-flop D se puede convertir fácilmente en un flip-flop T genérico, con capacidad de cambiar o retener el estado previo de la salida, realimentando el estado de la salida Q a través

de una compuerta XOR como se indica en la figura 4d. El circuito resultante se comporta exactamente igual que el flip-flop T de la figura 3. Si sólo se desea la operación como flip-flop de cambio o de división de frecuencia, basta con conectar la salida \bar{Q} a la entrada D, como se indica en la figura 4e. En este caso, la entrada T no es accesible y la salida Q cambia de estado con cada pulso de reloj.

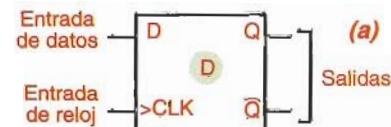
Finalmente, en la figura 5a se muestra el símbolo lógico de un flip-flop J-K disparable por flancos de subida. En este caso, figura 5b, el estado de salida resultante (Q_{n+1}) depende de la combinación de estados de las entradas sincrónicas J y K. Note que con $JK=01$ la salida pasa a 0 (modo *reset*), con $JK=10$ pasa a 1 (modo *set*), con $JK=00$ no cambia de estado (modo *hold*) y con $JK=11$ si cambia (modo *toggle*). Note asimismo, figura 5c, que la entrada J controla la permanencia o el cambio de estado respecto a 0 y la entrada K la permanencia o cambio respecto a 1. Por ejemplo, si la salida Q está en 1 y se desea que pase a 0, basta con hacer K=1: el estado de J es irrelevante.

Un flip-flop J-K puede ser convertido fácilmente en un flip-flop T genérico conectando las entradas J y K entre sí como se indica en la figura 5d y aplicando a las mismas un nivel **bajo (0)** o **alto (1)**, según convenga. Si se desea solamente la acción de cambio, basta con conectar las líneas J y K a un nivel **alto (1)** permanente, figura 5e. También es posible obtener un flip-flop D a partir de un flip-flop J-K conectando un inversor entre las entradas J y K como se indica en la figura 5f y utilizando la entrada J como línea de datos. Debido a ésta universalidad, el flip-flop J-K es el más popular de todos los dispositivos biestables y probablemente el más utilizado.

En la práctica, los flip-flops J-K incluyen también una o dos entradas asincrónicas que permiten situar la salida Q en un estado conocido (1 ó 0) mientras la señal de reloj no está activa y con total independencia del estado actual de las entradas sincrónicas J y K. Estas líneas asincrónicas, que pueden

ser activas en **alto** o en **bajo** dependiendo de cada dispositivo particular, se denominan comúnmente **RESET** o **CLEAR (CLR)** y **SET** o **PRESET (PR)**, figura 5g. La activación de la primera imprime forzosamente un **bajo (0)** en la salida Q y la de la segunda un **alto (1)**. La salida \bar{Q} opera en forma opuesta. Este modo de operación es muy utilizado para cargar registros y contadores con cantidades específicas antes de comenzar una nueva operación.

Actualmente se dispone de una gran variedad de circuitos integrados TTL y CMOS que proporcionan dos o más flip-flops sincrónicos tipos D y J-K en



CLK	D	Q_{n+1}
\nearrow	0	0
\nearrow	1	1

 \nearrow : Flanco de subida Q_n : Estado previo o presente Q_{n+1} : Estado futuro o resultante

Q_n	Q_{n+1}	D
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

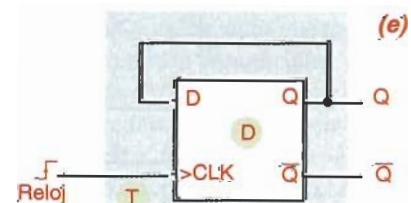
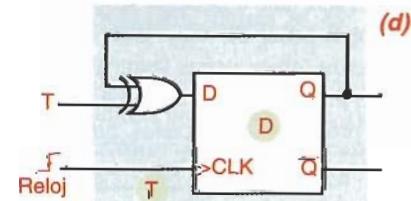


Figura 4. Flip-flop sincrónico tipo D
(a) Símbolo lógico. (b) Tabla característica. (c) Tabla de excitación. (d) Configuración como flip-flop T ($T=0$ ó 1). (e) Configuración como flip-flop T ($T=1$)

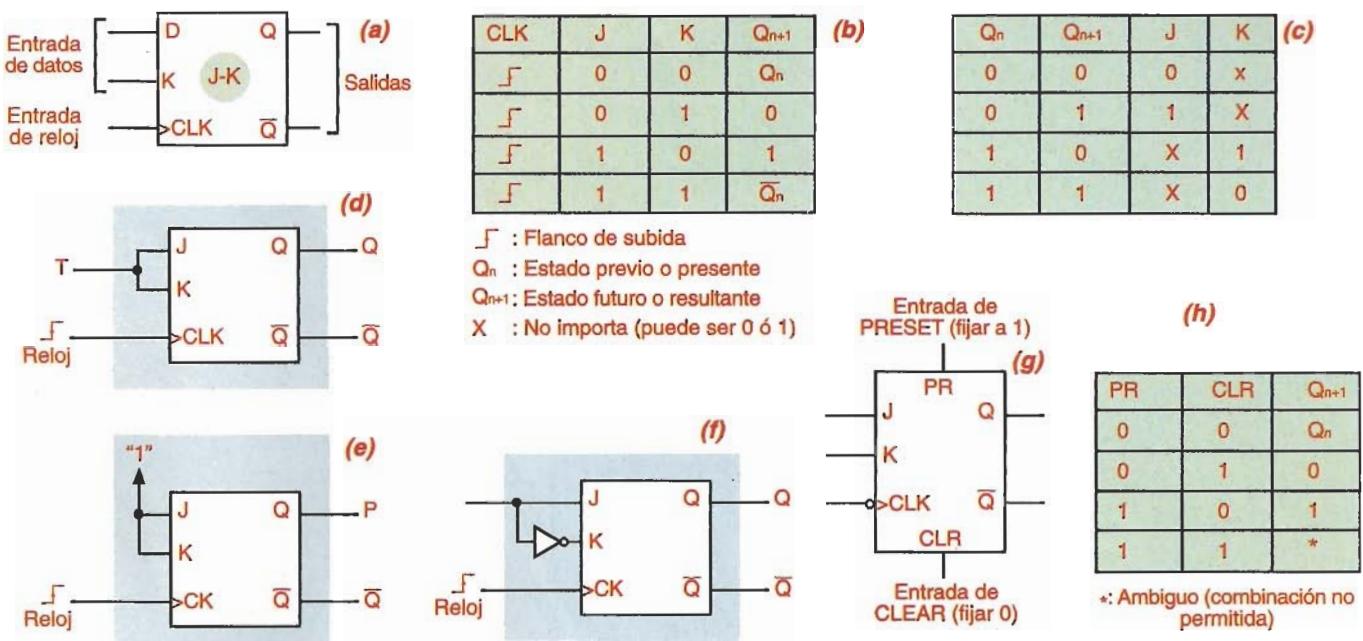


Figura 5. Flip-flop sincrónico tipo J-K. (a) Símbolo lógico (disparo por flancos de subida). (b) Tabla característica. (c) Tabla de excitación. (d) Configuración como flip-flop T ($T=0$ ó 1). (e) Configuración como flip-flop T ($T=1$). (f) Configuración como flip-flop D. (g) Flip-flop J-K sincrónico con entradas asincrónicas. (h) Funcionamiento asincrónico.

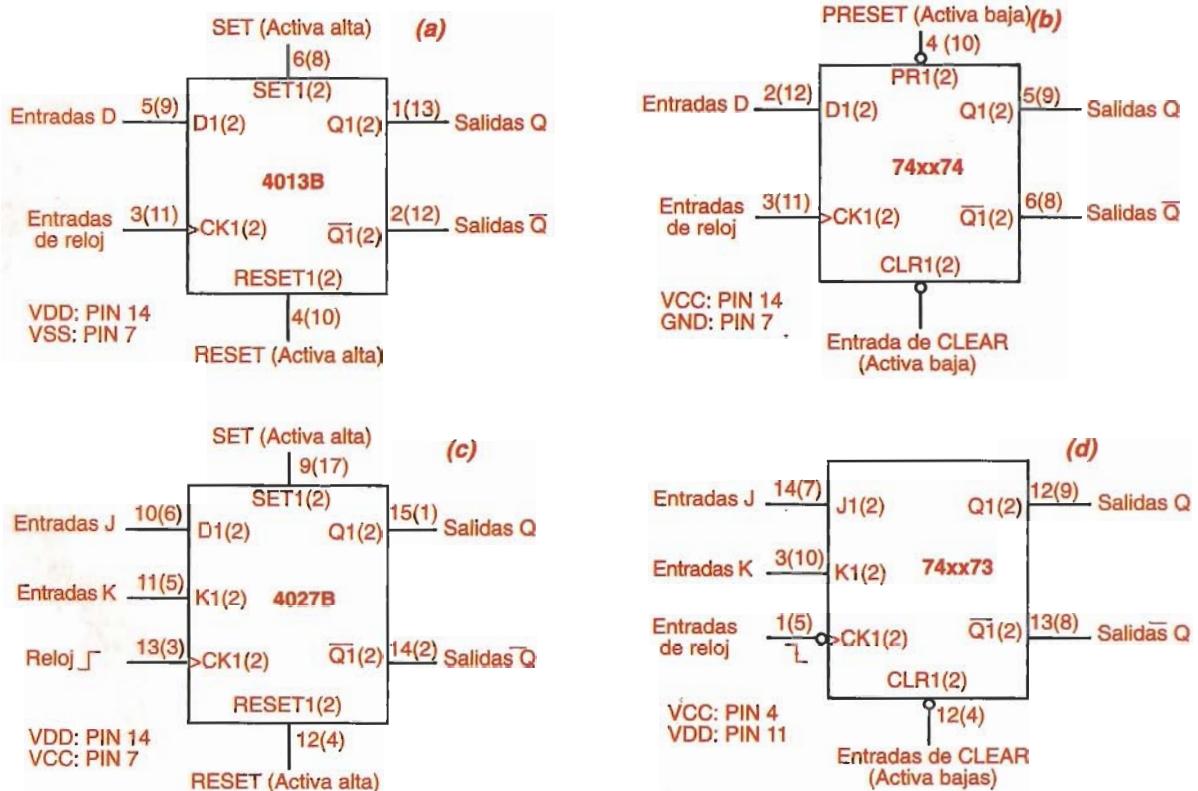


Figura 6. Flip-flops tipos D y J-K sincrónicos prácticos. (a) Flip-flop D doble 4013B (CMOS). (b) Flip-flop D doble 74xx74 (TTL). (c) Flip-flop J-K doble 4027B (CMOS). (d) Flip-flop J-K doble 74xx73 (TTL)

una misma cápsula. En la **figura 6** se muestran algunos ejemplos de flip-flops populares. El **4013B** y el **74xx74**, por ejemplo, **figuras 6a y 6b**, incluyen dos flip-flops tipo D independientes con entradas asincrónicas SET o PR y

RESET o CLR activas en **alto** y en **bajo**, respectivamente. Ambos realizan su acción básica con los flancos de subida de la señal de reloj. El **4027B** y el **74xx73**, por su parte, **figuras 6c y 6d**, incluyen dos flip-flops J-K. El primero

es disparable por flancos de subida y posee entradas asincrónicas SET y RESET activas altas. El segundo, por su parte, es disparable por flancos de bajada y sólo posee entradas asincrónicas de puesta a 0 (CLR) activas bajas. ■



Mónica Isabel Quintana Hurtado
Ingeniera Industrial Universidad Tecnológica de Pereira

Jairo Quintana Morales
Profesor Universidad Tecnológica de Pereira

ISO 9001

Precisión,
calidad
&
confianza

Frente a la necesidad de las empresas productoras de bienes y servicios de incursionar y de competir en el mercado internacional, se deben mejorar los procesos y mirar hacia las normas de estandarización basadas en la serie 9000.

Introducción

La norma ISO 9001 es un modelo de aseguramiento de calidad aplicable al diseño, desarrollo, producción, instalación y servicio. Es la herramienta más completa de la serie ISO 9000 y encierra veinte capítulos en los cuales se analiza toda la estructura de la empresa y sus actividades y la lleva a incrementar esfuerzos en tres líneas diferentes:

1. Alcanzar, mantener y proponer por el mejoramiento continuo en la calidad de sus productos.
2. Mejorar la calidad de sus procesos con el fin de satisfacer las necesidades de los clientes y de todas las personas implicadas en los mismos.
3. Proporcionar la confianza tanto a nivel de empresa como de los clientes de que se logran los requisitos de calidad de los productos y del sistema.

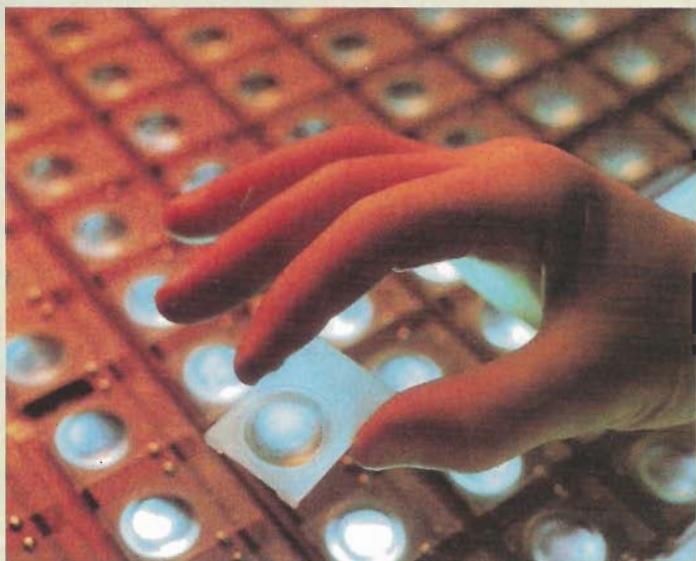
Implementación de la ISO 9001

La norma ISO 9001 debe ser implementada por empresas que tengan la necesidad de asegurar su capacidad de controlar los procesos, en cuanto a diseño y producción de bienes y servicios que cumplan con las exigencias de los clientes.

Las empresas deben utilizar la norma ISO 9001 con el fin de desarrollar, implementar y mejorar el sistema de calidad, el cual debe ser motivado por la gerencia o por alguno de los interesados. La motivación por parte de la gerencia se genera cuando la empresa decide iniciar la implementación de la norma, antes de que el mercado lo exija.

La motivación por parte de los interesados es la forma más predominante en muchas partes del mundo, sobre todo en los sectores de la economía y la industria, donde los clientes de la empresa exigen el registro y certificación del sistema para que éstos a su vez aseguren la calidad de sus productos.

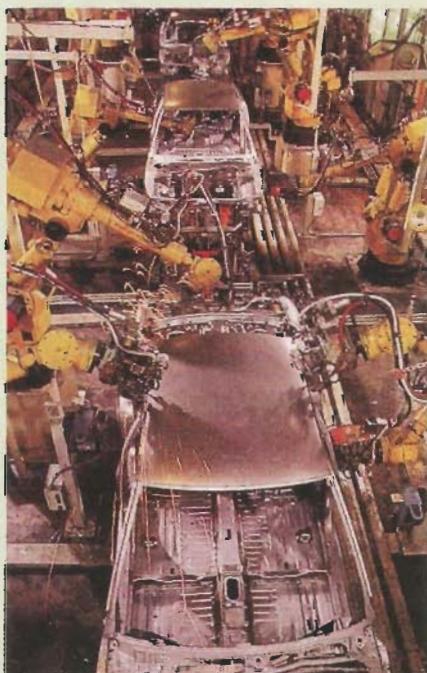
Al iniciarse el proceso de implementación de la norma ISO 9001 se



obtienen mejoras significativas en la calidad de los productos, los costos y los resultados operativos internos; a su vez la empresa puede iniciar la labor de la administración de la calidad para obtener aun más beneficios y desarrollar un sistema de mayor cubrimiento.

Normas complementarias a la ISO 9001

En el momento de desarrollar un sistema de calidad eficaz que propenda por un mejoramiento continuo, se debe hacer énfasis en la satisfacción de los clientes, el establecimiento de la responsabilidad de los diferentes procesos y en la evaluación de los riesgos y beneficios potenciales del sistema.



Cuando se va a implementar la norma ISO 9001 se deben tener en cuenta normas complementarias que guíen el proceso. Algunas de éstas se mencionan a continuación:

1. ISO 9000-2. "Normas para la administración de la calidad y aseguramiento de la calidad. Parte 2: Directrices genéricas para la aplicación de las normas de la serie ISO 9000". Proporciona a la empresa las pautas necesarias para implementar la norma ISO 9001.

2. ISO 9000-3. "Software". Atiende las directrices necesarias para facilitar la implementación de la ISO 9001 en empresas que desarrollan, suministran y mantienen el software.

3. ISO 9004-4. Toda empresa debe hacer referencia a esta norma para garantizar el mejoramiento continuo de la calidad.

4. ISO 10011-1. "Auditorías". Esta norma se debe instalar para verificar y documentar las auditorías, además proporciona las directrices necesarias para controlar la existencia e implementación del sistema de calidad.

5. ISO 10011-2. "Auditores". La norma proporciona los lineamientos para seleccionar y entrenar el personal para realizar las auditorías. Contiene aspectos sobre la educación, el entrenamiento, la experiencia, los atributos y las capacidades administrativas que se deben desarrollar para poder realizar esta función eficientemente.

6. ISO 10011-3. "Administración de las auditorías". Esta norma se debe aplicar cuando se planea la administración de una auditoría del sistema de calidad, proporcionando las directrices necesarias para este efecto.

7. ISO 10012-1. "Aseguramiento de la calidad para medición". Guía a la empresa en el establecimiento de programas para verificar la buena calidad de los productos.



Existe otro tipo de normas que se deben aplicar de acuerdo al producto que desarrolle la empresa. En el caso de Colombia, el ICONTEC (*Instituto Colombiano de Normas Técnicas*) es quien regula las normas por producto, ejemplos:

- NTC 317 Y NTC 4091: Transformadores de potencia.
- NTC 4491: Referencias documentales para fuentes de información electrónicas.

Contenido de la norma ISO 9001

Los veinte capítulos que comprende ISO 9001, referentes al diseño, el desarrollo, la producción, la instalación y el servicio, son:

1. Responsabilidad gerencial: En este punto la empresa debe tener en cuenta tres aspectos que son las políticas de calidad, la organización y la revisión.

2. Sistema de calidad: Este capítulo guía a la empresa en el establecimiento de un sistema para que el producto cumpla los requisitos especificados por el cliente y para la creación de un manual que incluya los procedimientos abreviados.

3. Revisión del contrato: Especifica claramente el deber que tiene la empresa de mantener actualizados los procedimientos de pedido, oferta, y contrato. La revisión se hace con el fin de asegurar que en un pedido se aclaren los requisitos pactados antes de su acep-

tación y se resuelvan los casos en que haya alguna diferencia.

4. Control de diseño: Se deben tener en cuenta las consideraciones en todas las fases relacionadas con el diseño de un producto al igual que todas las etapas del proceso.

La empresa debe definir procedimientos para la planificación del diseño y desarrollo de productos que incluyan programas de trabajo secuencial y paralelo, actividades de verificación, planes para evaluar la seguridad y métodos de medición y ensayo del producto. Hay que asignar las responsabilidades y otras funciones del trabajo al personal designado, además

de definir, documentar, coordinar y controlar las interrelaciones de las diferentes actividades.

5. Control de documentos y datos: Deben ser aprobados por el personal autorizado, los cuales establecen un listado de procedimientos, para efectuar un control y así disponer de ediciones permanentes y apropiadas.

6. Compras: En este capítulo se debe considerar la evaluación de subcontratistas, los datos de compras y la verificación del producto comprado.

7. Control de producto suministrado por el cliente: Trata de como establecer y mantener actualizados los documentos para la verificación, el almacenamiento y el mantenimiento de los suministros.

8. Identificación y trazabilidad del producto: Este punto de la norma trata sobre los procedimientos para identificar el producto, desde el momento de recepción y durante las etapas de producción, entrega e instalación.

9. Control de procesos: En este capítulo se identifican y planifican los procesos de producción, instalación y servicio posventa que incidan directamente en la calidad, además de asegurar que se efectúan en condiciones controladas y que se especifican los requisitos para cualquier calificación de las operaciones.

10. Inspección y ensayo: En esta parte de la norma se especifica como se establece y se mantienen actualizados los procedimientos para estas actividades, las cuales deben documentarse dentro del manual de calidad.

11. Control del equipo de inspección, medición y ensayo: Brinda las herramientas necesarias para mantener actualizados los procedimientos de control, calibración y mantenimiento de los equipos (incluyendo software).

12. Estado de inspección y ensayo: La empresa identifica el medio adecuado, que indique la conformidad o no conformidad del producto. Además





se debe mantener la identificación del estado de estos.

13. Control de producto no conforme: En la norma se establece como mantener actualizados los procedimientos documentados para asegurar la prevención del uso no intencional o la instalación del producto no conforme con los requisitos. Se controla la identificación, la documentación, la evaluación, la segregación (cuando sea factible), la disposición de defectuosos y la notificación a las funciones interesadas.

14. Acción correctiva y preventiva: En este capítulo se pretende orientar a las empresas en el establecimiento y mantenimiento actualizado de los procedimientos referentes a estas actividades.

15. Manejo, almacenamiento, embalaje, preservación y entrega: La empresa debe establecer y mantener actualizados procedimientos para el manejo, el almacenamiento, el embalaje, la preservación y la entrega del producto.

16. Control de los registros de calidad: Guía a la empresa en la elaboración de procedimientos para la identificación, la recolección, la indización, el acceso, la clasificación, el almacenamiento, la conservación y la eliminación de los registros de calidad, con el fin de mantener actualizada la documentación referente a dichos registros para extraer sólo la información necesaria y eliminar la obsoleta.

17. Auditorías internas de calidad: Las empresas deben establecer y mantener actualizados los procedimientos para la planificación y la implementación de este proceso, con el fin de verificar si las actividades y los resultados relacionados con la calidad son conformes con las disposiciones previstas y determinar la eficacia del sistema.

18. Entrenamiento: Esta aspecto le indica a la empresa como establecer y mantener planes para identificar las necesidades de entrenamiento y capacitación a todo el personal que efectúe actividades que incidan en la calidad de los productos y del sistema.

19. Servicio posventa: Trata la forma como se establecen y mantienen

los procedimientos para realizar, verificar e informar que el servicio posventa se cumple.

20. Técnicas estadísticas: Las empresas deben identificar las técnicas estadísticas requeridas para establecer, controlar y verificar la capacidad del proceso y las características del producto.

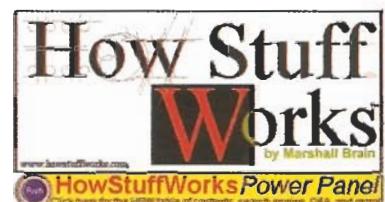
Conclusiones

- La norma ISO 9001 debe ser implementada en empresas que diseñen sus productos como una actividad independiente a la de producción.
- Existen ciertas normas complementarias que guían el proceso de implementación de la ISO 9001, las cuales deben ser desarrolladas para generar un sistema de calidad que satisfaga plenamente las necesidades de los clientes al igual que garantice la permanencia de la empresa en el mercado.
- La herramienta principal de un sistema de calidad está constituida por los procedimientos generales que se desarrollan en cada capítulo contenido en la norma. ■

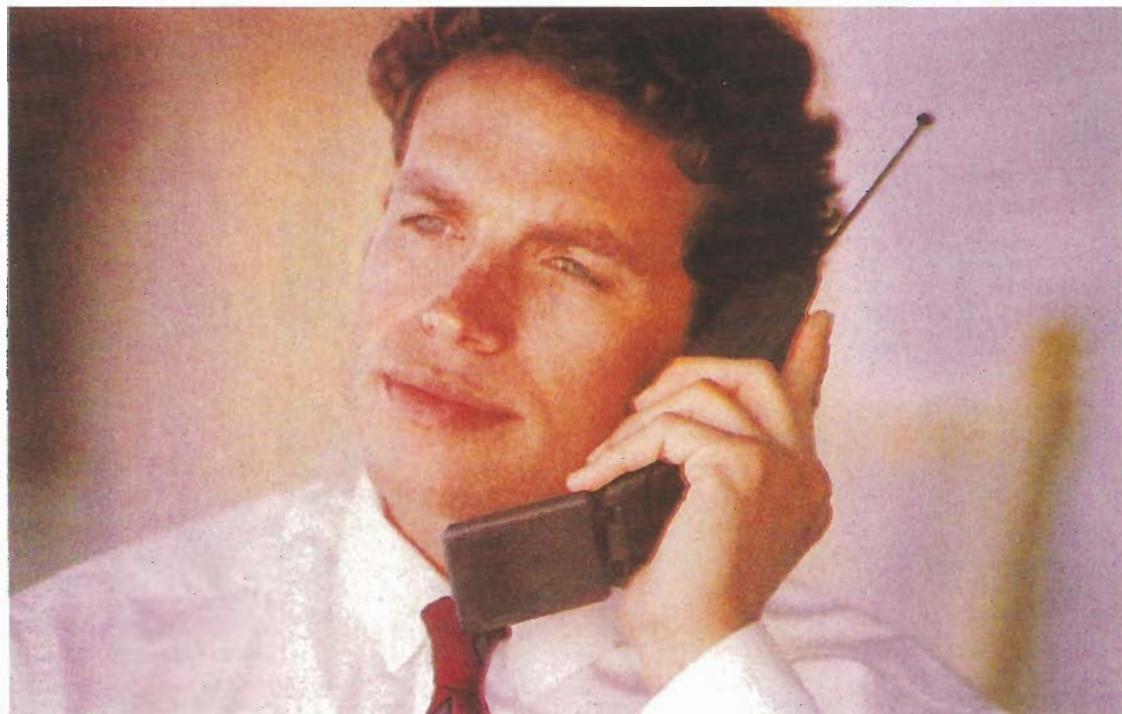
Bibliografía

- NTC ISO 9001
- NTC ISO 9000-1
- NTC ISO 9000-2
- *Coastal video communications corporation. ISO 9000. Manual de entrenamiento para el supervisor.*





La Telefonía celular



Por Marshall Brain*

Traducido y adaptado por:
Felipe González G.

* Marshall Brain, reconocido mundialmente por su habilidad para comunicar ideas complejas en forma clara y sencilla, es el creador de la popular página de Internet "How Stuff Works" (www.howstuffworks.com), en la que se basa esta sección, dedicada a explicar cómo trabaja cada cosa en el mundo que nos rodea, desde una célula hasta un misil, incluyendo naturalmente temas de electrónica y computadoras. Esta página fue elegida por los lectores, los medios de comunicación y la industria como "el sitio más fresco del año" en 1998.

La telefonía celular se ha popularizado tan rápidamente que casi en todo hogar u oficina hay por lo menos un usuario de este sistema de comunicaciones. Vale la pena, por lo tanto, conocer un poco más acerca de su funcionamiento básico.

Primero que todo veamos algo sobre la estructura interna de un teléfono celular, una de las maravillas de la tecnología electrónica moderna. Un teléfono celular es uno de los aparatos electrónicos modernos más complejos que existe en el momento ya que contiene en su espacio tan reducido una computadora completa en miniatura con su microprocesador, memoria, circuitos de

entrada y salida, pantalla, teclado, etc.; un circuito de proceso digital de señales o DSP, tema del cual hemos hablado ampliamente en otros artículos de esta misma publicación, una sección con los circuitos generadores de RF (Radio Frecuencia) y otra sección con los circuitos receptores y transmisores incluyendo un amplificador de potencia de RF (Una emisora en miniatura).

Cada una de estas secciones está formada principalmente por circuitos integrados de alta densidad, figura 1, o sea que contienen una gran cantidad de transistores en su interior. Además de estos circuitos, se encuentran como elementos principales también un micrófono muy

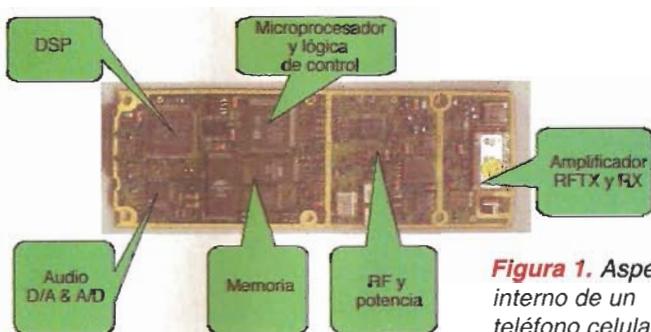


Figura 1. Aspecto interno de un teléfono celular

pequeño, un parlante, una pantalla de cristal líquido (LCD) o de plasma, un teclado similar al de los controles remotos, una antena, una batería recargable y el circuito impreso que contiene los circuitos integrados mencionados y otros componentes electrónicos como resistencias, condensadores, bobinas, conectores, etc.

El circuito de conversión A/D (Análogo Digital) y D/A (Digital Análogo) convierte la voz en una señal digital que es entregada al DSP (Procesador digital de señales), el cual realiza una serie de operaciones con la voz en forma digital a una velocidad de 40 MIPS (Millones de instrucciones por segundo), principalmente compresión y descompresión de la señal. La sección de RF genera las señales de alta frecuencia sobre las cuales se "modula" o agrega la voz para que pueda recorrer una distancia apreciable. Luego, esta señal se refuerza por medio del amplificador de RF para que la señal salga con buena potencia por la antena. El microprocesador y la memoria se encargan de realizar el control de todo el aparato, manejar el teclado, la pantalla, las funciones especiales como las memorias, los indicadores, etc.

Además de la maravilla de poder fabricar todos estos componentes acomodados en un espacio tan pequeño, gracias a la tecnología conocida como montaje superficial o SMT (Surface Mount Techno-

logy), se ha logrado un precio de fabricación realmente bajo gracias a la producción automatizada de millones de unidades principalmente por las empresas Motorola, Ericsson, Nokia, Samsung, etc.

El sistema celular de comunicaciones

Ahora veamos que es el sistema de telefonía celular basado en los millones de teléfonos de este tipo que hay en uso. Un teléfono celular es básicamente un transceptor o sea un radioreceptor y radiotransmisor al mismo tiempo que trabaja en modo "Duplex", es decir que recibe y transmite al mismo tiempo, figura 2. Para que esto pueda ocurrir, la frecuencia de recepción debe ser diferente a la de transmisión. Para poder funcionar dentro del sistema y no confundirse con otros teléfonos, un celular debe trabajar en 1664 canales.

Además de los teléfonos, otra parte fundamental del sistema es la red de células o células que reciben sus señales, que no son muy fuertes, y las retransmiten a los otros usuarios. Cada célula es un conjunto de receptores y transmisores montados en unas torres con la altura suficiente para que capten las señales de los teléfonos. Su cobertura está diseñada de tal forma que puedan trabajar en un área determinada relativamente pequeña de tal forma que su potencia no sea muy grande y que puedan trabajar con la baja potencia de un teléfono celular que es menor a un watio.

De esta configuración se ha derivado el nombre del sistema "Telefonía celular", ya que cada célula se va comunicando entre sí dependiendo de la ruta que establezcan los usuarios; figura 3. Todo este sistema se controla por medio de computadoras especializadas en este tipo de tareas con su respectivo software,

también especial, el cual incluye el establecimiento del tiempo y los usuarios de cada llamada con el fin de elaborar las cuentas correspondientes.

Estas células se van ampliando hasta lograr la cobertura de una región y las regiones se comunican entre sí hasta cubrir todo un país y luego por satélite, o por los sistemas de comunicaciones regulares, se comunican entre los diferentes países. Cuando un usuario se está movilizando, el sistema detecta que la intensidad de la señal se va reduciendo y va activando automáticamente células contiguas o si realiza una llamada desde otro sitio, activa otra célula cercana a ese sitio. Todo esto se realiza a una gran velocidad y automáticamente lo que hace parecer como si fuera un sólo sistema de comunicaciones de gran tamaño y gran cobertura.

La telefonía celular incluye una gran cantidad de funciones especiales de cómputo y de comunicaciones cuya explicación se sale del tema de esta sección pero que los lectores pueden explorar en las publicaciones y gran cantidad de páginas web que se encuentran al respecto. Ahora hay nuevos sistemas como el Iridium de cubrimiento mundial por medio de una red de satélites de baja altura, el TDMA (Time Division Multiple Access) y el sistema PCS (Personal Communication Services) que incluyen variantes sobre las frecuencias, anchos de banda, número de canales, etc.

Si Usted quiere conocer más sobre estos sistemas de comunicaciones, puede consultar la página web: www.privateline.com/PCS/PCS.htm en donde encontrará muy buena información sobre características técnicas, funcionamiento, regulaciones, historia, etc. ■

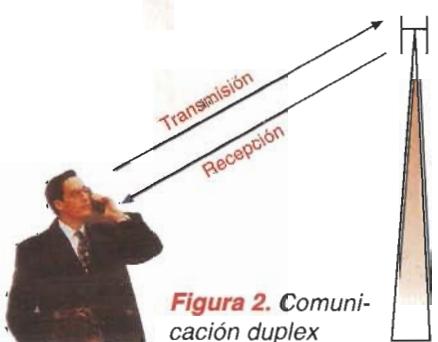


Figura 2. Comunicación duplex

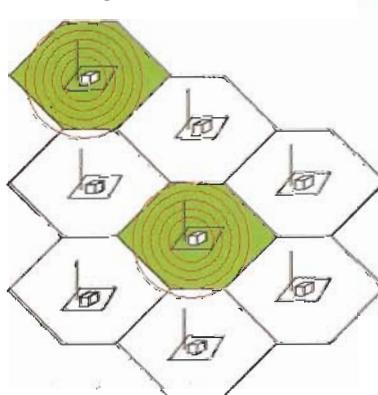
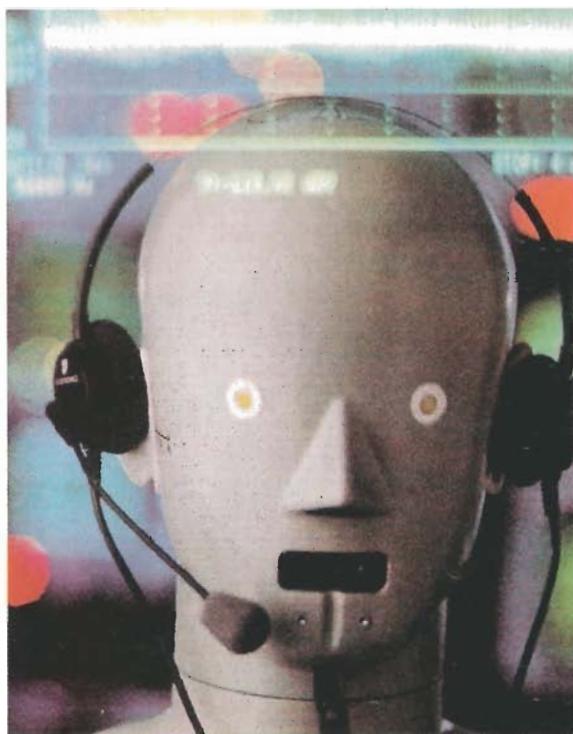


Figura 3. Células del sistema



Qué hay de nuevo en...

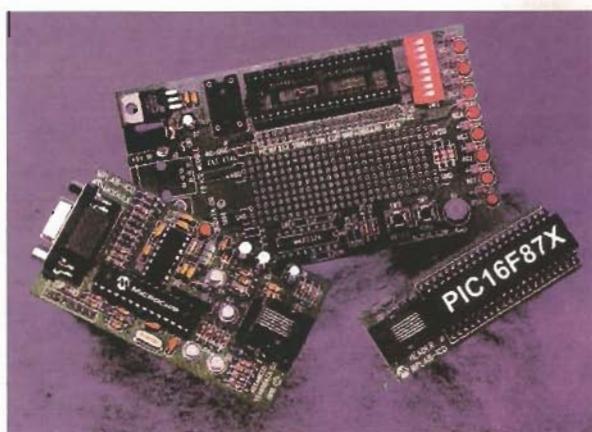
En esta sección hacemos referencia a aquellos dispositivos relacionados con la electrónica y las computadoras que, además de ser novedosos, llaman la atención por sus características y servicios prestados

Circuitos integrados

Microcontroladores PIC incluyen convertidor A/D de 10 y 12 bits

Microchip Technology redefine el mundo de los microcontroladores con capacidades análogas al incorporar en sus nuevas familias convertidores análogo a digital de 10 y de 12 bits. Otras características adicionales son la incorporación de un módulo programable para detección de bajos voltajes, sistema de reset Brown-Out programable, módulo USART compatible con RS-485 y con capacidad de direccionamiento de 9 bits, entre otros.

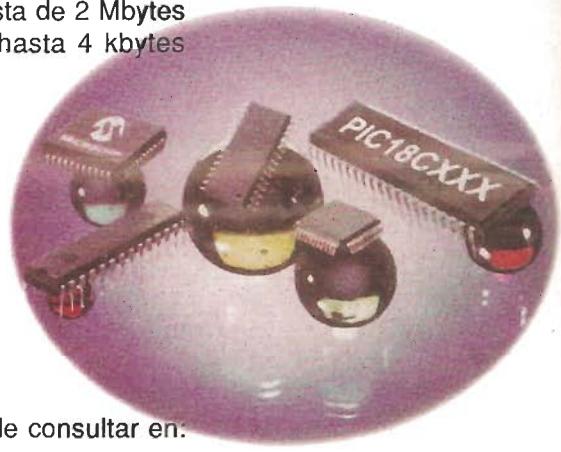
Todo lo anterior, sumado a las ventajas ya conocidas como la tecnología RISC, flexibilidad en el diseño dada la facilidad de migración entre familias y su bajo costo, hacen de esta familia de microcontroladores una excelente opción, tanto para los diseñadores de productos de consumo masivo, como para los aficionados y estudiantes. Las referencias de microcontroladores que incorporan estas características son, entre otras, los PIC16C717/770/771, los PIC16C773/774, los PIC16F873/874/876/877 y los PIC17C752/756^a/762/766.



Nueva familia de microcontroladores PIC 18CXXX

Esta nueva familia de microcontroladores se caracteriza porque posee una arquitectura y un conjunto de instrucciones optimizados para compiladores de lenguaje C, obviamente, también es compatible con las instrucciones de la tradicional familia 16CXX. Otras características especiales de estos dispositivos son las siguientes:

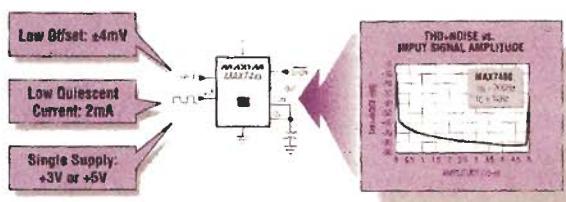
- Capacidad de direccionamiento de memoria de programa hasta de 2 Mbytes
- Capacidad de direccionamiento de memoria de datos de hasta 4 kbytes
- Velocidad de ejecución hasta de 10 MIPS
- Niveles de prioridad para interrupciones
- Multiplicación 8x8 en un solo ciclo
- 3 Timers
- 2 Módulos de captura/comparación/PWM
- Módulo USART direccionable
- Puerto paralelo esclavo
- Interface serial I2C y SPI
- Convertidor análogo a digital de 10 bits
- Instrucciones de 16 bits



Para obtener mayor información de estos dispositivos se puede consultar en:

<http://www.microchip.com>

Filtro pasabajos de 8º orden



La empresa Maxim puso en el mercado la serie de circuitos integrados MAX740X, los cuales cumplen la función de filtros pasabajos de orden 8. Dentro de sus principales características se encuentran su bajo consumo de corriente (2mA en operación y 0,2 μ A en shutdown), frecuencia de operación entre 1Hz y 10kHz (sintonizable), encapsulado de 8 pines SO (montaje superficial), etc. Para obtener mayor información se puede consultar en:

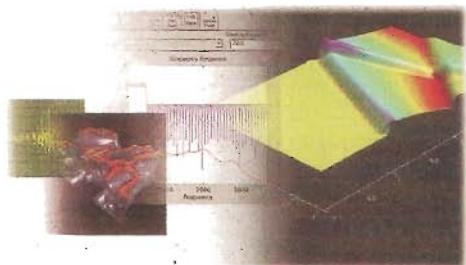
<http://www.maxim-ic.com>

Instrumentación

Adquisición de datos desde MATLAB

Ahora, gracias a un nuevo Toolbox desarrollado por la empresa Mathworks, se puede hacer adquisición de datos directamente desde el programa Matlab. Este nuevo Toolbox permite comunicarse con una variedad de equipos de adquisición de datos, incluyendo tarjetas de National Instruments, Hewlett Packard y tarjetas de sonido, entre otros. Esto permite que todo el trabajo de adquisición, análisis, visualización y modelado de sistemas se pueda realizar en un solo ambiente, ahorrando tiempo de desarrollo y costos de operación. Para obtener mayor información se puede consultar en:

<http://www.mathworks.com/ntba>



Computadoras

Computadoras Portátiles de 400 Mhz

Las computadoras portátiles generalmente van un poco por debajo con respecto a la velocidad de los procesadores de computadoras de escritorio. Estos son algunos de los primeros modelos que funcionan a tal velocidad, uno con el microprocesador Celeron de Intel y el otro con uno de K6-2 de AMD. Observe además algunas propiedades adicionales.

ERA1100

AMD K6-2 de 400 MHz

DVD-ROM Drive

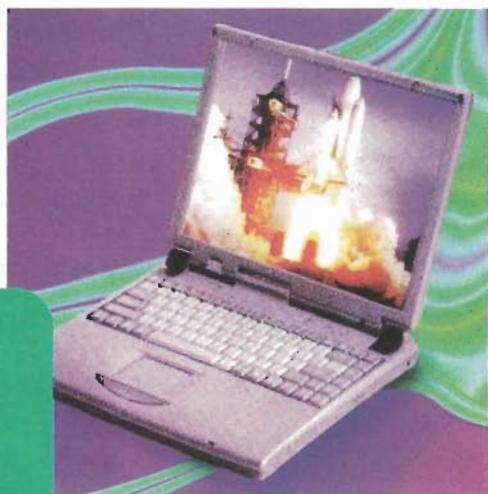
Propiedades de 3D

Vídeo de 14.1 " de matriz activa

Disco duro de 6.4 GB

128 MB RAM

PCCOMP 72



WinBook

305

Intel Celeron de 400MHz

DVD-ROM Drive

128 K caché L2

32 MB SDRAM expansible a 256 MB

Vídeo de 14.1 " de matriz activa

Acelerador gráfico de 4MB

Disco duro de 6 GB

PCMag

Más información en www.winbook.com

Computadora Panel PC

Esta computadora ha sido diseñada con empaque para soportar medios ásperos, tal como el ambiente industrial. Se ajusta a las normas estándares NEMA 4/12 que hacen referencia a las condiciones de protección que deben cumplir ciertos dispositivos electrónicos. También posee un puerto de características especiales para comunicaciones con ruido eléctrico. Observe algunas características técnicas de esta PC especializada.

Pantalla LCD de matriz activa de 12.1"
Microprocesador MMX o Celeron
Hasta 128 MB de RAM
Flash Disk de 72 MB
3 puertos RS-232
1 puerto RS-422/485
CD-ROM Drive
Unidad de disquete

Más información en www.hei-sei.com



Industrial PC

Esta es una computadora que está equipada con una serie de aplicaciones y utilidades especiales para comunicarse con equipos y máquinas de control industrial. Este modelo emplea microprocesador MMX de 233 MHz y funciona con sistemas operativos MS-DOS o Windows de cualquier versión. Posee cuatro puertos seriales, un puerto paralelo y tres ranuras de expansión de tipo ISA. Es compatible con monitores convencionales o con pantallas LCD. Su alimentación de voltaje puede ser desde 100V hasta 240 VAC.

Más información en www.palapc.com



Impresora multifuncional



Los dispositivos polifuncionales siguen ganando mercado dentro de los usuarios de sistemas de cómputo. Este equipo se caracteriza especialmente por su tamaño reducido ya que la mayoría de estas máquinas ocupan un buen espacio en el sitio donde son ubicadas. Observe algunas características técnicas del modelo HP LaserJet 1100^a.

Servicios de Impresora, Copiadora y Escáner
Resolución de 600 dpi
Para Windows en cualquier versión
Incluye software de reconocimiento de texto (OCR) para el escáner .

UPS APC

Definitivamente una buena UPS es la principal herramienta para la protección de los datos de una computadora y en especial de una red. Esta UPS es de tipo Smart (inteligente), lo que le permite al administrador de red programarla por medio de un software para que ejecute determinadas tareas dependiendo de algún evento detectado.





MAX6575/76/77

Sensores de temperatura SOT con salida digital unifilar

JORGE E. HERNÁNDEZ M.

La serie de sensores MAX6575/76/77 de Maxim, introducidos oficialmente al mercado el 20 de Mayo de 1999, ofrecen como característica sobresaliente una interface digital que comunica a un microprocesador o un microcontrolador, sobre una sola línea de control, información de temperatura, codificada en la frecuencia, el período o el tiempo de retardo de la señal de salida. Este artículo examina sus características generales.

Los nuevos circuitos integrados MAX6575, MAX6576 y MAX6577, de Maxim Integrated Products, naturalmente, son sensores de temperatura de bajo costo y baja corriente con salida CMOS push-pull de un solo hilo ideales para interconectarse con microprocesadores y/o microcontroladores. Todos estos dispositivos se ofrecen actualmente en cápsula SOT23 de 6 pines, figura 1, están garantizados para operar en el rango de temperaturas desde -40°C hasta +125°C y operan con tensiones de alimentación desde +2.7V hasta +5.5V. Además, consumen típicamente 140µA, lo cual los hace ideales para su uso en equipos portátiles operados por baterías, y ofrecen típicamente exactitudes de $\pm 1.1^{\circ}\text{C}$ @ -20°C, $\pm 0.9^{\circ}\text{C}$ @ 0°C, $\pm 0.8^{\circ}\text{C}$ @ 25°C, $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ @ 85°C y $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ @ 125°C. Su

precio de introducción (Mayo de 1999) es del orden de U\$0.74 para pedidos de más de 2500 unidades.

El MAX6575, disponible en versiones "L" y "H", convierte temperatura en tiempo, entregando como salida un pulso monostable cuya duración o retardo, contado a partir del momento en que se aplica un pulso de disparo en su línea I/O (pin 6), es proporcional a la temperatura absoluta (°K), figura 2a. Se pueden conectar hasta 8 sensores a una misma línea I/O, cada uno programado con un factor de conversión o escala diferente para evitar la superposición de las respuestas. Este factor se fija combinando los estados lógicos de TS1 (pin 5) y TS0 (pin 4), como se indica en la tabla 1. Note que la versión MAX6575L proporciona los rangos

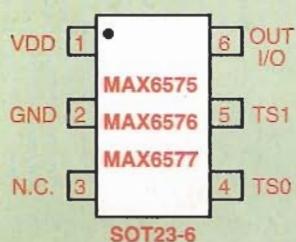


Figura 1. MAX6575/76/77. Distribución y función de los pines

PIN	NOMBRE	FUNCION
1	VDD	Línea positiva de alimentación (desde +2.7V hasta +5.5V).
2	GND	Tierra o terminal común de referencia.
3	NC	No conectado. Puede conectarse a tierra o dejarse abierto.
4, 5	TS0, TS1	Entradas de selección que fijan el factor de escala de temperatura dependiendo de la combinación de sus estados lógicos (ver tabla 1). Gobiernan internamente un monostable (MAX6575) o un oscilador (MAX6576/77) controlado por temperatura.
6	OUT o I/O	Para el MAX6575 (I/O) es un pin de interfaz bidireccional cuya diferencia de tiempo entre flancos de bajada consecutivos es proporcional a la temperatura absoluta (ver figura 2a). Para el MAX6576/77 (OUT) es una salida de onda cuadrada con período/frecuencia proporcional a la temperatura absoluta (ver figuras 2b y 2c).

“bajos” de 5, 20, 40 y 80 $\mu\text{s}/^\circ\text{K}$, mientras que la versión MAX6575H proporciona los rangos “altos” de 160, 320, 480 y 640 $\mu\text{s}/^\circ\text{K}$. En cualquier caso, la temperatura en $^\circ\text{C}$ correspondiente a un retardo entre flancos dado (t_{Dx}) se evalúa mediante la siguiente fórmula:

$$T(^\circ\text{C}) = \frac{\text{Retardo}(\mu\text{s})}{\text{Multiplicador}(\mu\text{s}/^\circ\text{K})} - 273.15^\circ\text{K}$$

El microprocesador o microcontrolador asociado a uno o más sen-

MAX6575. Definición de parámetros de tiempo

t_{RESET} = Tiempo que la línea I/O debe ser mantenida baja para garantizar que el dispositivo quede a la espera del disparo externo. Mínimo: 4.6ms. Máximo: 16ms

t_{SETUP} = Tiempo que la línea I/O debe ser alta con anterioridad al pulso de disparo. Típico: 10 μs

t_{START} = Duración del pulso de disparo activo bajo que inicia la secuencia de temporización. Mínimo: 2.5 μs . Máximo: 1 ms

t_{Dx} = Retardo de tiempo entre el flanko de bajada del pulso de arranque y el flanko de bajada iniciado por el chip #x

t_{Lx} = Tiempo en bajo del pulso I/O del chip #x. Típico: 5T (T= Temperatura en $^\circ\text{K}$)

t_{READY} = Tiempo después del flanko de bajada del pulso de arranque para que el MAX6575 se autoinitialice y quede a la espera del siguiente pulso de disparo. Máximo: 520 ms

sores MAX6575 se informa de los valores de temperatura detectados por cada uno midiendo el retardo de tiempo entre el flanko de bajada del pulso externo de disparo aplicado al pin I/O y los flancos de bajada subsiguientes reportados. Por tanto, una vez que el μP o μC hace bajo y libera el pin I/O, el control del mismo lo asume el MAX6575. La conversión de temperatura comienza con el flanko de bajada de la señal de disparo y termina con el flanko de bajada propio de la señal I/O, el cual ocurre un tiempo t_{Dx} después.

El MAX6576, convierte temperatura en período, entregando como salida una onda cuadrada simétrica ($D=50\%$) con un período proporcional a la temperatura absoluta ($^\circ\text{K}$), figura 2b. El rango o factor de escala de temperatura se fija combinado los estados lógicos de TS1 (pin 5) y TS0 (pin 4), como se indica en la tabla 1. En este caso, la temperatura en $^\circ\text{C}$ correspondiente a un período de señal dado (T_{OUT}) se evalúa mediante la siguiente fórmula:

$$T(^\circ\text{C}) = \frac{\text{Período}(\mu\text{s})}{\text{Multiplicador}(\mu\text{s}/^\circ\text{K})} - 273.15^\circ\text{K}$$

El MAX6577, convierte temperatura en frecuencia, entregando como salida una onda cuadrada simétrica ($D=50\%$) con una frecuencia proporcional a la temperatura absoluta ($^\circ\text{K}$), figura 2c. Nuevamente, el rango o factor de escala de temperatura se fija combinado los estados lógicos de TS1 (pin 5) y TS0 (pin 4), como se indica en la tabla 1. En este caso, la tempe-

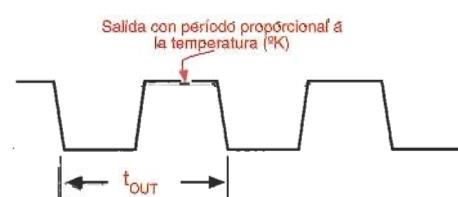


Figura 2b. MAX6576. Diagrama de temporización.

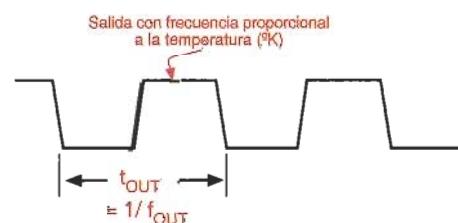


Figura 2c. MAX6577. Diagrama de temporización.

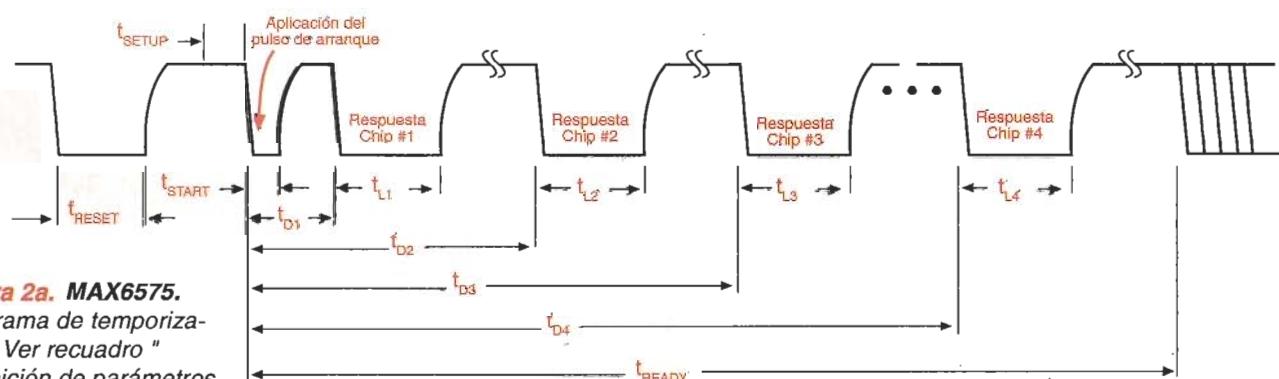


Figura 2a. MAX6575. Diagrama de temporización. Ver recuadro “Definición de parámetros de tiempo”.

TS1	TS0	MULTIPLICADOR
MAX6575L		
GND	GND	5 ($\mu\text{s}/^\circ\text{K}$)
GND	VDD	20 ($\mu\text{s}/^\circ\text{K}$)
VDD	GND	40 ($\mu\text{s}/^\circ\text{K}$)
VDD	VDD	80 ($\mu\text{s}/^\circ\text{K}$)
MAX6575H		
GND	GND	160 ($\mu\text{s}/^\circ\text{K}$)
GND	VDD	320 ($\mu\text{s}/^\circ\text{K}$)
VDD	GND	480 ($\mu\text{s}/^\circ\text{K}$)
VDD	VDD	640 ($\mu\text{s}/^\circ\text{K}$)
MAX6576		
GND	GND	10 ($\mu\text{s}/^\circ\text{K}$)
GND	VDD	40 ($\mu\text{s}/^\circ\text{K}$)
VDD	GND	160 ($\mu\text{s}/^\circ\text{K}$)
VDD	VDD	640 ($\mu\text{s}/^\circ\text{K}$)
MAX6577		
GND	GND	4 ($\text{Hz}/^\circ\text{K}$)
GND	VDD	1 ($\text{Hz}/^\circ\text{K}$)
VDD	GND	1/4 ($\text{Hz}/^\circ\text{K}$)
VDD	VDD	1/16 ($\text{Hz}/^\circ\text{K}$)

Tabla 1. MAX6575/76/77. Selección de factores de escala

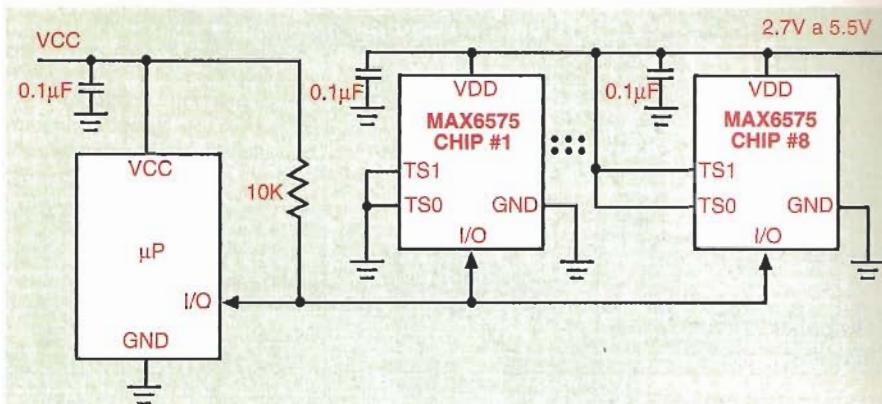
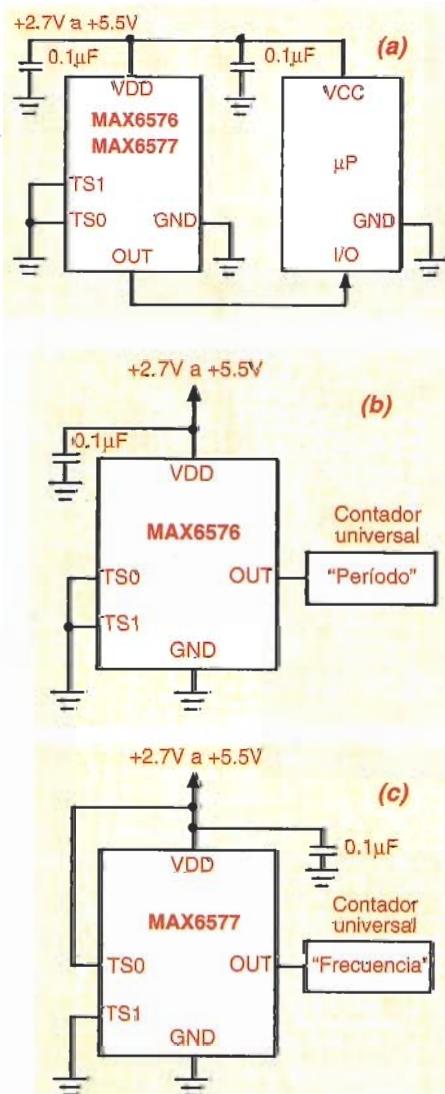


Figura 3. Conexión de múltiples sensores MAX6575 a un microprocesador genérico

ratura en °C correspondiente a una frecuencia de señal dada (F_{OUT}) se calcula como sigue:

$$T(^{\circ}\text{C}) = \frac{\text{Frecuencia}(\text{Hz})}{\text{Multiplicador}(\text{Hz}/^{\circ}\text{K})} - 273.15^{\circ}\text{K}$$

Los sensores MAX6575/76/77 pueden ser utilizados en una gran variedad de aplicaciones de control y monitoreo de temperatura, incluyendo sistemas de microprocesadores y microcontroladores, equipos portátiles operados por batería, teléfonos celulares, packs de baterías, drives de discos duros y cintas, equi-

pos de redes y telecomunicaciones, equipos médicos, sistemas de control automotrices, etc. En las figuras 3 y 4 se presentan algunos ejemplos prácticos de aplicación de estos chips. El circuito de la figura 4d, en particular, muestra como interesar un MAX6577 a un microcontrolador 8051. ■

Para más información, se remite al lector a la página web de Maxim en la siguiente dirección de Internet:

<http://www.maxim-ic.com>

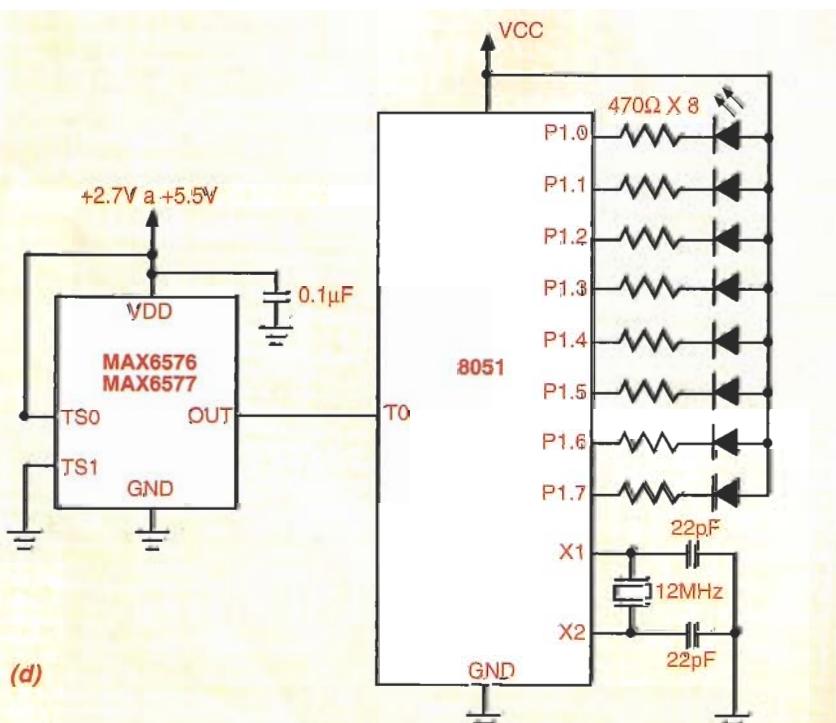
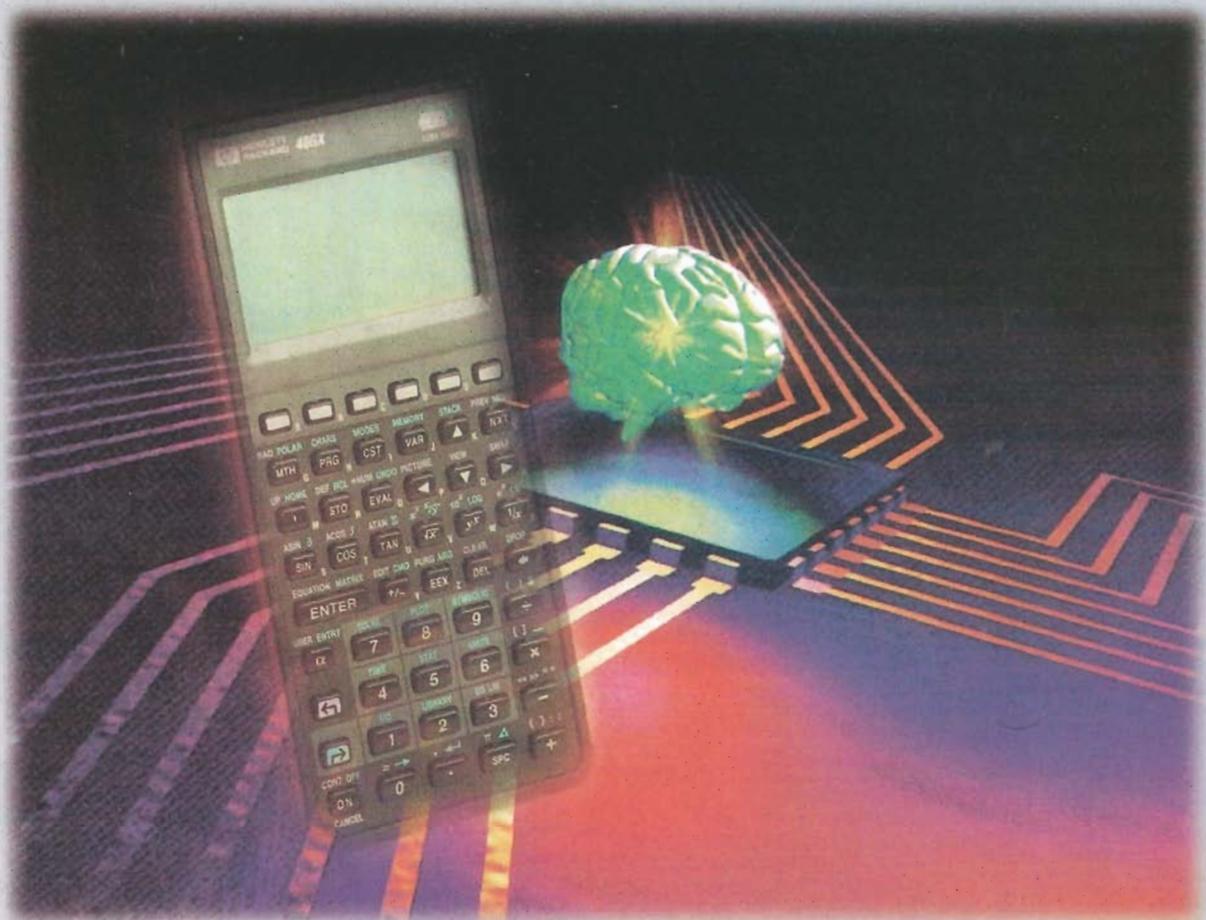


Figura 4. MAX6575/76/77. Circuitos típicos de aplicación

- (a) Conexión de un MAX6576/77 a un microprocesador genérico
- (b) Conexión de un MAX6576 a un contador de período
- (c) Conexión de un MAX6577 a un contador de frecuencia
- (d) Conexión de un MAX6576/77 a un microcontrolador 8051

Programación en Assembler para la **HP48**



FELIPE GONZALEZ SÁNCHEZ

fgonzale@openway.com.co

En el artículo anterior se dió una breve introducción al lenguaje ensamblador de la HP48, partiendo con una descripción general de la composición del hardware de la calculadora como requisito fundamental para conocer este tema. Para continuar, es necesario haber estudiado el artículo anterior y conocer el modo de operación de la HP48 de manera profunda como se logró a través de los artículos anteriores de SysRPL y UserRPL.

La introducción abarcó la descripción de los diferentes registros que contiene el procesador Saturno de la HP48, y también el uso de algunas instrucciones básicas para poder entrar en materia. Lo que realmente vamos a hacer es conocer cada vez más el hardware de la HP48, en cuanto a su arquitectura y a la gestión del sistema operativo, siendo así estos dos elementos la pieza fundamental para el aprendizaje del lenguaje ensamblador o assembler.

No sobra repetir que es totalmente recomendable hacer un backup del contenido de la calculadora a la computadora, ya que desafortunadamente un error en un programa hecho en lenguaje ensamblador se paga muy caro. En la mayoría de las veces con el borrado absoluto de la memoria de la HP48.

Cuando vimos SysRPL, era necesario compilar los programas para crear ejecutables; de esta forma nos vefamos obligados a utilizar una herramienta adicional para poder crear aplicaciones. Para este fin usamos *Hptools* que es un paquete de libre distribución donde el proceso de compilación se hace directamente en la computadora y de allí se transfiere directamente el ejecutable hacia la calculadora.

Como se pudo ver en artículos anteriores, *Hptools* es el pionero en esta área y presenta muchas ventajas, entre ellas la mezcla de SysRPL y ASSEMBLER en un mismo código dando flexibilidad al programador que quiere usar técnicas modulares programando en assembler la parte crítica en velocidad y dejando el resto en SysRPL; este caso lo ilustramos en el artículo anterior.

El proceso de compilación puede volverse aburrido cuando este procedimiento se hace repetitivo a medida que se depura el código del programa; desgraciadamente la forma de hacerlo es probando el ejecutable directamente en la calculadora. La parte crítica del uso de *Hptools* es la constante transferencia de la computadora a la calculadora y el establecimiento de la conexión entre las dos máquinas al repetirse una y otra vez.

Realmente, cuando los programas son muy grandes, es preferible utilizar la computadora para escribir, pero vamos a cambiar de ambiente de desarrollo para la parte de assembler; ahora usaremos un compilador que funciona directamente en la calculadora y que es mucho más simplificado. Este compilador que utilizaremos sólo sirve para compilar programas en assembler, no de SysRPL. Si el programa que usted escribe, es realmente largo. Se recomienda usar el ambiente de *Hptools* desde la computadora. El set o conjunto de instrucciones es casi igual en ambos ambientes así que usted puede cambiar de uno a otro sin ningún problema, sólo traspase su código fuente a cualquiera de las dos opciones.

El compilador que usaremos será el HP-ASM escrito por Jean Ives Avenard un experto programador de la HP48 desde hace muchos años. Este compilador es realmente fácil de usar; es una librería que toma una cadena que contenga el código fuente en assembler y lo convierte en un objeto ejecutable. Para crear el código fuente, se podría usar en teoría cualquier editor de cadenas de la HP48, que podría ser eventualmente el EDIT incluido pero es demasiado lento e incómodo para trabajar, así que usaremos también un editor especial llamado MiniWriter que es una especie de procesador de palabras que nos deja usar toda la pantalla con un tipo de letra muy pequeño con el fin de obtener la mayor comodidad posible. En la figura 1 podemos ver como se ve un programa usando MiniWriter.

De esta forma, con MiniWriter crearemos una cadena que contenga el código fuente y posteriormente se usará esa cadena para compilar con HP-ASM que entrega el ejecutable. El paquete que incuye todos los programas los puede bajar de:

<http://www.cekit.com.co/hp48/assembler.zip>

Este archivo contiene el MiniWriter, El HP-ASM y UFL que es otra librería que contiene los tipos de letra

```
CODEHEX
#=DATA1 A
01=C B
#=DATA2 B
00=D00+5
FC=(A) 0
```

Figura 1. Editor Miniwriter que usaremos para crear el código fuente

que requiere MiniWriter. Estos programas se pueden obtener de forma individual de:

<http://www.hpcalc.org>

Para instalar las herramientas necesarias, debe bajar a la calculadora tres librerías: MiniWriter que es la librería #1313, UFL que es la #257 y HP-ASM que es la #1308. Al instalar estas tres librerías, tiene lo que necesita para poder trabajar. Miniwriter cuenta con un sólo comando EDITM que toma una cadena del nivel 1 de la pila y la edita; al terminar presione ON-CANCEL y tendrá en el nivel 1 la cadena resultante. Esta cadena la puede almacenar en una variable como si fuera cualquier objeto.

UFL no necesita manipularse para nada ya que MiniWriter se encarga de eso internamente. HP-ASM posee varios comandos que explicaremos brevemente para poder entrar en materia. Al entrar a la librería HP-ASM encontrará los siguientes comandos:

ASM. Toma una cadena del nivel 1 de la pila e intenta compilarla asumiendo que es código fuente de assembler.

ED. Especifica el editor; opción que no utilizaremos.

OPT. Entrá al menú de configuración que tiene las siguientes posibilidades:

CODE/HEXA. Cambia entre estos dos modos; si se usa CODE se genera un ejecutable mientras que HEXA crea una lista de direcciones de ROM; en nuestro caso, esta opción debe permanecer en CODE.

0-15/1-16. Permite usar los contadores de 0 a 15 o de 1 a 16. Esta opción puede prestarse para confusiones ya

```

C=DAT1 A    X CARGO EN C
COLEX       X INTERCAMBIO D Y D1
H=DAT1 A    X LED EN A
D1=C         X RECUPERAR C
LC 02AAC    X PROLOGO DE CADENA
%<C A
GOTOS SHIFT
D1=D1+ 5
D=D+1 A
D1=D1+ 5

```

Figura 2. Programa para ser procesado por HP-ASM, nótese el uso de *, @ y %.

que hay personas que prefieren contar 16 unidades empezando por el 1 que empezando por el cero; esta opción la dejaremos en 0-15 que es como trataremos los programas aquí y es como el procesador lo hace internamente en la realidad.

PC/HP. Permite usar el conjunto de instrucciones de *Hptools* o una ligera variación presente en HP-ASM aprovechando el ASCII extendido de la HP48, por compatibilidad usaremos PC.

JMP/UNJ. Esta opción le permite al compilador calcular las direcciones efectivas para hacer los saltos (bifurcaciones) durante la compilación, o dejar pendientes estos valores hasta el momento de la ejecución, lo más recomendable es dejarlo en JMP.

OFF/ON. Permite apagar la pantalla durante el proceso de compilación con el fin de acelerarlo; cualquiera de los 2 modos está bien. Si se apaga la velocidad de compilación, se incrementa en un 12% aproximadamente.

EXIT. Sale del menú.

Con esta lista de comandos se opera el compilador el cual no debe presentar ningún problema ya que el proceso aquí es mucho más simplificado que con *Hptools*. Recuerde que este compilador sólo sirve para assembler y no acepta instrucciones de SysRPL. Los programas no necesitan ningún encabezado especial como sucedía en *Hptools*

con el HPHP48-D etc. Existen algunos caracteres especiales para marcar ciertos aspectos:

* **Etiqueta.** Para marcar una parte del código se usa * seguido por un nombre cualquiera identificador; esto es útil para marcar trozos de código a donde desemboque un JUMP , lo cual veremos más adelante.

@ Marca el final del código fuente y debe ser incluido en absolutamente todos los programas en la parte final para advertirle al compilador HP-ASM.

% Indica al compilador que lo que viene después de este símbolo, es un comentario y por lo tanto no se tiene en cuenta.

El compilador HP-ASM sólo permite usar una instrucción por línea; de esta forma podemos ver en la figura 2 como se vería un trozo de código fuente en MiniWriter desde el principio hasta el final con un label y comentario.

Set o conjunto de instrucciones

El conjunto de instrucciones del Saturno está conformado por 140 instrucciones aproximadamente lo cual hace imposible estudiarlas todas en estos artículos de manera que veremos las principales y daremos una fuente a la cual el lector pueda referirse para encontrar el significado y uso de las restantes.

Para ejecutar casi cualquier operación, lo que se hace en esencia es manipular información usando los registros del procesador, esa es la clave del lenguaje ensamblador. Al tener un conocimiento más profundo sobre los tipos de objetos, por ejemplo, y sobre las posiciones de memoria donde se dirigen los dispositivos, se puede controlar absolutamente todo.

La parte clave para manipular información son los registros D0 y D1, que son los apuntadores que se utilizan para leer y escribir en memoria. Estos registros son utilizados constantemente por el sistema operativo para mantener la calculadora en modo RPL por lo cual no podemos perder sus valores, y al final del programa, estos registros deben contener los mismos valores que poseían inicialmente.

Ejemplo 1

Este programa deshabilitará el uso de los indicadores de la parte superior de la calculadora , es decir vamos a apagar el indicador de ocupado, el del puerto de comunicaciones, los SHIFT y el ALPHA. Esto se logra cambiando una posición de memoria que contiene esa información, la posición # 0010Ch. Los primeros cuatro bits, es decir el nibble 1, es el que va a ser modificado con el siguiente criterio:

Bit 0: indicador de ocupado ON/OFF

Bit 1: indicador de puerto ON/OFF

Bit 3: no definido

Bit 4: todos los indicadores ON/OFF

De esta manera, lo que vamos a hacer será apagar todos los indicadores manipulando el bit correspondiente, programa 1.

En este programa tenemos varias cosas: Cuando vamos a leer o escribir en una posición, es necesario usar un apuntador que obligatoriamente tiene que ser D1 ó D0 que son utilizados por el sistema operativo y por eso hay que guardar el valor y luego restaurarlo. Como sabemos, D1 contiene inicialmente un valor referido al primer nivel de la pila que apunta hacia la dirección del objeto, así que al escribir directamente en D1 cambiaríamos la dirección del objeto del nivel 1 lo cual no queremos hacer. Con la instrucción

```

CD1EX      % Intercambio el valor de D1 con C, de esta forma guardo en C en D1 para preservar el D1 original.
D1= 0010C   % Cargo en D1 el valor al cual quiero que apunte para poder manipular su contenido.
LA 0        % Cargo 0 en A que es el valor en el cual voy a poner el nibble para apagar todo.
DAT1=A 1    % Escribo en D1 el valor que hay guardado en A
D1=C        % Restaura D1 original
A=DAT0 A    % Instrucciones para dejar la calculadora como estaba inicialmente
D0=D0+5
PC=(A)
@          %

```

CD1EX se intercambian los valores de C y D1 y de esta forma se tiene el valor de D1 en C.

Luego se carga en D1 la dirección 0010C que sirve ahora para referirme al contenido de esa dirección usando el apuntador D1; es decir D1 apunta a esa dirección. Recuerde que el directive % indica comentario en el código fuente; de esta manera se puede añadir lo que quiera en HP-ASM y no se tendrá en cuenta.

A continuación se carga el valor del *nibble* que se quiere cambiar en el registro A; en este caso se puso 0, pero se podría haber usado cualquier otro valor que mantuviera el bit de muestra de todos los indicadores apagado.

La instrucción DAT1=A 1 indica que se debe escribir en la dirección a la que apunta D1 con el contenido de A, y que sólo se va a escribir 1 nibble.

Luego se restaura el valor de D1 para dejarlo donde estaba inicialmente y para concluir, se usan las tres instrucciones que ya conocemos para restaurar los valores iniciales que permiten la ejecución de RPL en la calculadora lo cual es obligatorio hacer, y para terminar el programa, se incluye el carácter @ que marca el fin del código fuente. Es importante que este sea el último carácter y no pase una línea nueva después de él porque el compi-

lador producirá un error como el que muestra la figura 3.

Este programa lo que hace es apagar todos los indicadores; note que al presionar SHIFT o durante cualquier operación, no se encienden estos. El sistema operativo hace una actualización cuando se apaga la calculadora, así que al apagarla y encenderla de nuevo, tendrá los indicadores otra vez funcionando.

Formatos de objetos y bifurcación

Existen aproximadamente 30 tipos de objetos diferentes en la HP48, y cada objeto tiene un formato diferente, pero tienen en común un encabezado al que se le llama prólogo que es único a cada objeto con el fin de que el sistema operativo lo reconozca y actúe debidamente. Para ilustrar esto, haremos un programa que discrimine entre diferentes tipos de objetos y a su vez, introduciremos el concepto de bifurcación usando saltos.

Para poder tomar decisiones en un programa es necesario tomar caminos diferentes dependiendo de la situación que se tenga por lo cual es necesario crear *labels* o etiquetas. Las etiquetas van a marcar cierta parte del código para saber a qué lugar saltar cuando se presenten ciertas condiciones. Los *labels* se denotan con el prefijo * y lo veremos a continuación en un programa de ejemplo, pero antes veamos la manipulación de los diferentes tipos de objetos.

ASM Error:	
CR Or @ Missing	
4:	
3:	
2:	
1: "C=DAT1 A % CARG...	
TMP DR IND IOPAR	

Figura 3. Error producido por HP-ASM al no ser @ el último carácter del código fuente.

Como dijimos anteriormente, los primeros 5 *nibbles* de cualquier objeto indican el prólogo o identificador, así que al verificar esto se puede saber de qué tipo de objeto estamos hablando. Los *nibbles* que siguen definen la información de cada objeto específico que veremos en otro artículo. El programa 2 tendrá el siguiente objetivo: toma dos elementos cualquiera de la pila; si el nivel 1 es una cadena hace SWAP con el nivel 2, si el nivel 1 no es una cadena hace DROP de los 2 objetos. Debe haber al menos 2 objetos en la pila, ya que no hay verificación.

En este programa se puede observar el uso de la bifurcación usando las instrucciones GOYES que actúa según el valor del carry, y GOTO que es un salto inminente sin importar el carry. En el siguiente artículo continuaremos con más instrucciones y manearemos la pantalla.

Preguntas, dudas ?:

fgonzale@openway.com.co

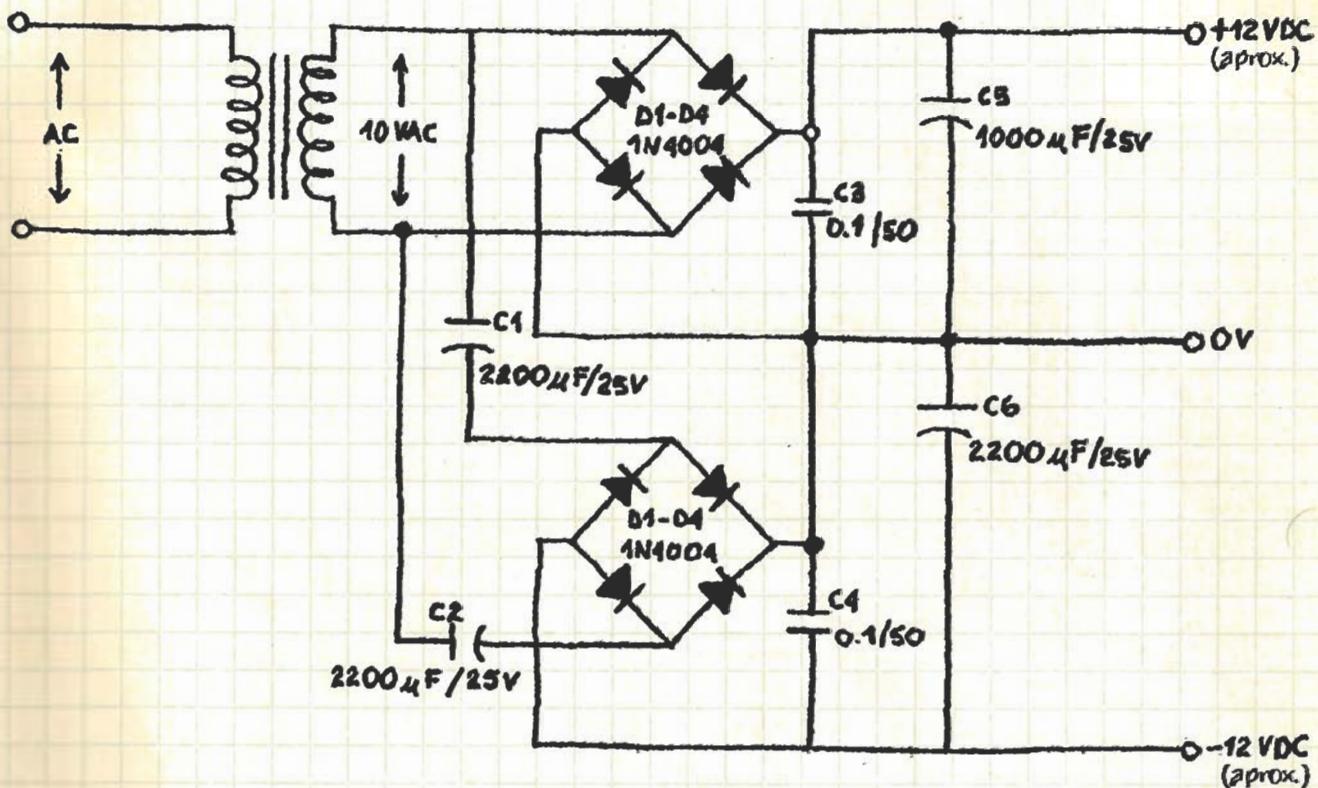
```
C=DAT1 A      % Cargo en C el valor de la dirección del objeto del nivel 1.
CD1EX          % Salvo D1 inicial en C y en D1 almaceno la dirección del objeto del nivel 1
A=DAT1 A      % Leo en A el prólogo del objeto del nivel 1 que son los primeros 5 nibbles.
D1=C          % Restauro D1 por el valor original
LC Ø2A2C      % Leo en C Ø2A2C que es el valor del prólogo de una cadena.
?A=C A        % Comparo el prólogo del objeto con el de una cadena (afecta carry)
GOYES SWAP    % Si es una cadena el carry es 1 y salta a la rutina SWAP más adelante, si no continúa la ejecución normalmente.
D1=D1+ 5      % Apunto el nivel 2 de la pila
D=D+1 A        % Libero memoria haciendo así DROP del primer objeto.
D1=D1+ 5      % Apunto el nivel 2 de la pila
D=D+1 A        % Libero memoria haciendo así DROP del segundo objeto.
GOTO SALE     % Salta incondicionalmente a la rutina SALE para terminar.
*SWAP          % Label indicador de la rutina SWAP
C=DAT1 A      % Leo la dirección del objeto del nivel 1 en C.
D1=D1+ 5      % Muevo el apuntador de la pila al segundo objeto.
A=DAT1 A      % Leo la dirección del objeto del nivel 2 en A.
DAT1=C A      % Hago apuntar el segundo objeto a donde estaba el primero.
D1=D1- 5      % Hago apuntar D1 al primer objeto de la pila nuevamente.
DAT1=A A      % Hago apuntar el segundo objeto a la dirección del primero
*SALE          % Rutina para restaurar la calculadora en modo RPL y finalizar.
A=DAT0 A
D0=D0+ 5
PC=(A)
@
```

Programa 2

Cuaderno de experimentos

En esta sección se presentan circuitos prácticos, útiles y sencillos, con componentes fáciles de conseguir, que usted mismo puede ensamblar utilizando un protoboard, un circuito impreso universal o cualquier otro método de construcción. Todos los montajes han sido suficientemente comprobados, pero usted puede experimentar con ellos y adecuarlos a sus necesidades particulares. Una vez haya conseguido el grado de funcionamiento deseado, fabrique un circuito impreso para su proyecto e instálelo en forma definitiva en un chasis metálico o plástico.

Fuente doble a partir de un transformador de sólo dos terminales

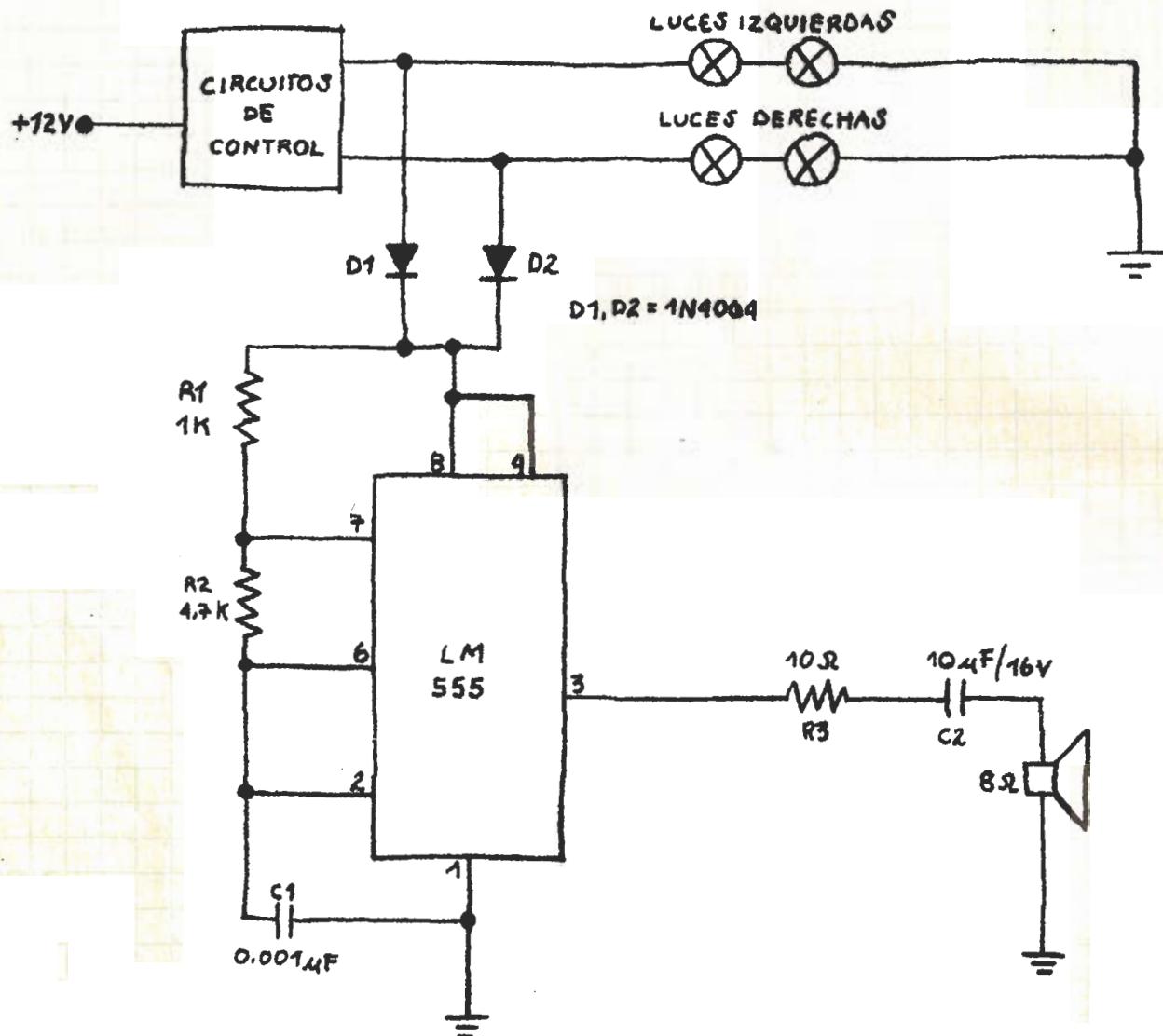


En muchas ocasiones, nuestra fuente de poder solamente suministra voltajes de una sola polaridad y, además, el transformador apenas posee dos terminales, por lo que tampoco es posible agregar otro rectificador tal como en los circuitos convencionales para fuentes duales.

Pues bien, con el circuito que mostramos arriba, se puede obtener una fuente dual con solo dos terminales del transformador reductor. La fuente positiva tiene un rectificador estándar, mientras que la fuente negativa utiliza dos condensadores (C_1 y C_2) en serie para desfazar el voltaje AC proveniente del secundario del transformador.

Cada condensador desfaza la señal de tal forma que se invierte la magnitud del voltaje, logrando así obtener la polaridad contraria sin dejar de utilizar la polaridad normal. Los condensadores C_1 y C_2 deben ser de alta capacitancia para garantizar el paso de corrientes elevadas a través de ellos. Luego de los condensadores, el circuito rectificador es el convencional y la polaridad positiva de éste se debe conectar a la negativa del otro para poder conseguir así la fuente dual deseada.

Luces direccionales con aviso sonoro

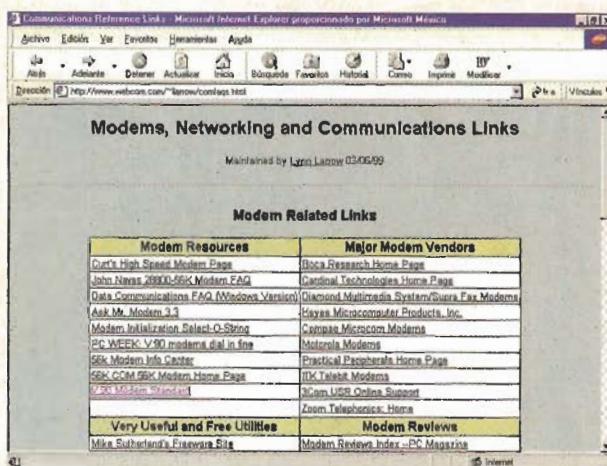


Cuando en un automóvil se encienden las luces direccionales izquierdas o derechas, suele suceder que antes de hacer el giro, por un leve movimiento del timón de dirección, éstas se desactivan antes de tiempo, sin que el conductor se de por enterado. Tal situación podría generar un accidente ya que el auto de atrás no tiene forma de estar alerta para disminuir su velocidad.

También ocurre con frecuencia que el conductor active las luces de parqueo, apague el auto y se retire dejándolas así por descuido, desgastando la batería del auto.

Estos problemas se pueden resolver con un dispositivo sonoro que acompañe la activación de las luces. En el circuito de arriba podemos ver un pequeño oscilador que se encarga de generar una señal audible cada vez que se encienden las luces direccionales o de parqueo.

El oscilador está basado en el circuito integrado 555. La frecuencia del sonido puede ser cambiada a través de las resistencias R1 y R2 y del condensador C1. Los diodos D1 y D2 son de gran importancia, ya que cumplen la función de compuerta para evitar que la corriente se devuelva hacia las demás luces en caso de que sólo se quieran encender las de un lado.



Información sobre comunicaciones en general

En esta página se tiene una colección bastante buena de enlaces a sitios especializados en el área de las comunicaciones. Dentro de los temas se encuentran aspectos generales de las redes, protocolos, normalización, módems, etc. Adicionalmente, se encuentran referenciadas algunas páginas de los fabricantes de equipos de comunicación más conocidos y de revistas especializadas. Un buen sitio para iniciar una investigación en este campo de permanente actualidad.

<http://www.webcom.com/~llarrow/comfaqs.html>

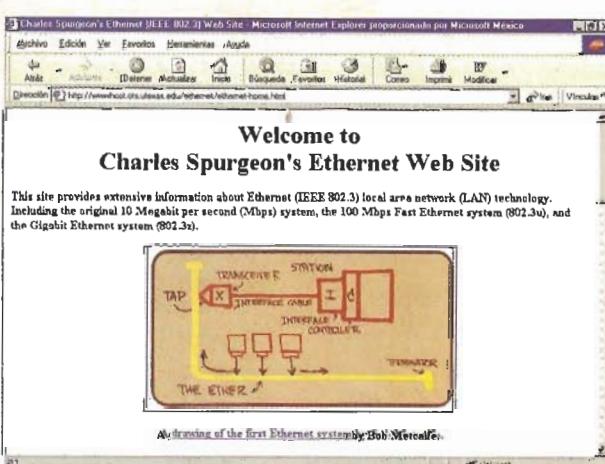
Trabaje con microcontroladores en computadoras Macintosh

Tradicionalmente, las prácticas de control, microcontroladores y otras actividades que involucran una computadora como herramienta de soporte para el trabajo en electrónica se basan en plataformas tipo PC, dejando de lado otras arquitecturas y sistemas operativos. Esta página está dedicada a todos aquellos aficionados y practicantes de la electrónica que poseen una computadora Macintosh. Allí se encuentran herramientas de desarrollo para microcontroladores PIC, software de simulación y algunos tips de robótica.

<http://www.macrobotics.com/>



Under Construction!



Información sobre redes Ethernet

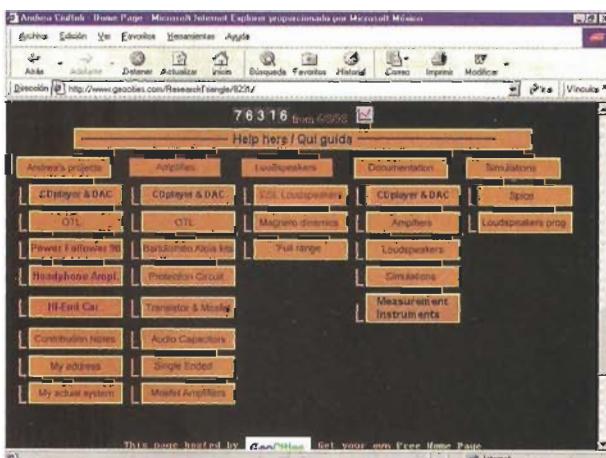
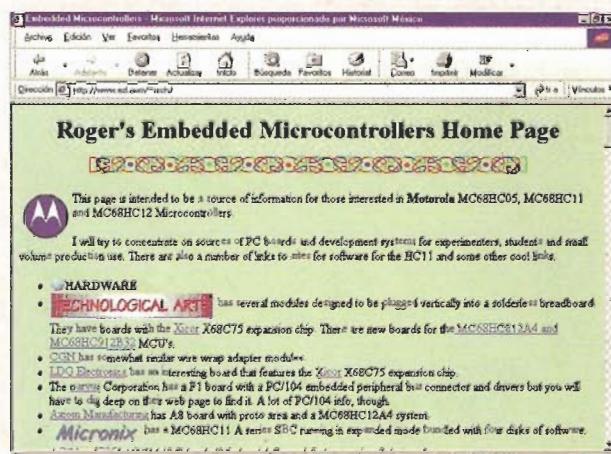
En este sitio se puede encontrar información sobre redes de área local Ethernet (IEEE 802.3), incluyendo el sistema original de 10 Mbits por segundo, el sistema Fast Ethernet de 100 Mbits por segundo (IEEE 802.3u) y el sistema Gigabit Ethernet (IEEE 802.3x). Los temas abarcan desde la especificación o norma técnica hasta su implementación y configuración.

<http://www.host.ots.utexas.edu/ethernet/ethernet-home.html>

Información sobre microcontroladores Motorola

Las personas interesadas en el tema de los microcontroladores fabricados por Motorola encontrarán en esta página un excelente punto de partida. Contiene información técnica sobre estos dispositivos, además de enlaces a otros sitios donde se encuentran circuitos prácticos, herramientas de desarrollo y software de simulación y código fuente de aplicaciones y proyectos como el manejo de módulos LCD, comunicación RS-232, etc.

<http://www.ezl.com/~rsch/>



Diseño de sistemas de audio

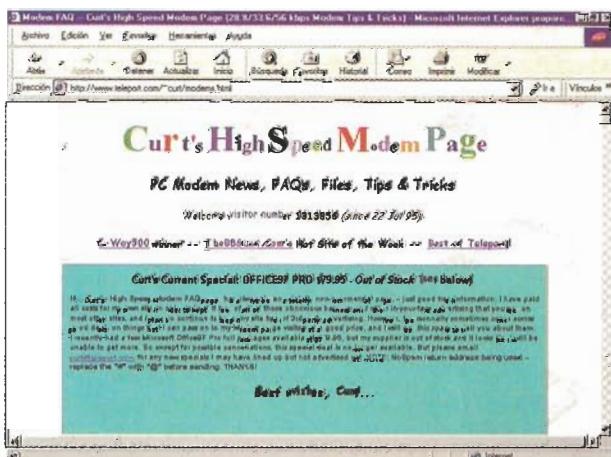
El audio es sin duda alguna uno de los temas preferidos por la mayoría de aficionados a la electrónica. En esta página se encuentra una recopilación de información sobre el tema bastante interesante, incluye proyectos, documentación e información teórica, tópicos sobre la simulación de circuitos con Spice, etc. Uno de los puntos que más se destaca en esta página es la utilización de los tubos de vacío en algunos proyectos prácticos.

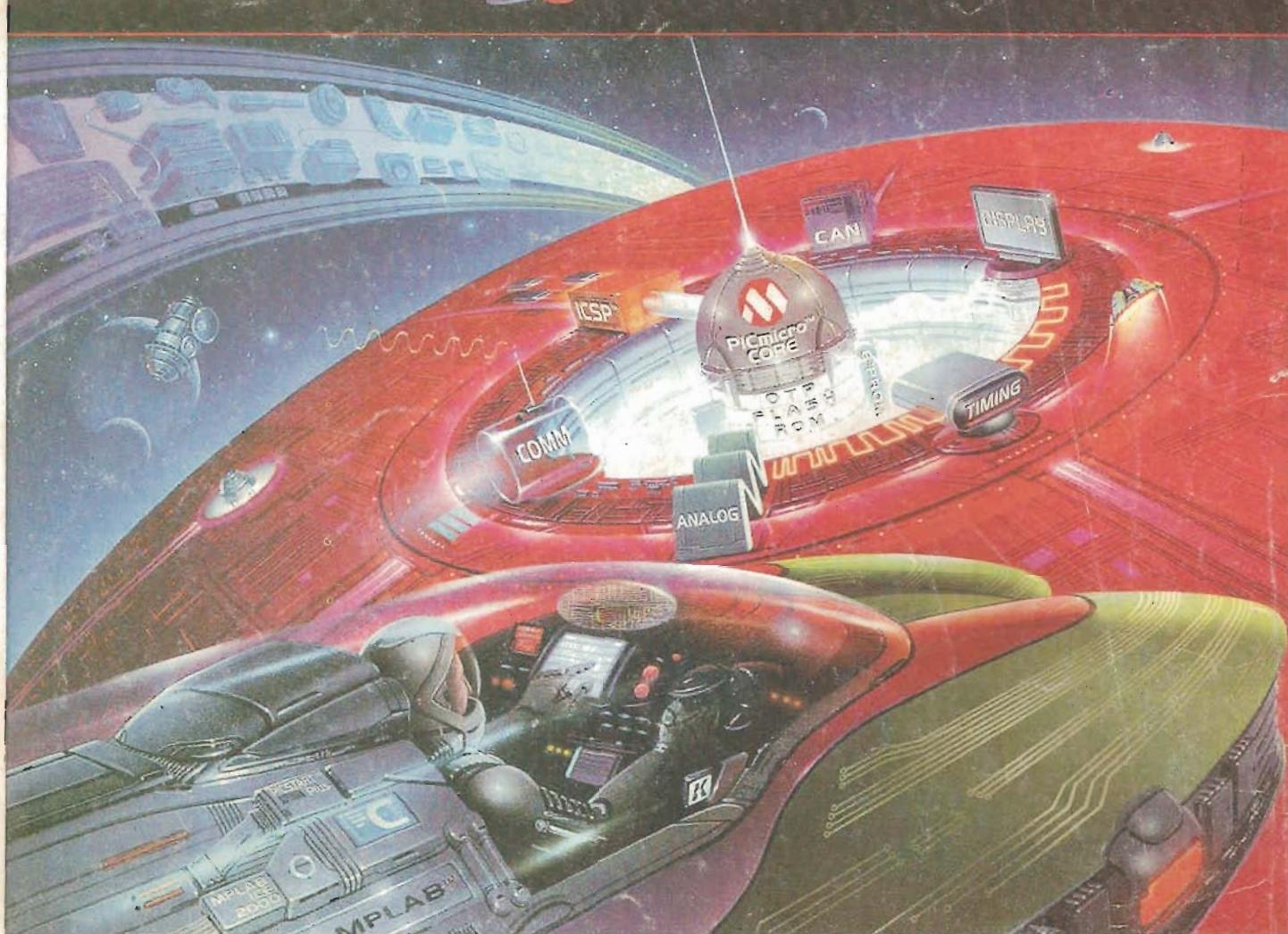
<http://www.geocities.com/ResearchTriangle/8231/>

Todo sobre el módem

Esta página recibió un premio al ser escogida como una de las mejores 500 del mundo. Contiene información precisa y totalmente gratis sobre las clases de módems, configuración de los mismos, cable módems, instalación en equipos de posea una computadora con Windows 3.1, 95 ó 98 y que cómputo, etc. Es un sitio recomendado para todo aquel que desee instalarle un módem para navegar en Internet.

<http://www.teleport.com/~curt/modems.html>





Ir Más Allá De La Imaginación Con Planeta Microchip

**Empiece A Diseñar Hasta El Límite Con Microchip. La Solución
Completa de Microcontrolador RISC de 8-bit**

Curso Intensivo de PICmicros

Dirigido a: Ingenieros, Técnicos, Informáticos, Hobbistas, Docentes y Estudiantes

Nivel: Básico & Intensivo.

Requisitos: que los participantes tengan el conocimiento básico de Electrónica Digital y PC.

Temas: Arquitecturas de PICmicros, Programación con Assembler de PIC, Uso de Herramientas como Simulador, Compilador y programador, Trucos & Precaución sobre el diseño con PIC, Implementación de Módulo LCD Display, Memorias Serial EEPROM, Teclados, Conversor A/D y demás periféricos para cualquier proyecto.

Duración: 6 clases de 18 horas totales que se dictan todos los meses incluso en el verano 1999.

Disertantes: Ingenieros de Aplicación certificados por Microchip Technology Central en Arizona USA.

Aplicación Típica: Alarma para auto y casa, Temporizador, Controlador de Voltaje y de Presión, Radio Comandos, Reemplazo a PLC, Telemetría, Instrumento de Electromedicina, Controlador de Motor, Robot, Codificador de TV, Cartel de Display para Propaganda, Control de Acceso, etc. Solo está limitado por su imaginación.

Precio de PICmicros: Desde \$2 para PIC de 8 Pin hasta \$22 para Super PICMicro de 64 Pin. (precio varia sin previo aviso)

Llamenos ya:

Capital y Gran Bs.As.: 011-4522-5466

Córdoba : 0351-4526698 Rosario: 0341-4400092

**Cika
Electrónica SRL**

Av. De Los Incas 4821 (1427) Buenos Aires Argentina

TEL. 4522-5466 FAX. 4523-6068

Email: cika@cika.com Website: www.cika.com



MICROCHIP
The Embedded Control Solutions Company