

# Electrónica

&amp; Computadores

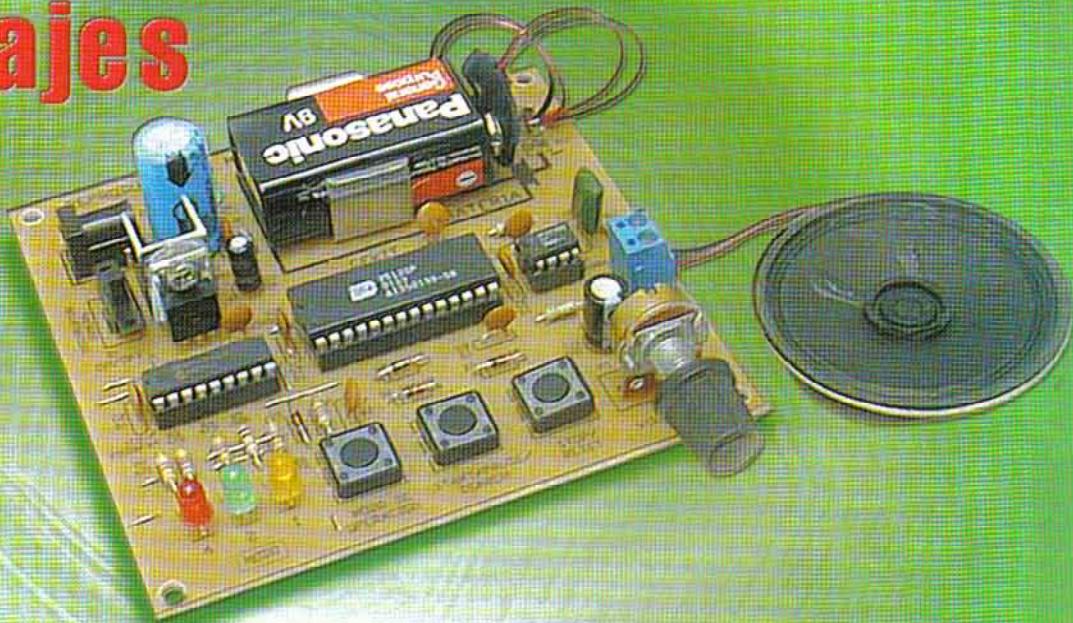
• PROYECTOS

• TECNOLOGIA

• APLICACIONES PRACTICAS

• TEORIA

## Reproductor de mensajes con PIC



Grabador de voz con amplificador de

## Potencia

Interruptor a control remoto de uso general K-248

Creando bases de datos

La guerra de las CORRIENTES

Control de motores de combustión interna

SAYROLS

50 • Bolivia \$ 1.400 • Chile \$ 1.400 • Colombia \$ 6.000 • Ecuador  
TEL. 51.47.23.00 • Panamá \$ 3.50 • Paraguay \$ • Uruguay \$ • Venezuela Bs. 2.200

ISSN 0121-9138

91770121913008

83

# CONTENIDO

Editorial .....	2
Correo de los lectores .....	4
La Torre de Babel .....	53

## PROYECTOS

Interruptor a control remoto de uso general. CEKIT K-248 .....	22
Grabador de voz con amplificador de potencia (Continuación) .....	27
Reproductor de mensajes con PIC CEKIT K-249 .....	32

## TECNOLOGIA

Qué hay de nuevo en.....	6
El control en los mecanismos y sistemas de los motores de combustión interna.....	10
La guerra de las corrientes .....	20
Control digital de campo de un generador sincrónico .....	49
Rutas & Lugares .....	58

## ELECTRÓNICA PRACTICA

Cuaderno de experimentos.....	15
Nuevos circuitos integrados .....	17

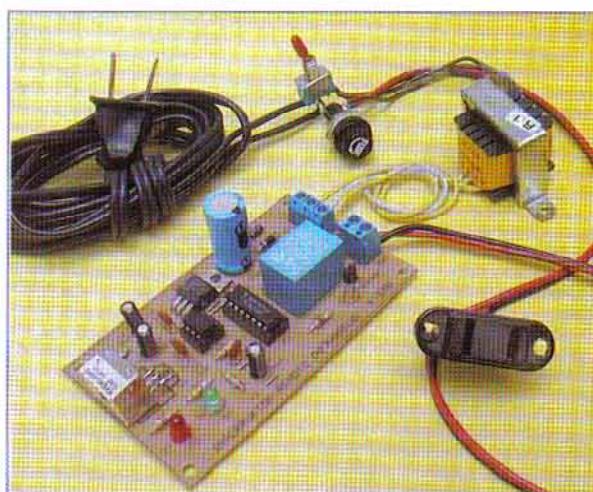
## COMPUTADORAS

Creando bases de datos II .....	42
Problemas y soluciones .....	55

## PROYECTO

### Interruptor a control remoto de uso general K-248 22

Con este sencillo pero eficiente dispositivo, se puede controlar el encendido y apagado de diferentes aparatos eléctricos y electrónicos por medio de un control remoto de uso general, como el de un televisor, equipo de sonido, etc. Se puede utilizar, entre otros, para encender y apagar lámparas internas o externas, ventiladores, o para activar una alarma externa en caso de un intento de robo.



**E**spera en nuestro  
próximo número...

### Proyectos

- Reproductor de mensajes con PIC, parte 2
- Interruptor maestro de CA.

### Tecnología

- Las redes de comunicaciones dentro de los automóviles actuales
- Cómo soldar y ensamblar kits electrónicos

...y mucho más



# El CONTROL en los mecanismos y sistemas de los motores de combustión interna

*Donde se comenta la integración de elementos de control en los mecanismos de distribución de gases, y en los sistemas de encendido y de enfriamiento*

INGENIERO CARLOS ALBERTO ROMERO PIEDRAHITA

Profesor U.T.P. de Pereira - Colombia

cromero@utp.edu.co

## Introducción

En la etapa actual de desarrollo de los motores, prácticamente todos los mecanismos y sistemas son objeto de control. Se controlan las fases y tiempos de los mecanismos de apertura de las válvulas, se controla la dosificación de aire y combustible, se controla el tiempo de encendido de la mezcla, se controla el régimen térmico del motor.

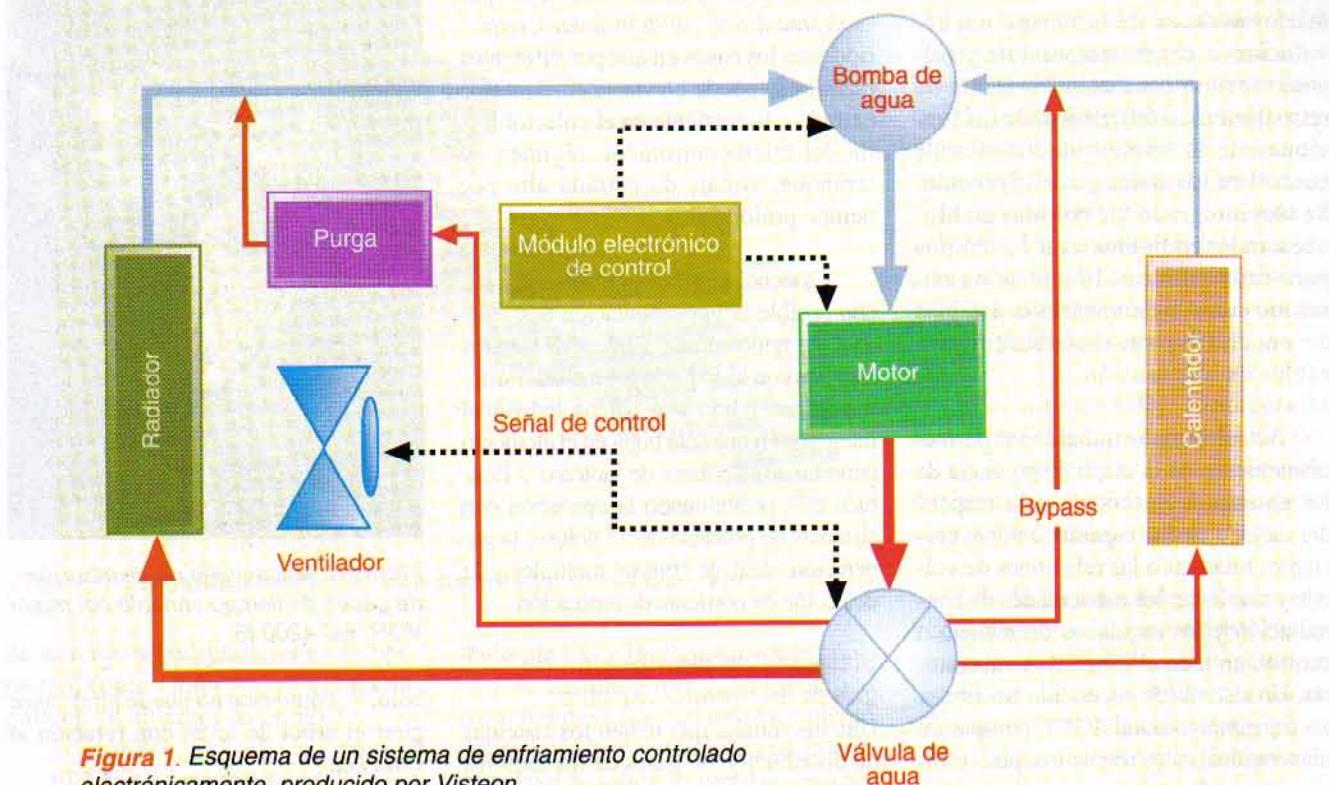
Todos los controles integrados constituyen el control del mecanismo principal, a través del cual se entrega la potencia mecánica, que es el mecanismo pistón – biela – cigüeñal. En

este artículo se comentan el control electrónico de la temperatura del motor, los sistemas de distribución de gases de fases variables y los sistemas de encendido con IGBT.

## Control electrónico de la temperatura del motor

El rendimiento del motor puede incrementarse aumentando la temperatura del motor. En los motores tradicionales el control de la temperatura del motor es realizado mediante el termostato y el tiempo de operación del ventilador. La bomba de agua es accionada directamente por el motor.

Algunos fabricantes de motores instalan en ellos un termostato con control electrónico, constructivamente igual a los termostatos de cera, que se abre a 110°C e incluye una resistencia controlada por la unidad electrónica de control. La resistencia controlable se calienta al paso de la corriente y puede abrir el termostato a temperaturas más bajas. Si el termostato se abre de manera forzada por la resistencia, la temperatura del agua puede ser inferior a 90°C y el conductor puede, sin preocupación y sin peligro de detonación, acelerar a fondo el vehículo. Con este sistema de control de la temperatura la economía de combustible se aumenta hasta en un 2%.



**Figura 1.** Esquema de un sistema de enfriamiento controlado electrónicamente, producido por Visteon.

Los últimos sistemas de enfriamiento de los motores integran en su diseño bombas de agua y ventiladores de velocidad variable de accionamiento eléctrico o viscoso, válvulas de control de flujo y módulos de control electrónico. Estos sistemas permiten regular y monitorear los flujos de agua y de aire, independientemente de las revoluciones del motor; mejoran el consumo de combustible porque se reduce la fricción, el motor se calienta más rápidamente y demandan menor energía de accionamiento. Mejoran también las emisiones por el calentamiento más rápido del motor, al tiempo que se mantiene más consistente, con el régimen, la temperatura del motor.

#### Sistemas de encendido basados en IGBT (transistor bipolar de gate o compuerta aislada)

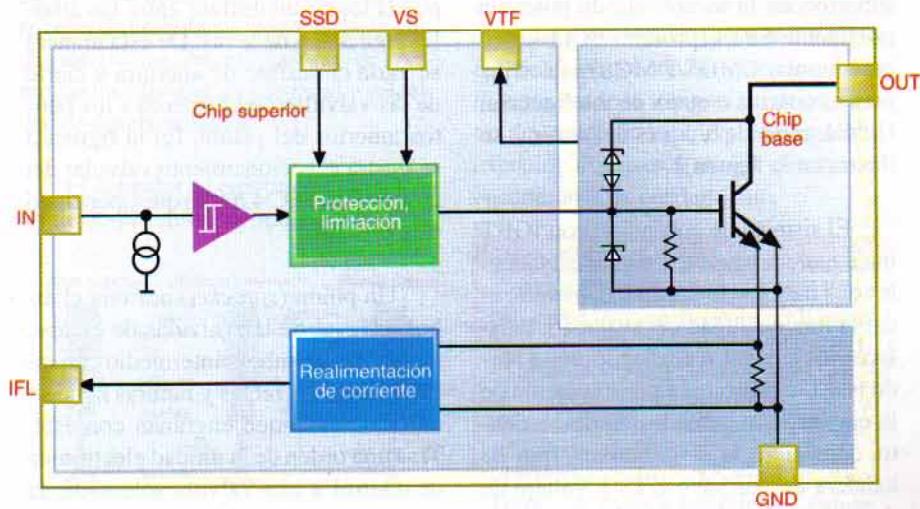
En los motores de encendido forzado la mezcla puede inflamarse por la influencia de una zona caliente dentro de la cámara de combustión (motores de cabeza ardiente), por la formación de un arco voltaico, o por otra forma externa de entrega de energía, que suministre de manera garantizada no menos de 200 mJ.

Los motores de encendido con arco voltaico deben generar por lo menos 4.000 voltios para que se produzca una chispa entre los electrodos de una bujía o el electrodo central de bujía y un punto ubicado en la cara del pistón.

Los sistemas de encendido empleados en la mayoría de los motores poseen un interruptor (platinos o transistor de potencia), sincronizado con los tiempos de los cilindros, que genera la

alternancia o el corte del circuito primario de un transformador (bobina), para que se induzca el alto voltaje en el circuito secundario, en el cual se encuentra la bujía, y se propicie así la formación del arco voltaico o chispa. Se complementa este sistema con los mecanismos de corrección del tiempo de aparición de la chispa.

El desarrollo de los sistemas de encendido ha permitido integrar las



**Figura 2.** Diagrama de bloques del sistema de encendido inteligente IGBT.

funciones del control de corte del primario, avances de la chispa por revoluciones, carga, temperatura y golpeteo (esta última como variable de retroalimentación), dentro de las funciones de la unidad electrónica de control en los sistemas de inyección. Se han integrado las bobinas en bloques independientes con las bujías para cada cilindro, lo que se ha conocido como sistemas DIS o sistemas de encendido sin distribuidor, sin cables de alta tensión.

Actualmente se trabaja en el perfeccionamiento de la etapa de potencia de los sistema de encendido para responder mejor a ciertas especificaciones crecientes relativas a las relaciones de voltaje y corriente, las capacidades de conmutación y los requisitos de manejo o control, en todo el rango de temperaturas. Un sistema de encendido basado en un transistor bipolar IGBT cumple de manera ideal estos requisitos, pues ofrece: protección contra sobrevoltaje, bajo voltaje de saturación, protección contra descarga electrostática (ESD), capacidad de energía de ignición y temperaturas T<sub>j</sub> superiores a 175°C.

El sistema de ignición Infineon Smart IGBT BTS 2145, tiene todas las funciones inteligentes bien conocidas para "switches" de potencia inteligentes en aplicaciones automotrices. Utilizando la tecnología apropiada se montan dos IGBT en una sola pastilla: un IGBT se destina a la detección o etapa de potencia, como chip base; el chip superior, en la tecnología de potencia inteligente SPT4 (proceso BCD – proceso bipolar CMOS/DMOS) se destina para el control o etapa de inteligencia. Un diagrama de bloques del sistema se ilustra en la figura 2.

El sistema de encendido con IGBT inteligente tiene características adicionales que mejoran la fiabilidad, incrementan la funcionalidad del sistema y satisfacen los requisitos de diagnóstico a bordo (OBD): protección por limitación de la corriente, realimentación de corriente, detección de carga abierta (pin de bandera de corriente IFL) y voltaje de realimentación (detección de ausencia de chispa, pin VTF). La característica más

avanzada es el apagado suave, SSD (por "soft shut down", di/dt limitado), requerido para los casos en que por diferentes razones se puede elevar la corriente de entrada o la corriente en el colector (falla del microcontrolador, régimen de arranque, voltaje de entrada alto por tiempo prolongado).

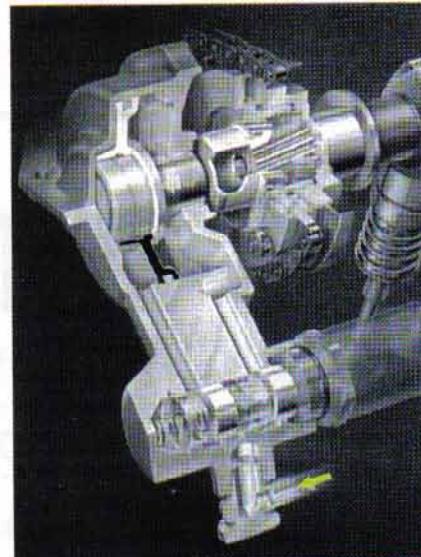
La tecnología de proceso BCD ha hecho posible la implementación de "clusters" de ignición inteligente IGBT en los motores con la etapa de potencia del sistema de encendido y la bobina individual integrada en una sola bujía en el elemento denominado "bujía de lapicero". También está posibilitando la operación con sistemas de potencia de 42 voltios, la generación ideal de chispas múltiples y la detección de corriente de ionización.

### Sistemas de distribución de gases de tiempo variable

Una desventaja que tienen los sistemas de distribución de gases de los motores tradicionales es la imposibilidad de ajustar los tiempos y la duración de apertura de las válvulas de admisión y escape a los regímenes de operación del motor, de manera que se pueda siempre tener el mayor llenado del cilindro e incluso se pueda realizar una recarga dinámica.

Los motores modernos están solucionando este defecto de diferentes maneras. Una de ellas consiste en introducir un accionamiento de acople dentado entre el elemento (piñón o polea) conductor del árbol de levas y el árbol de levas mismo, de suerte que se pueda lograr un desfase entre los árboles cigüeñal y de levas. De esta manera se varía el desfase de apertura y cierre de las válvulas con respecto a los puntos muertos del pistón. En la figura 3 se ilustra el accionamiento valvular del motor VORTEC 4200 I6 que opera bajo este principio.

Un piñón (sprocket) acciona el árbol de levas de las válvulas de escape, mediante un émbolo intermedio con ranuras externas rectas y ranuras helicoidales internas que engranan con éste. Tras una orden de la unidad electrónica de control a una válvula solenoide, la presión hidráulica del sistema de lubricación puede mover axialmente el ém-



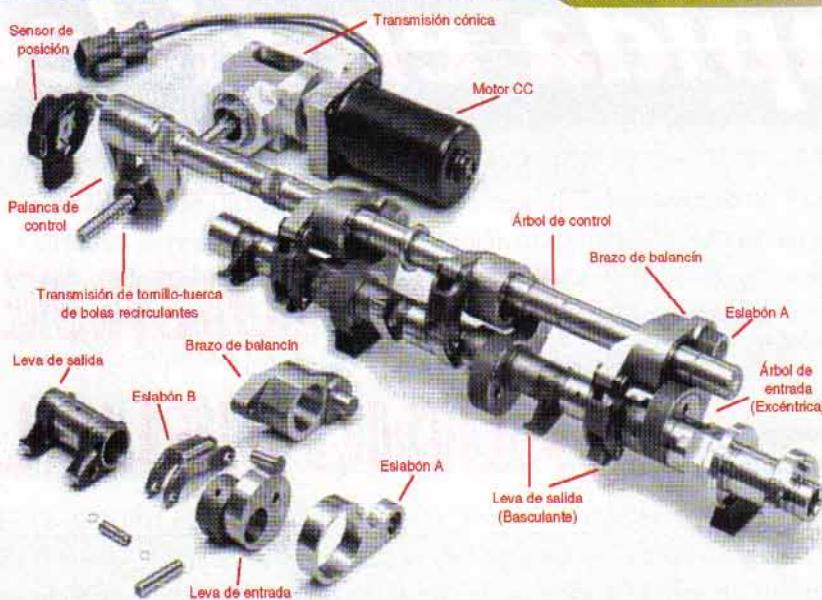
**Figura 3.** Mecanismo de distribución de gases de tiempo variable del motor VORTEC 4200 I6.

bolo, y, como éste no puede girar, hace girar el árbol de levas con relación al sprocket.

Las fases de las levas de escape y el solapo valvular pueden variar en un rango de hasta 25° a medida que cambian las revoluciones y las condiciones de operación. Se elimina ventajosamente, en términos de reducción de los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos, la válvula de recirculación de los gases de escape, EGR.

La Nissan introdujo el sistema de control variable de las fases y el ascenso de las válvulas, VEL ("Variable valve event and lift control device"), el cual posibilita un control continuo tanto de la fase como del ascenso de las válvulas, desde un estado de desactivación, hasta una apertura máxima prolongada. La figura 4 muestra la composición de este sistema.

El mecanismo está compuesto por dos subsistemas. Uno es el conjunto mecánico que convierte la rotación del cigüeñal en la oscilación de una leva, a través de un mecanismo de transmisión que incluye un balancín. Las válvulas se accionan por la oscilación de la leva de salida. El otro subsistema es una transmisión accionada por un motor de CC que varía los eventos valvulares y los ascensos



**Figura 4.** Composición del sistema de control valvular variable, VEL.

de acuerdo a las condiciones de operación, controlando las posiciones angulares de un árbol de control.

El árbol de control tiene una leva excéntrica insertada en el cilindro pivote del balancín, para cambiar el estado del mecanismo de transmisión y la leva de salida. La función del balancín consiste en transmitir el movimiento del eslabón A generado por la excéntrica de entrada a la leva de salida, mediante el eslabón B.

Gracias a que la posición angular del balancín sobre el árbol de control puede cambiarse mediante la acción del

motor de CC y las transmisiones cónica y de tornillo – tuerca, se logran variaciones de la fase del desplazamiento del eslabón B y variaciones de la fase de la leva de salida; el perfil de ésta determina la magnitud del desplazamiento de la válvula. La fase de control real es monitoreada por un detector de posición; para lograr la fase deseada se ha diseñado un sistema de control PID.

El sistema VEL involucra muchos componentes y esto le resta fiabilidad frente al sistema de tren valvular electromecánico. El tren valvular electromecánico, figura 5, se compone de dos electroimanes, un resorte y un núcleo que se une a la válvula; las válvulas se abren y cierran según la interacción de la fuerza del resorte y el campo magnético. Controlando las corrientes de las bobinas magnéticas, la unidad electrónica controla el tiempo de apertura de las válvulas, su magnitud y velocidad de desplazamiento.

El actuador se equipa con un detector de desplazamiento tipo inductivo (un



**Figura 5.** Tren valvular electromecánico

desarrollo basado en el principio de los LVDT - transformador lineal diferencial de voltaje) que además da la información de la velocidad. La unidad de control de la válvula genera las salidas en función de los detectores de posición y velocidad del cigüeñal, del núcleo de cada válvula y de la corriente medida en la bobina. Procesando esta información para cada válvula, se genera la información de control para los relevadores del circuito de ambos solenoides.

El control considera la holgura de la válvula, el tiempo de retraso del núcleo y la duración real del proceso de conmutación para el punto de operación seleccionado.

Con la introducción del tren valvular electromecánico, el árbol de levas y la mariposa de gases ya no se necesitan; la carga del motor no se efectúa con la válvula de mariposa, sino variando la fase y el tiempo valvular; se pueden separar los ciclos de trabajo de los cilindros individuales del motor, permitiendo diseñar estrategias óptimas para el control de la carga transitoria y para la desactivación parcial o total de los cilindros.

### Conclusiones

El desarrollo acelerado de los sistemas electrónicos, el perfeccionamiento de los algoritmos de control, el refinamiento de los modelos y de los programas computacionales, unidos a las modernas tecnologías de ensamblaje de componentes han dado origen a nuevas formas de agrupamiento en los elementos de los sistemas y los mecanismos de los motores de combustión. En este artículo se ha comentado la integración de elementos de control en los mecanismos de distribución de gases, y en los sistemas de encendido y de enfriamiento.



**Figura 6.** Principio de operación del tren valvular electromecánico

### BIBLIOGRAFÍA

- PREUSCHOFF, C. Smart IGBT for Advanced Ignition Systems. SAE paper 2001-01-1220. SAE, Warrandale, 2001.
- Variable Valve Actuation 2001. SP - 1599. SAE, Warrandale, 2001.
- Automotive Engineering. SAE, Warrandale, septiembre de 1996.
- FEV. The Electro – Mechanical Valve Train – A system Module for Future Powertrain Concepts.

# Cuaderno de experimentos

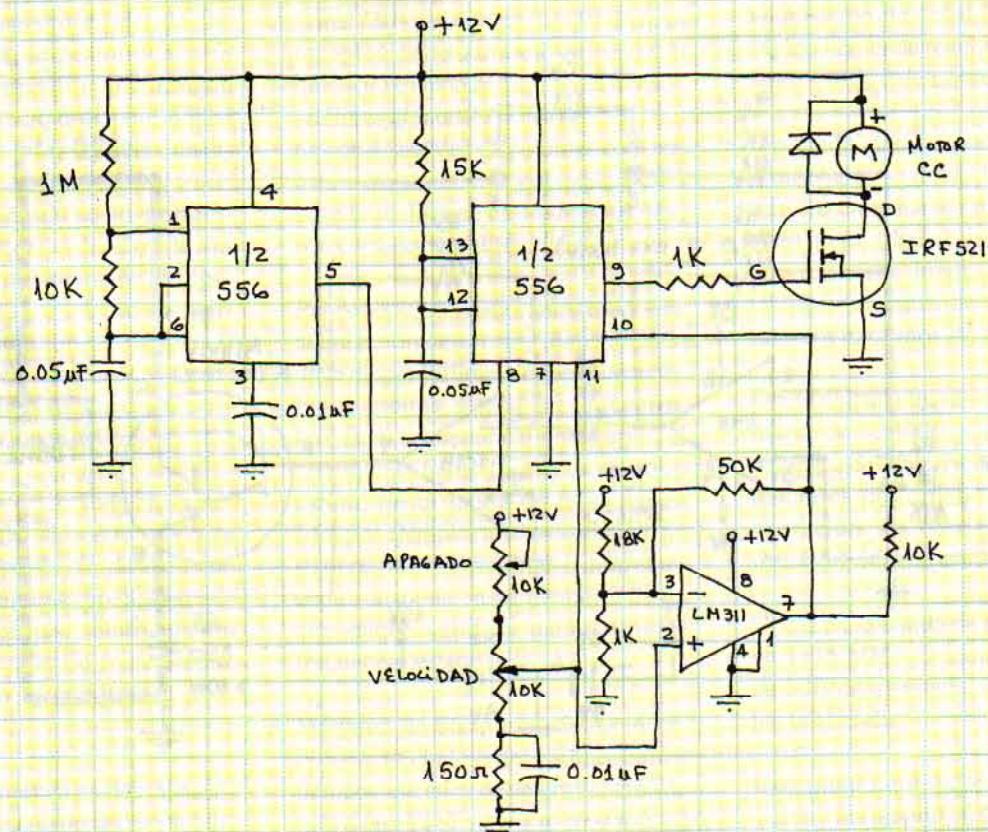
En esta sección se presentan circuitos prácticos, útiles y sencillos, con componentes fáciles de conseguir, que usted mismo puede ensamblar utilizando un tablero de conexiones (protoboard), un circuito impreso universal o cualquier otro método de construcción. Todos los montajes han sido

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.

CONTROL DE VELOCIDAD PWM PARA EL CONTROL DE MOTORES DE CC

Este circuito es útil para controlar pequeños motores de corriente continua, tales como los utilizados en trenes eléctricos. El corazón del mismo es un circuito integrado NE556, el cual incorpora dos temporizadores 555 en una misma cápsula de 16 pines. La primera sección del NE556 se utiliza como oscilador no estable (*astable*) de frecuencia fija (30Hz) y la segunda, disparada por la primera, como multivibrador monoestable de ancho de pulso variable. El pulso de salida de este último excita un MOSFET IRF521, encargado de impulsar el motor.

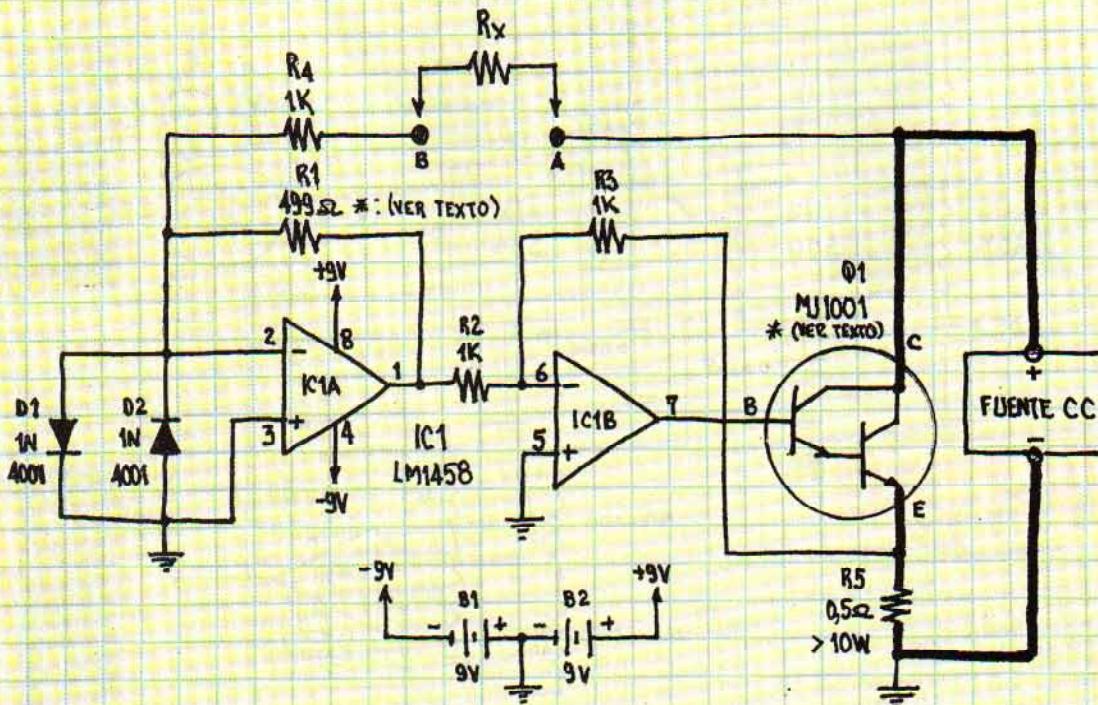
El ancho del pulso depende, no solamente del valor de la red RC conectada a los pines 13 (descarga) y 12 (disparador) del NE556, sino también del voltaje aplicado al pin 11 (control). Este último lo aplica un divisor resistivo del cual forma parte el potenciómetro de control de velocidad (10K). El comparador 311, cuya salida controla la línea de reset del monoestable (pin 10), se utiliza para abortar el pulso de salida cuando el voltaje de control está por debajo de un cierto valor umbral. Esta acción permite que el motor pueda detenerse completamente. El umbral de corte (cut off) se fija mediante el reostato (10K).



## RESISTENCIA DE POTENCIA DE 80W PARA LA PRUEBA DE FUENTES DE ALIMENTACIÓN

Con frecuencia es necesario simular un amplio rango de condiciones de carga cuando se construyen y reparan fuentes de alimentación. Para ejecutar este tipo de tareas, normalmente se requiere disponer de un buen surtido de resistencias de potencia. El circuito presentado aquí reduce esta demanda a un mínimo. El mismo puede convertir cualquier resistencia de baja potencia, fija o variable, en una robusta resistencia de potencia hasta de 80W. Usted simplemente conecta una resistencia externa ( $R_x$ ) entre los terminales A y B, y el circuito automáticamente se convierte en una resistencia de potencia con un valor igual a  $1+Rx/1000$ . Por ejemplo, si usted necesita una resistencia de potencia de  $4\Omega/36W$  para probar una fuente de  $12V/3A$ , sólo tiene que conectar entre A y B una resistencia de  $3k\Omega, 1/4W$ . Así mismo, si necesita una resistencia de  $1\Omega/25W$  para probar una fuente de  $5V/5A$ , sólo tiene que poner en cortocircuito ( $R_x=0\Omega$ ) los terminales A y B.

El circuito puede ser utilizado con fuentes de alimentación desde  $3V/5A$  hasta  $40V/2A$ . La máxima corriente de carga permisible es 5A. La potencia ( $VxI$ ) no debe exceder de 80W para conservar el transistor de salida (Q1) dentro de su SOA (área de operación segura). Preferiblemente, todas las resistencias deben ser de precisión, con una tolerancia del 1% o menor, y potencias nominales de  $1/4W$  o  $1/2W$ , excepto R5 que deberá ser mayor de  $10W$ . También se pueden utilizar resistencias de  $1/4W, 5\%$ , pero se sacrifica la exactitud. Para R1 puede utilizar un trimmer de  $1K$  ajustado en  $499\Omega$ . Los trazos gruesos en el dibujo indican trayectorias de alta corriente y deben ser hechos con alambre #12. La alimentación del circuito de control se efectúa con dos baterías de  $9V$  (B1 y B2) conectadas como se indica. Necesariamente, el transistor de potencia Darlington Q1 (MJ1001 o similar) debe estar montado en un dissipador de calor apropiado y alejado de R5.



# RF8000 Receptor de GPS



**El RF8000 es el aporte más reciente de RF MicroDevices al creciente mercado de los productos GPS para navegación, control, seguridad y otras aplicaciones.**

**Gracias a su bajo costo, excelente precisión y alta velocidad de respuesta, así como al empleo de novedosas técnicas de procesamiento digital de señales, este diminuto chipset promete convertirse en un líder en la industria de las comunicaciones.**

JORGE E. HERNÁNDEZ M.  
[edhernandez@cekit.com.co](mailto:edhernandez@cekit.com.co)

**E**l cuatro de junio de 2002, desde Seattle (USA), **RF Micro Devices, Inc.**, un proveedor líder de circuitos integrados de radiofrecuencia (RFIC) para sistemas de comunicación inalámbricos, anunció la disponibilidad del módulo *plug-n-play* **RF8000**, un diminuto receptor de GPS (*Global Positioning System*) de bajo costo, desarrollado para simplificar el diseño y la implementación de productos de navegación, telemática, seguimiento de mercancías, administración de flotillas y otras aplicaciones similares. Las siguientes son algunas de sus características y especificaciones más relevantes:

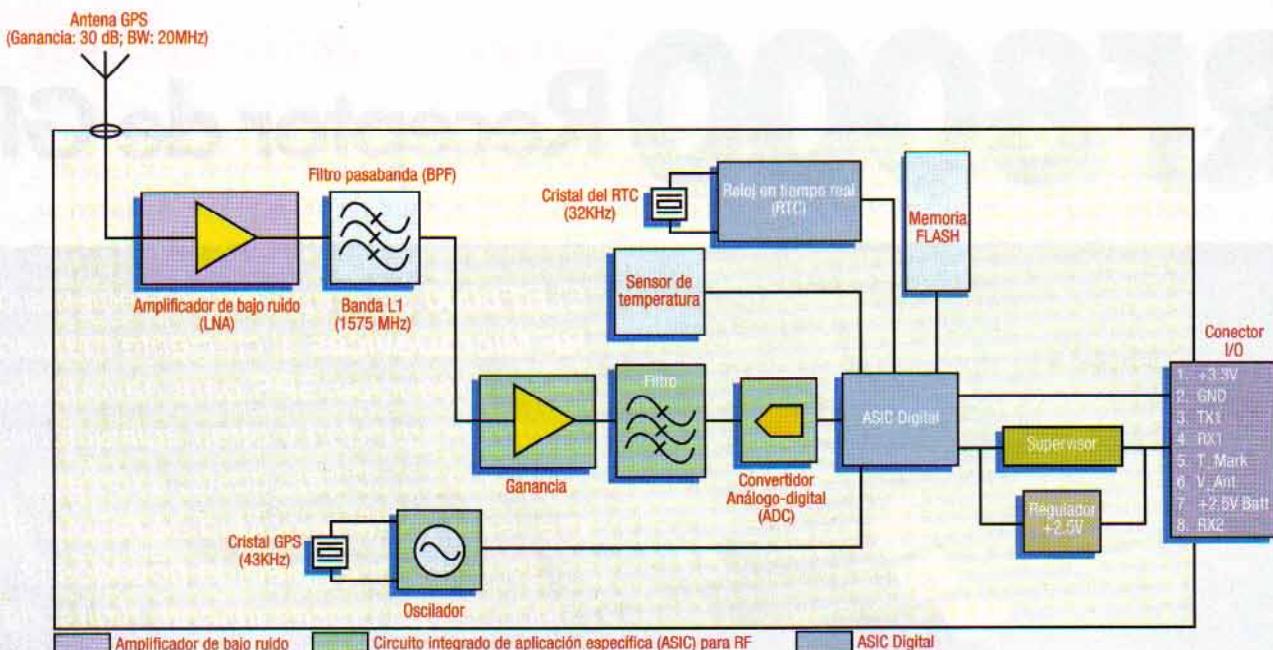
- Procesa señales desde **todos** los satélites GPS visibles. De este modo se garantiza la producción de datos de navegación altamente precisos, confiables y uniformes, relativamente inmunes a los saltos de posición que ocurren cuando se monitorean unos pocos satélites.
- Puede soportar hasta 3 modos de navegación, dependiendo de la disponibili-

dad de satélites a la vista. Estos modos son el: tridimensional (**3D**), el bidimensional (**2D**) y el diferencial (**DGPS**). El receptor entra automáticamente al modo 3D cuando se dispone de 4 o más satélites, al modo 2D cuando hay menos de 4 satélites disponibles o se trabaja a una altitud fija, y al modo DGPS cuando se dispone de 4 o más satélites con correcciones diferenciales.

- Puede soportar hasta cuatro modos de adquisición de señales, dependiendo de la disponibilidad de datos críticos. Estos modos son el arranque frío (*cold*), el arranque cálido (*warm*), el arranque caliente (*hot*) y la readquisición. En el modo de arranque en frío, por ejemplo, utilizado cuando no se tiene una batería de respaldo, el receptor dispone en su memoria de un almanaque válido y parámetros de frecuencia estándar.
- Máquina de búsqueda rápida incorporada, lo cual garantiza muy cortos tiempos iniciales de determinación de posición (TTFF: *Time to first fix*). El

valor del TTFF varía entre 1 y 44 segundos, dependiendo del modo de adquisición de señal, siendo el más rápido (1s) el de readquisición y el más lento (44s) el de arranque en frío.

- Diseñado para soportar ambientes industriales severos, lo cual le permite desempeñarse satisfactoriamente en áreas urbanas densas, así como en situaciones donde se producen altas obstrucciones de señal y movimientos extremos de vehículos.
- Opera con una fuente de potencia primaria de 3,3VCC y una batería de respaldo de 2,5V. El consumo de potencia es del orden de 475mW en operación. La corriente de reposo (*backup*) es de apenas 6µA.
- Opera en la banda de frecuencias L1 de 1575 MHz y requiere una antena de 3dB de ganancia, con visibilidad hacia el cielo.
- Exactitudes típicas de 5,8 m para posición horizontal, 9,7 m para posi-



**Figura 1.** Diagrama de bloques simplificado del receptor de GPS RF8000

ción vertical y menos de 1 m, en cualquier dirección, en el modo diferencial (DGPS).

• Dos puertos I/O seriales no sincrónicos independientes: uno primario y otro auxiliar. El primero entrega datos de navegación y acepta comandos en formato binario o NMEA-0183. El segundo acepta correcciones de GPS diferencial (DGPS) en formato RTCM SC-104.

#### Condiciones ambientales de operación

- Temperatura desde -40°C hasta +85°C
- Humedad relativa máxima del 95%
- Altitudes desde -300 m (-1.000 ft) hasta +18,3 km (+60.000 ft)

#### Aplicaciones

Navegación automotriz, seguimiento de carga, administración de flotas, telemática, navegación marítima, entre otras.

En la **figura 1** se muestra un diagrama simplificado de bloques del receptor de **GPS RF8000**. El módulo proporciona todos los circuitos necesarios para el muestreo, la amplificación y el procesamiento de la señal de RF, incluyendo un amplificador de bajo ruido (LNA), dos filtros pasabanda, un oscilador de cristal y un con-

vertidor análogo/digital (ADC). Estos circuitos proporcionan información de magnitud y signo a un **ASIC (Application Specific Integrated Circuit: Circuito Integrado de Aplicación Específica)** digital, el cual contiene un microprocesador PowerPC integral, los circuitos para el procesamiento de la señal GPS, una memoria RAM estática (SRAM) y un reloj en tiempo real (RTC).

El sistema de navegación se completa con una memoria flash y otros componentes de soporte.

En ausencia de potencia primaria, una fuente CC de 2,5V mantiene operando un reloj en tiempo real (RTC), mientras la información de posición previa permanece almacenada en una memoria flash. Para su comunicación con el mundo externo, el **RF8000** dispone de un conector MCX al cual se acopla la antena y un conector de entrada/salida de 8 pines. Este último incluye las siguientes líneas:

- **V3\_3P (pin 1)**: entrada para la fuente de potencia primaria (+3.3V)
- **GND (pin 2)**: línea de tierra CC
- **TX1 (pin 3) y RX1 (pin 4)**: líneas de transmisión y recepción de datos, respectivamente, del puerto se-

rial primario. Soportan protocolos binario y NMEA

- **TMARK (pin 5)**: salida de pulsos de marca de tiempo UTC (1 pulso por segundo)
- **V\_ANT (pin 6)**: línea de potencia de la antena GPS. Conecta con el conductor central del conector de RF. Acepta voltajes de CC, positivos o negativos, hasta de 15V, típicamente +3,3V o +5V, dependiendo de la antena utilizada
- **V2\_5BU (pin 7)**: entrada para la batería o fuente de respaldo del reloj en tiempo real (2,5V)
- **RX2 (pin 8)**: línea de recepción del puerto serial auxiliar. Soporta el protocolo RTCM SC-104

El **RF8000** tiene un precio introductorio de **40 dólares** en cantidades de 10.000 unidades y se ofrece en una cápsula de **38x38 mm<sup>2</sup>**. **RF Micro Devices** dispone también de un kit de evaluación GPS (DK8000), una antena activa GPS, cables de potencia/PC, software de evaluación y documentación completa.

Para más información, visite el sitio web de **RF Micro Devices, Inc.** en la siguiente dirección de la internet:

<http://www.rfmd.com>

# La GUERRA de las Corrientes

*A finales del siglo diecinueve, George Westinghouse y Thomas Alva Edison se enfrentaron en un fogoso debate para determinar si los sistemas de potencia impulsados por corriente alterna eran lo suficientemente seguros para suplantar aquellos que utilizaban corriente continua. Ésta es una crónica de los principales hechos asociados con esta guerra de intereses que dejó como saldo el reconocimiento para siempre de las ventajas de la corriente alterna y la creación de un nuevo modo de ejecución de criminales: la silla eléctrica.*

JORGE E. HERNÁNDEZ M.  
[edhernandez@cekit.com.co](mailto:edhernandez@cekit.com.co)  
[edhernandez65@hotmail.com](mailto:edhernandez65@hotmail.com)

**E**n noviembre de 1889, en un artículo aparecido en una revista de la época, **Thomas Alva Edison**, el padre de la lámpara incandescente y reconocido públicamente como un gran experto en asuntos eléctricos, escribía: "Mi deseo personal sería prohibir enteramente el uso de las corrientes alternas. Ellas son tan innecesarias como dañinas". En ese mismo artículo, Edison afirmaba que las corrientes continuas, hasta potenciales de 200V, como las utilizadas en sus sistemas de distribución, eran inocuas y podían pasar a través del cuerpo humano sin producir sensaciones incómodas. También

declaraba que las corrientes alternas de 1.000V y más, tales como las utilizadas por los sistemas de distribución de Westinghouse (la competencia), circulando a través de cualquier cuerpo vivo significaban la muerte instantánea. Para él, no había pretexto alguno que justificara el uso de corrientes alternas y de altas tensiones, ni científica, ni comercialmente.

Este episodio formaba parte de una campaña de desprestigio, liderada por Edison, destinada a desacreditar la corriente alterna, mostrándola como peligrosa para la salud; además, de fría y letal,

en contraposición con la corriente continua, la cual, según su concepto, era cálida, amistosa y segura. Más que un interés altruista, la verdadera causa de esta campaña era la creciente rivalidad por dominar el mercado de la distribución de potencia eléctrica entre la Edison General Electric Company, la compañía de Edison, y la Westinghouse Company, la compañía de George Westinghouse, inventor del freno de aire comprimido.

Los sistemas de Westinghouse estaban basados en el uso de corrientes alternas **figura 1**, en contraste con los de Edison, que empleaban corrientes continuas

**figura 2.** En los primeros, la potencia eléctrica se distribuía usualmente en voltajes de 1.000V, mientras que en los de Edison se hacía a 240V. Los altos voltajes utilizados en los sistemas de distribución de CA de Westinghouse permitían el uso de conductores pequeños debido a que se necesitaban, proporcionalmente, más bajos niveles de corriente para transportar una cantidad de potencia dada. Mediante el uso de transformadores, el alto voltaje podía ser bajado a cualquier nivel deseado, por ejemplo los 50V requeridos para impulsar las lámparas incandescentes especialmente diseñadas para estos sistemas.

Los grandes conductores de cobre necesitados por los sistemas de distribución de bajo voltaje de Edison, junto con la reducida área dentro de la cual sus plantas generadoras podían prestar servicio antes de que las caídas de voltaje se volvieran excesivas, colocaba los sistemas de CC en una situación de clara desventaja desde el punto de vista del costo-beneficio. De hecho, a Edison le inquietaba reconocer que los sistemas de generación y distribución de CA de Westinghouse no solamente eran más confiables que los suyos, sino también más económicos de instalar. Además, no había forma de reducir el costo de instalación de un sistema de CC. Las caídas de voltaje impuestas por la Ley de Ohm y el precio del cobre estaban fuera de su control. Claramente, los sistemas de Westinghouse representaban una seria amenaza contra el prestigio de Edison y la estabilidad económica de sus empresas. Puesto que no podía competir técnicamente contra ellos, había que usar otras tácticas para evitar la amenaza de la ruina financiera planteada por los sistemas de CA de Westinghouse.

Edison sabía que necesitaba el apoyo público y estatal para que sus sistemas de CC y por tanto sus compañías, sobrevivieran. Si él podía convencer al público y al gobierno de que los sistemas de CA poseían riesgos de seguridad inaceptables, sería posible proscribirlos

y declararlos ilegales. Inició así su campaña de desprestigio, conocida en los anales de la historia de la electrónica como **“La Guerra de las Corrientes”**. Para ello contó con un aliado casual, Harold P. Brown, un desconocido asesor e inventor de sistemas eléctricos quien, en mayo de 1888, se unió a la batalla de

comité de control eléctrico de la ciudad de Nueva York adoptara regulaciones similares. Incluso se atrevió a recomendar que no se permitieran redes de distribución de CA con voltajes por encima de 300V. Obviamente, esto último eliminaba las ventajas económicas de la corriente alterna sobre la continua.

Para probar sus afirmaciones respecto a los daños que producía la corriente alterna y la benignidad de la corriente continua, Brown se propuso conducir personalmente una serie de experimentos donde se someterían perros vivos a choques eléctricos de ambos tipos de corriente. Para ello necesitaba equipo especializado. Buscó entonces a Thomas Edison en su laboratorio de West Orange (New Jersey), quien le proporcionó toda la ayuda logística necesaria, incluyendo asistentes, esperando obviamente que Brown tuviera éxito en sus experimentos pero sin participar directamente en ellos. En otras palabras, dejó que Brown hiciera el trabajo sucio.

La inhumana y macabra serie de experimentos de Brown con perros se llevó a cabo en el verano de 1888, promocionados como conferencias de prensa. En presencia de los reporteros, los asistentes de Edison empujaban perros callejeros sobre una lámina de estaño conectada a una fuente de energía y luego los sometían a choques eléctricos. Frederick Peterson, un médico que actuaba como asistente de Brown, llevó a cabo las autopsias de muchos de los perros que murieron. Las conclusiones de Brown y Peterson con respecto a los daños relativos que producían la corriente alterna y la corriente continua parecían contundentes. Según Brown, los perros sometidos a choques de CC hasta de 1.420V “gañían, pero salían ilesos”, mientras que los sometidos a choques de CA de apenas 200V o menos morían “sin esforzarse siquiera por luchar”.

Para Peterson, el mayor efecto letal de la corriente alterna tenía una explicación: un voltaje de CC producía un choque dañino solamente dos veces, una cuando se cierra el circuito y otra cuando se abre, mientras que un voltaje de



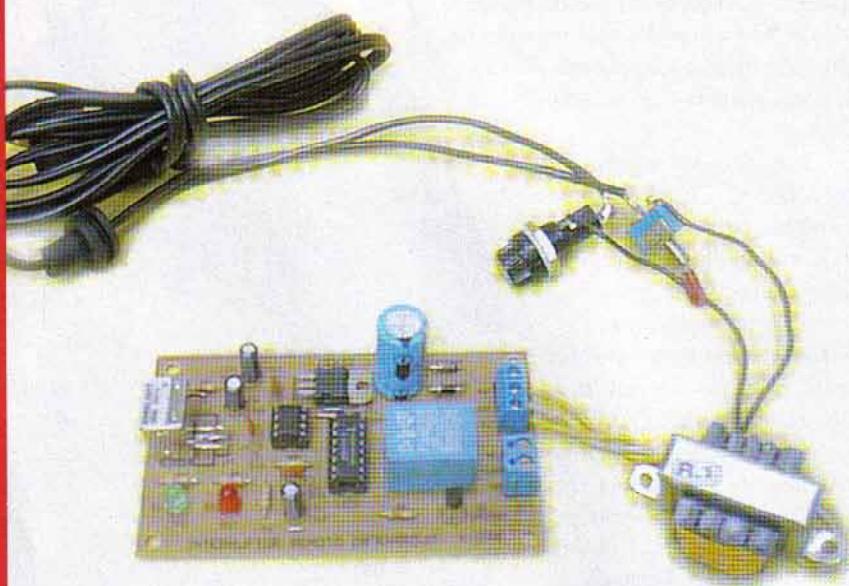
Thomas Alva Edison  
(1847 - 1931)

Edison enviando una carta al *New York Evening Post* donde denigraba de los sistemas de corriente alterna.

En esa carta, Brown, quien no tenía una educación formal en electricidad, sino que era más bien un empírico, describió la corriente alterna como “detestable”, afirmando que la misma producía más riesgo de electrocución que la corriente continua no tanto por la cantidad de voltaje presente, sino por la naturaleza ondulante o pulsante de la misma. También suplicaba que así como Chicago ya había restringido severamente el uso de la corriente alterna para la distribución de potencia eléctrica, el

# K-248 • • • Interruptor a control remoto de uso general • • •

*Con este sencillo pero eficiente dispositivo, se puede controlar el encendido y el apagado de diferentes aparatos eléctricos y electrónicos por medio de un control remoto de uso general, como el de un televisor, equipo de sonido, etc. Se puede utilizar, entre otros, para encender y apagar lámparas internas o externas, ventiladores, o para activar una alarma externa en caso de un intento de robo.*



FELIPE GONZÁLEZ G.  
fgonzalez@cekit.com.co

**U**n sistema de control remoto le permite al usuario manipular una o varias funciones de un aparato, sin hacer contacto con él. Éstos se han ido popularizando a medida que los aparatos modernos, como receptores de televisión, videograbadoras, equipos de sonido, etc. incluyen una mayor cantidad de funciones las cuales es mucho más cómodo realizarlas a distancia. Estas funciones pueden ser el encendido, el volumen, un canal, luminosidad, etc., lo cual depende de cada modelo de aparato. Para ello se requiere de un módulo transmisor y de un módulo receptor los cuales se comunican entre sí por medio de ultrasonido, luz invisible (rayos infrarrojos) u ondas de radio (RF).

Actualmente, el sistema más utilizado es el de los rayos infrarrojos por

su inmunidad a la luz ambiente, ya que trabajan igual de día o de noche y porque los transductores y sus circuitos son más fáciles de diseñar y más económicos que los otros sistemas. Para este proyecto vamos a utilizar como trans-

misor una unidad de control remoto de las que tenemos disponibles en el hogar, ya sea de un receptor de TV, una videograbadora o un equipo de sonido, figura 1, puesto que su principio de funcionamiento es similar.



Figura 1. Controles remotos comunes

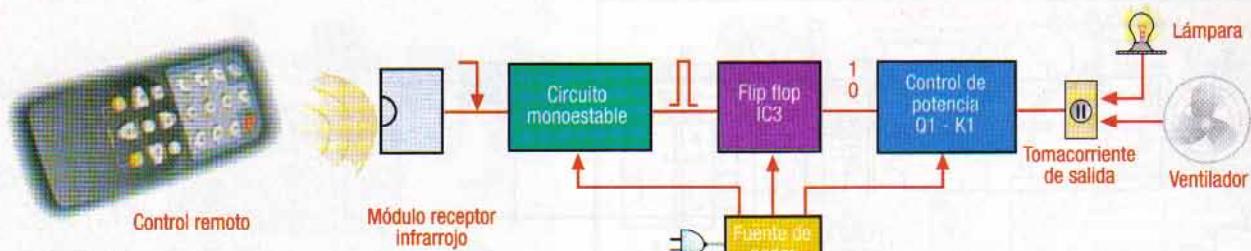


Figura 2. Diagrama de bloques

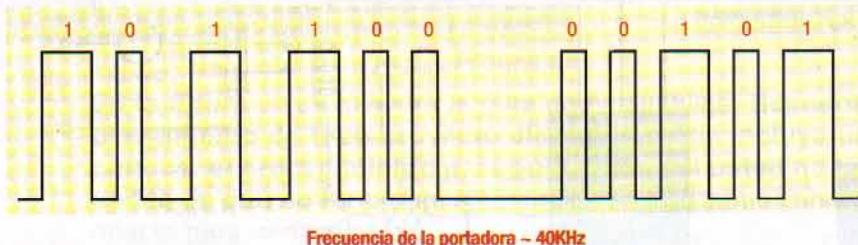


Figura 3. Forma de onda de la señal transmitida

Aunque un sistema de éstos puede activar hasta 20 o 30 funciones, cada una con una tecla o botón diferente, en este proyecto, y con el fin de simplificarlo, vamos a fabricar un receptor con una función única de encendido y apagado, cuyo diagrama de bloques se muestra en la **figura 2**, para aparatos eléctricos a 110 o 220 voltios con una potencia máxima de 500 vatios. En este diagrama podemos apreciar que los diferentes bloques son: el módulo receptor infrarrojo, un generador de pulsos o monoestable, un *flip-flop*, el circuito de control de potencia y la fuente de poder, cuyo funcionamiento explicaremos más adelante.

### Sistemas de control remoto infrarrojos

Antes de explicar el funcionamiento del circuito es conveniente hablar de la forma general como funcionan estos sistemas. La luz infrarroja es una emisión electromagnética con una frecuencia superior cercana a la de la luz visible, la cual ha resultado muy eficiente para este tipo de tareas por las siguientes razones:

- Son ondas altamente direccionales lo que obliga al usuario a dirigir el control hacia el receptor sin afectar otros equipos cercanos con un sistema similar

- Su rango de acción es limitado
- Los LED infrarrojos son económicos
- Se pueden enviar datos en alta velocidad
- Su transmisión y recepción consume poca energía, lo que hace duraderas las baterías que alimentan estos sistemas

Los controles remotos infrarrojos operan "modulando" digitalmente, o sea encendiéndose y apagando rápidamente y de una determinada forma, una fuente o rayo de luz infrarroja. En el transmisor hay generalmente un teclado en el cual se selecciona la función que se requiere controlar remotamente; este teclado va conectado a un microprocesador o microcontrolador el cual genera una señal especial compuesta por pulsos "codificados", es decir, que contienen una determinada información digital (unos y ceros) según la tecla oprimida. Esta se-

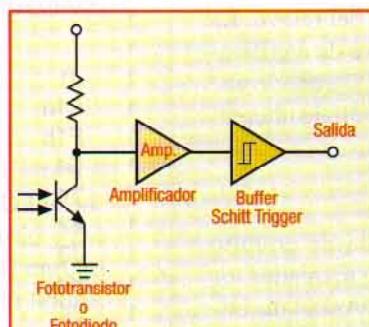
ñal tiene una frecuencia central o portadora cercana a los 40 KHz y su forma de onda básica se muestra en la **figura 3**. Ésta se lleva por medio de un amplificador de corriente, generalmente un transistor, a uno o varios diodos LED infrarrojos que la emiten en forma de luz invisible.

### Módulo receptor infrarrojo

Para recibir este tipo de luz algunos fabricantes han diseñado unos módulos especiales que contienen en su interior todos los elementos necesarios para captar la señal luminosa infrarroja y entregar pulsos limpios en su salida. En la **figura 4** se muestra el circuito básico y el aspecto físico de uno de estos módulos, similar al utilizado en este proyecto.

### Teoría de funcionamiento

En la **figura 5** se muestra el diagrama esquemático de nuestro proyecto, el cual corresponde al diagrama de bloques. Como elemento de entrada tenemos el módulo receptor infrarrojo en el cual se produce un cambio de nivel de la señal de salida en el pin No. 2 (Vo) cuando recibe el haz infrarrojo. Cuando no hay luz infrarroja, el nivel está en alto (+5V) y cuando le llega el rayo, el nivel se va a 0V. El módulo está alimentado (V+) a través de una resistencia de  $100\ \Omega$  y su



a) Circuito básico



b) Aspecto físico

Figura 4. Módulo receptor infrarrojo

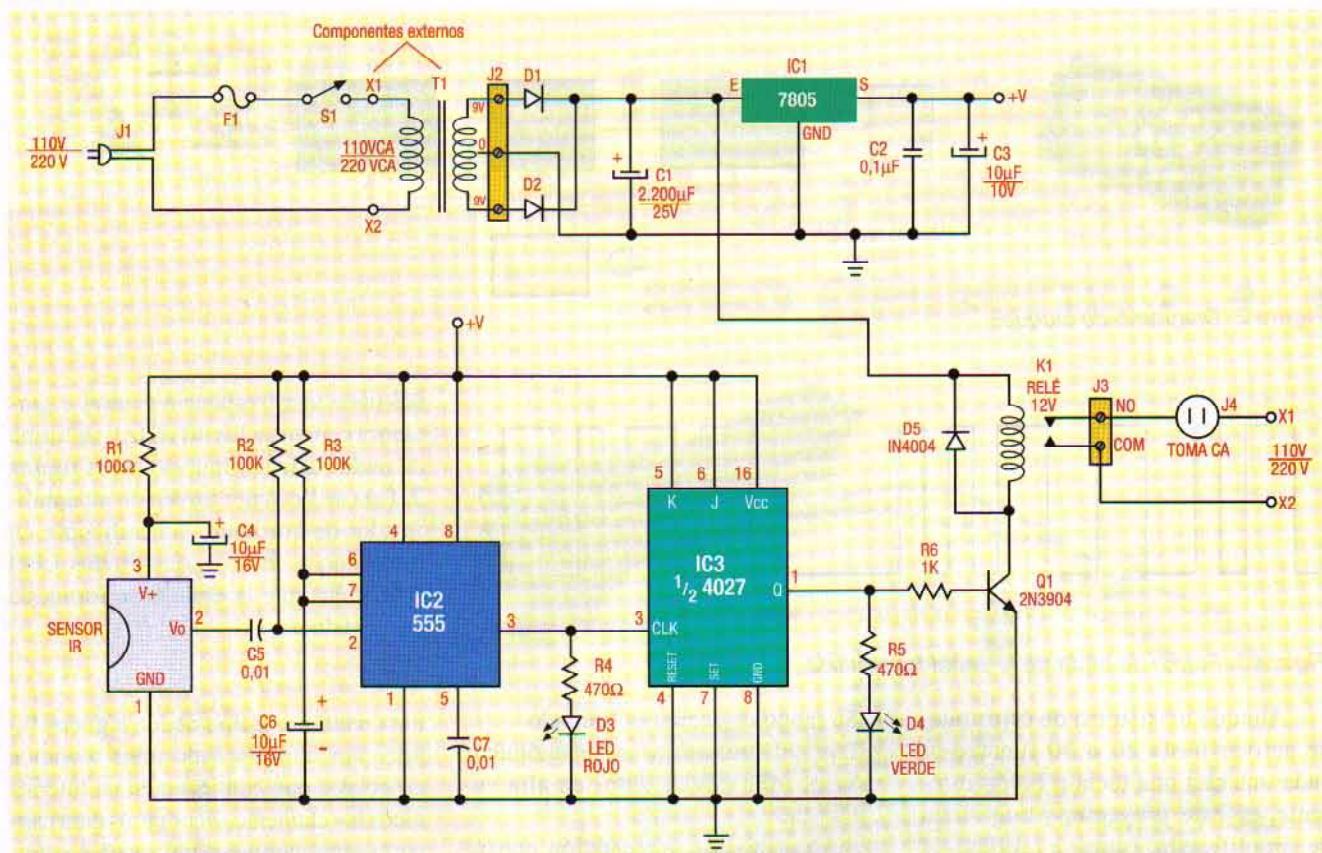


Figura 5. Diagrama esquemático

terminal negativo (GND) va a tierra. El pulso negativo del módulo se lleva, por medio de C5, a la entrada (pin No. 2) de un multivibrator monoestable conformado por un circuito integrado 555 y sus componentes asociados.

Este genera un pulso positivo de corta duración, el cual se puede visualizar con el LED rojo (D3), que a su vez activa en forma alternada un flip-flop (IC3, 4027) cuya salida pasa de 1 a 0 y viceversa, cada vez que recibe un pulso del 555.

Esta salida está monitoreada por el LED verde (D4) y se lleva a un transistor NPN (Q1) que activa o desactiva un relevo, el cual a su vez, conecta o desconecta la carga a través del tomacorriente conectado en serie con sus contactos y una fuente de energía; en este caso la misma entrada de corriente alterna que alimenta el transformador (puntos X1 y X2). El diodo D5 protege al transistor de la corriente inversa generada al desconectarse la bobina del relevo. La fuente de poder tiene una configuración típica de rectificador de onda completa con dos diodos (D1 y D2), condensadores de filtro (C1, C2 y C3) y regulador de voltaje integrado de 5V (IC1).

### Ensamblaje

El circuito se ensambla sobre una placa de circuito impreso CEKIT Ref. K-248, en la cual están marcados los componentes con sus respectivos valores. Antes de iniciar este proceso tenga a la mano todos los componentes según la lista de materiales, y la figura 6a.

### Lista de materiales

Cant.	Referencia	Descripción
1	R1	Resistencia 100 ohmios, 1/4 W
2	R2, R3	Resistencia 100 K, 1/4 W
2	R4, R5	Resistencia 470 ohmios, 1/4 W
1	R6	Resistencia 1 K, 1/4 W
1	C1	Condensador 2.200 $\mu$ F/25V
2	C5, C7	Condensador 0,01 $\mu$ F/25 o 50 V
3	C3, C4, C6	Condensador 10 $\mu$ F/16 V
1	C2	Condensador 0, 1 $\mu$ F/25 o 50 V
3	D1, D2, D5	Diódos 1N4004
1	D3	Diódos LED rojo 5mm
1	D4	Diódos LED verde 5mm
1	Q1	Transistor 2N3904
1	IC1	Regulador de voltaje 7805
1	IC2	Circuito Integrado 555
1	IC3	Circuito Integrado 4027
1	IR1	Módulo receptor infrarrojo IRM 8410
1		Base para CI de 8 pines
1		Base para CI de 16 pines
1	J1	Cable de entrada con enchufe
1	F1a	Portafusible pequeño para chasis
1	F1b	Fusible corto de 2 Amp
1	S1	Interruptor de codillo miniatura 1 polo
1	T1	Transf. 110Vo 220V, 9-0-9V, 200 mA
1	J2	Conector de tornillo de 3 pines
1	J3	Conector de tornillo de 2 pines
1	K1	Relé de 12 V, 10 Amp
1	J4	Toma de CA para chasis
1		Circuito impreso CEKIT K-248
		50 cm cable duplex 2 x 20

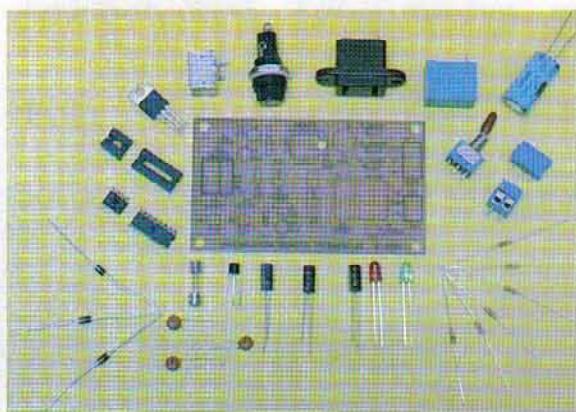


Figura 6a

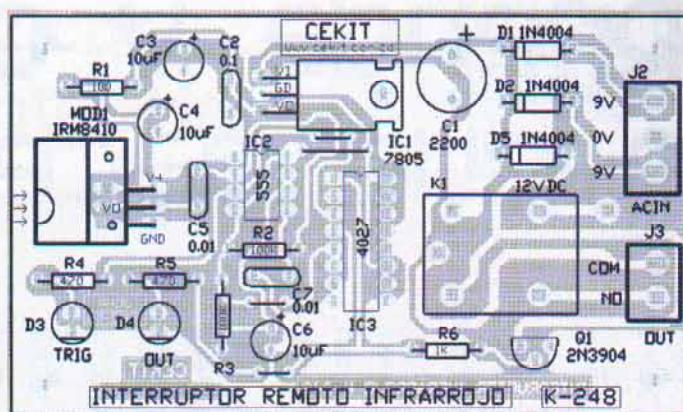


Figura 6b

En la **figura 6b** se muestra la guía de ensamblaje. Recuerde que para el correcto funcionamiento de todo proyecto electrónico que incluya un circuito impreso, se debe conocer el procedimiento para soldar bien, si usted no lo hace, hay muchas posibilidades de que no funcione. A continuación mostramos una secuencia gráfica del procedimiento para el ensamblaje.

Figura 7

Inicie el ensamblaje soldando los cuatro puentes de alambre que hay cerca de IC1 y de C6. Luego instale y suelde las seis resistencias y los tres diodos 1N4004, observando la posición correcta para los cátodos.

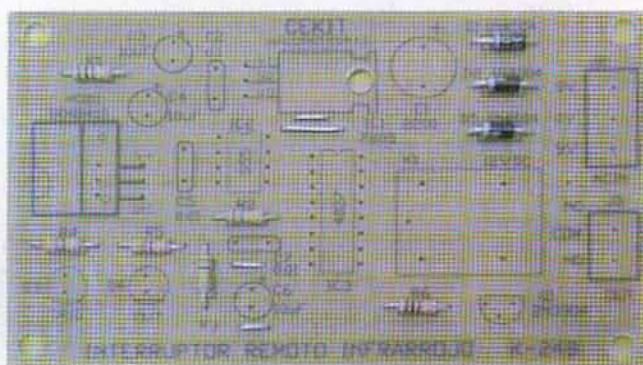
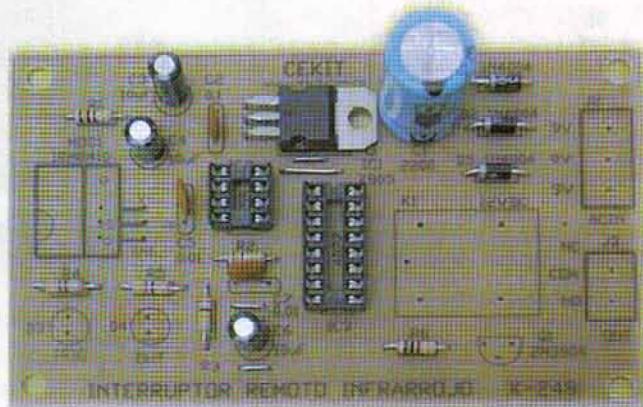


Figura 8

Instale y suelde ahora las dos bases para circuito integrado, verificando que la muesca quede orientada tal como lo indica el dibujo del circuito impreso. Despues instale y suelde el regulador de voltaje IC1 doblando sus terminales en ángulo recto y apoyándolo bien sobre la placa.



Luego instale y suelde los tres condensadores cerámicos y los cuatro condensadores electrolíticos, verificando los valores de los primeros y la polaridad de los segundos.

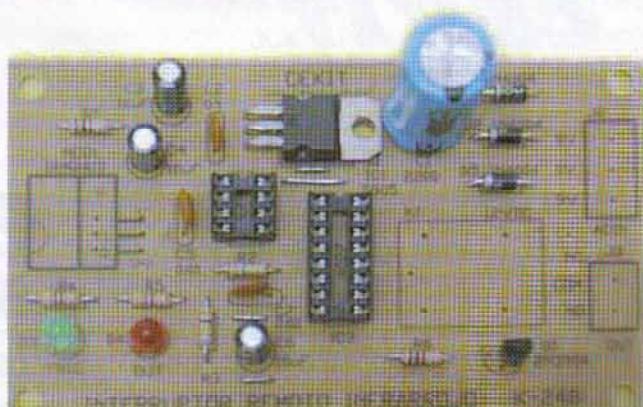


Figura 9

Instale y suelde los diodos LED D3 y D4, observando su polaridad y color (D3 rojo y D4 verde), y el transistor Q1 (2N3904) con su borde plano, tal como lo muestra la figura.

Pasa a la página 36...

# Grabador de voz con amplificador de potencia



## Parte 2. Prueba y operación

JORGE EDUARDO HERNÁNDEZ M.

[EDHERNANDEZ@CEKIT.COM.CO](mailto:EDHERNANDEZ@CEKIT.COM.CO)

[EDHERNANDEZ65@HOTMAIL.COM](mailto:EDHERNANDEZ65@HOTMAIL.COM)

# K-246

En la segunda parte de este artículo se explica cómo utilizar en forma práctica el sistema de desarrollo **CEKIT K-246** para grabar y reproducir mensajes en y desde dispositivos **ChipCorder ISD25xx**, utilizando los distintos modos de operación y direccionamiento disponibles. También examinaremos la forma de grabar desde fuentes de señales de audio externas, distintas del micrófono electret incorporado, así como la manera de utilizar el amplificador de potencia interno para uso general.

**E**l sistema grabador de voz en estado sólido **CEKIT K-246** puede ser utilizado básicamente en dos formas mutuamente excluyentes:

- (a) Especificando la dirección del segmento de memoria a partir de la cual se desea iniciar una operación de grabación o reproducción; o
- (b) Especificando un modo de operación particular, entre varios disponibles.

Mediante la primera opción usted puede grabar y reproducir en forma precisa hasta 320 ó 600 mensajes diferentes, accediendo digitalmente a cada uno de ellos mediante un código de 9 o 10 bits. Mediante la segunda opción usted

puede, por ejemplo, grabar y reproducir mensajes con solo pulsar un botón, grabar múltiples mensajes y reproducirlos automáticamente como uno solo, buscar rápidamente mensajes específicos, reproducir continuamente un mismo mensaje, etc. Los modos de operación disponibles son básicamente los siguientes:

1. **Modo M0** (Búsqueda de mensajes). Permite acceder rápidamente a todos los mensajes almacenados sin conocer sus direcciones físicas. Similar a la función "Fast Forward" de los reproductores de discos compactos y cintas de casete.
2. **Modo M1** (Borrado de marcas). Permite que varios mensajes conse-

cutivos, grabados en forma individual, se combinen entre sí y se reproduzcan como uno solo.

3. **Modo M3** (Reproducción continua). Permite repetir continuamente un mismo mensaje, almacenado a partir de la dirección de comienzo del espacio de memoria.
4. **Modo M4** (Direccionamiento consecutivo). Permite reproducir mensajes en forma consecutiva, uno a continuación de otro, sin combinarlos.
5. **Modo M5** (Activación por nivel). Permite reproducir un mensaje mientras se mantenga pulsado un botón y abortarlo cuando se libera

**6. Modo M6 (Push-button).** Permite grabar y reproducir mensajes, así como pausar o abortar cualquier proceso de grabación o reproducción en curso, pulsando solamente un botón. Es el modo estándar de operación del grabador de voz **CEKIT K-246**

Para grabar o reproducir mensajes en el modo de direccionamiento directo, la dirección binaria A9...A0 configurada en el conector J3 debe estar dentro de los límites máximo y mínimo especificados en la **tabla 1** (ver número 82 de **E&C**) para el dispositivo particular utilizado. Esto implica que por lo menos uno, o ambos, de los dos MSB o bits más significativos (A9 y A8) debe ser de nivel bajo (0). Por ejemplo, para comenzar a grabar o reproducir un mensaje desde la posición de 15 segundos de un ISD25120, las líneas A9...A0 deben cargarse con la dirección 0001001011 (75 en decimal).

Así mismo, para grabar o reproducir mensajes en cualquiera de los modos operacionales, los dos MSB deben ser de nivel alto (1), lo mismo el bit que identifica el modo operacional deseado, por ejemplo, A6 para el modo M6. Recuerde que una posición de J3 con *jumper* corresponde a un 0 (bajo) y sin *jumper* a un 1 (alto), como se explicó en la primera parte de este artículo.

Inicialmente, la ejecución de cada modo operacional arranca en la posición 0 del espacio de memoria, pero luego puede comenzar desde otras posiciones. También es posible combinar entre sí dos o más modos para obtener efectos especiales. Por ejemplo, se pueden utilizar conjuntamente los modos M1 y M3 para repetir continuamente varios mensajes consecutivos como uno solo.

En todos los casos, durante la grabación (S4 en REC), los mensajes pueden ser introducidos vocalmente hablando a través del micrófono (S5 en MIC) o eléctricamente desde una fuente de señal externa conectada a J2 (entrada de línea), por ejemplo, una unidad de CD o la salida PHONE de un equipo de sonido doméstico. En

el segundo caso (fuente externa), el interruptor S5 debe estar en la posición LINE y el potenciómetro P1 (control de nivel) en una posición adecuada a la magnitud de la señal de entrada. Esta última no debe ser superior a 4,5Vpp para evitar la saturación del amplificador de entrada del dispositivo ISD. La fuente de señal estándar del grabador de voz **CEKIT K-246** es el micrófono incorporado.

Durante la reproducción (S4 en PLAY), puede ajustar el potenciómetro P2 (control de volumen) en cualquier posición, dependiendo de sus gustos o necesidades personales de audición. Puede también amplificar señales provenientes de una fuente externa conectada a J4 (entrada auxiliar) pulsando momentáneamente el botón S2 para pausar la reproducción en curso y manteniéndolo pulsado para habilitar el *multiplexor* análogo interno. Esta señal recibe únicamente amplificación: no es almacenada en la memoria análoga, ni procesada de otra forma.

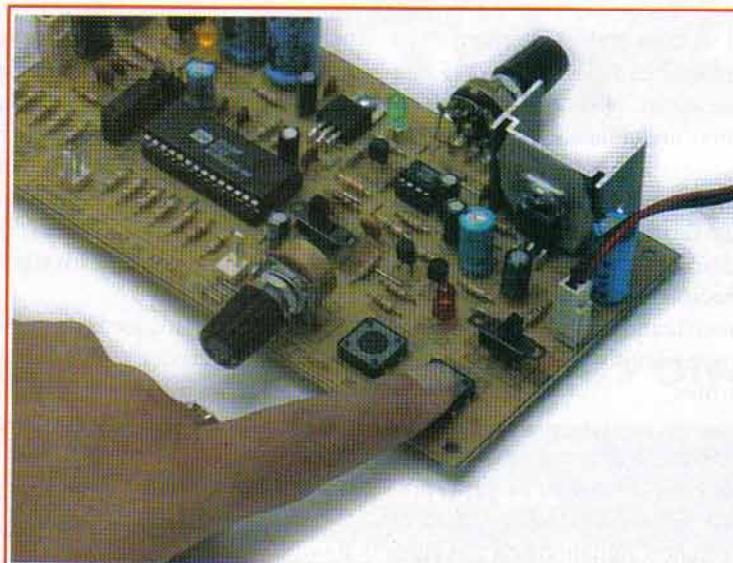
Por razones de ruido, no se recomienda inyectar señales externas a la entrada auxiliar mientras esté trabajando la memoria análoga, es decir mientras exista un proceso de grabación o reproducción en curso. El nivel de la señal aplicada en la entrada auxiliar no debe ser superior a 5,5Vpp para evitar la saturación del amplificador de salida del dispositivo ISD.

A continuación se explica brevemente como utilizar los distintos modos operativos, comenzando por el modo M6, que es la forma normal de grabar y reproducir mensajes en el sistema **CEKIT K-246**. Se asume el uso de dispositivos **ChipCorder®** de la serie **ISD 2500**, aunque muchos de estos procedimientos son igualmente aplicables a dispositivos de otras series.

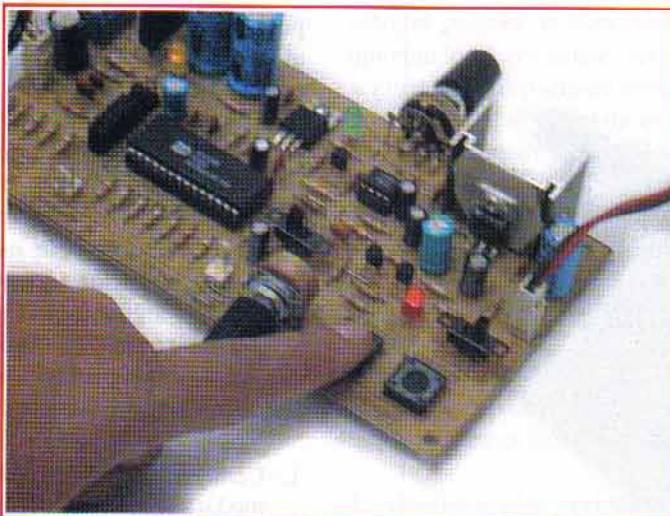
#### Grabación/reproducción en el modo M6 (push-button)

El modo de operación M6 (*push-button*) permite grabar, reproducir, pausar y cancelar mensajes de una forma muy rápida y sencilla. Para grabar un mensaje en este modo de operación, siga estas instrucciones:

- Configure J3 para el modo de operación M6, dejando libres las posiciones A9, A8 y A6 e instalando *jumpers* en las posiciones restantes.
- Sitúe S4 en la posición REC (grabación).
- Pulse y libere S3 para situar el puntero de direcciones al comienzo del espacio de memoria (dirección 0). Ver **figura 1**.
- Pulse y libere S2 para iniciar la grabación desde la dirección 0. Debe iluminarse el LED D2 (rojo). Ver **figura 2**.



**Figura 1.** Pulsando el botón de reset (S3) para iniciar una grabación desde el comienzo del espacio de la memoria de mensajes



**Figura 2.** Pulsando el botón de start (S2) para grabar un mensaje o pausar la grabación de un mensaje y preparar la grabación del siguiente

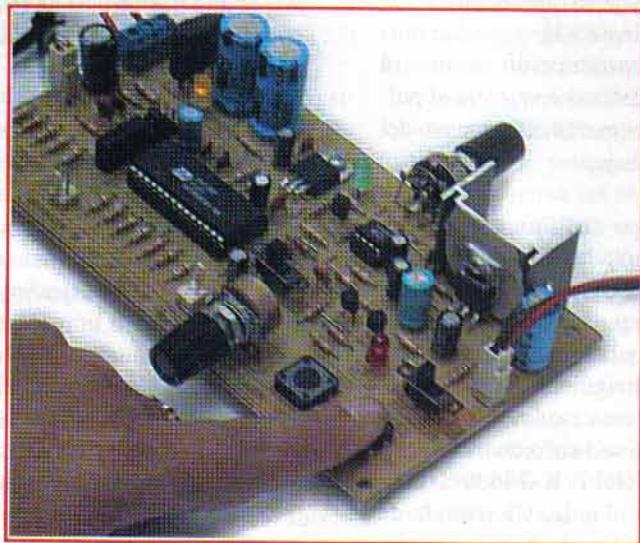
- Introduzca el mensaje. Si este último llena todo el espacio de memoria disponible (120 segundos en un ISD25120), el proceso de grabación se detendrá automáticamente una vez alcanzada la condición de rebasamiento o sobreflujo (D2: OFF). El proceso se puede también detener en cualquier punto pulsando el botón S3 u otra vez el botón S2.

En el primer caso, **figura 1**, la grabación en curso se aborta y el sistema queda listo para una nueva operación de grabación desde el comienzo. En el segundo caso, **figura 2**, simplemente se introduce una pausa en la grabación. Esta última puede reanu-

darse a partir del punto en que se dejó, pulsando otra vez el botón S2. De este modo se pueden grabar varios mensajes consecutivos.

Para reproducir un mensaje en este modo de operación, siga estas instrucciones:

- Configure J3 para el modo de operación M6 (A9, A8 y A6 con jumpers).
- Sitúe S4 en la posición PLAY (reproducción).
- Pulse y libere S3 para situar el puntero de direcciones al comienzo del espacio de memoria (dirección 0). Ver **figura 3**.



**Figura 3.** Pulsando el botón de reset (S3) para iniciar un ciclo de reproducción desde el comienzo del espacio de mensajes

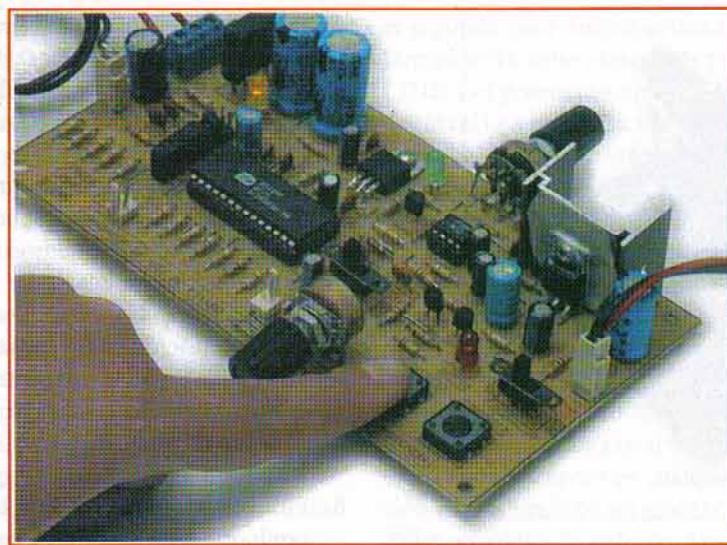
- Pulse S2 para iniciar la reproducción desde la dirección 0, **figura 4**. Debe iluminarse el LED D3 (verde). Este último se apagará automáticamente cuando se encuentre una pausa, si se han grabado varios mensajes, o se llegue al final del espacio de memoria si se ha grabado un mensaje de longitud máxima. En este caso, una nueva pulsación de S2 causará que la reproducción arranque desde el comienzo, sin necesidad de pulsar el botón de reset (S3).

- Pulse una vez S2 durante una reproducción en curso para pausarla y otra vez para reanudarla en el mismo punto donde se dejó. Pulse también S2 para reproducir el siguiente mensaje una vez concluida la reproducción de un mensaje previo, o para reiniciar la reproducción desde la dirección 0 una vez se ha llegado al final del espacio de memoria (sobreflujo). Puede también cancelar la reproducción en curso e iniciarla desde la dirección 0 en cualquier momento pulsando S3 y a continuación S2.

Igualmente, puede reproducir amplificada una señal de audio inyectada a la entrada auxiliar (J4) pulsando una vez S2 para pausar la reproducción en curso desde la memoria y manteniendo pulsado este mismo botón para habilitar la reproducción de la nueva señal. Al liberar S2 cesa esta última. Al pulsar nuevamente S2, se reanuda la reproducción del programa original desde la memoria, a partir del punto donde se dejó la última vez. Si la señal externa está todavía presente, la misma se escuchará como ruido de fondo.

#### Búsqueda rápida de mensajes en el modo M0 (Cueing)

El modo operacional M0 permite acceder rápidamente a cualquier mensaje grabado en un dispositivo ISD sin necesidad de conocer su dirección física. Lo único que se necesita saber es su ubicación relativa, por ejemplo, "es el quinto mensaje". Para grabar mensajes en este modo, siga estas instrucciones:



**Figura 4.** Pulsando el botón de start (S2) para reproducir un mensaje, introducir una pausa durante la reproducción de un mensaje o reanudar la reproducción después de una pausa

- Configure J3 para el modo combinado M0/M4 (posiciones A0, A4, A8 y A9 sin jumpers).
- Situe el selector de PLAY/REC (S4) en REC, pulse el botón de reset (S3) y presione el botón de start (S2).
- Manteniendo presionado S2, introduzca el primer mensaje. Una vez terminado el mensaje, libere S2.
- Grabe en la misma forma los mensajes subsiguientes. Puesto que conjuntamente con el modo M0 está también seleccionado el modo M4 (direcccionamiento consecutivo), el puntero interno de direcciones no retorna al origen del espacio de mensajes. Como resultado, cada mensaje queda grabado justamente a continuación del anterior, separados por un pulso de marca o EOM (end of message).

Para buscar y reproducir en este modo un mensaje cualquiera, por ejemplo el tercero, siga estas instrucciones:

- Mantenga la configuración de J3 (A0, A4, A8 y A9 sin jumpers) y sitúe S4 en PLAY.
- Pulse rápidamente S2 por menos de 10ms. Bajo esta condición, el dispositivo ISD iniciará el proceso de búsqueda.

queda, a través de su memoria, del primer pulso de marca (EOM) a una velocidad 800 veces mayor que la normal. Cuando lo encuentra, el contador de direcciones queda apuntando al comienzo del segundo mensaje.

- Pulse nuevamente S2 por menos de 10ms. Al final de la búsqueda, el contador de direcciones estará apuntando al comienzo del tercer mensaje, que es, en nuestro ejemplo, el requerido.
- Retire el jumper de la línea A0 de J3 y pulse momentáneamente S2. El tercer mensaje se reproducirá a través del parlante a la velocidad normal. La reproducción terminará cuando el sistema encuentre el pulso EOM que marca el comienzo del cuarto mensaje.

**Nota:** el tiempo de 10μs o menos es crítico. Si terminada la búsqueda de un mensaje la línea CE del ISD se encuentra aún baja, el pulso de marca (EOM) será ignorado y la búsqueda continuará a través del siguiente segmento de memoria. Por esta razón, para que el modo A0 funcione correctamente con el sistema **CEKIT K-246**, se recomienda aplicar el pulso CE a través de un estrechador de pulsos, por ejemplo, un monoestable, y no directamente desde el botón de arranque (S2). Este

pulso, activo bajo, debe ser injectado al pin 23 (CE) del ISD25xx sin accionar el botón S2.

### Encadenamiento de mensajes mediante el modo M1 (control de borrado de pulsos de marca)

El modo M1 permite que mensajes individuales grabados secuencialmente puedan ser combinados en un solo mensaje, con un solo pulso EOM al final del mismo. Para grabar en este modo, siga estas instrucciones:

- Configure J3 para la combinación de modos M4/M1, sitúe el selector PLAY/REC (S4) en REC y presione el botón START (S2). Grabe el primer mensaje liberando S4 al final del mismo. En este momento, el contador interno de direcciones está apuntando al comienzo de la última fila del primer mensaje, produciéndose un pulso EOM para indicar el fin del mensaje.
- Grabe los mensajes subsiguientes en la misma forma. Bajo esta condición, cada pulso EOM previo es borrado por el nuevo mensaje, quedando un solo pulso EOM al final de todos los mensajes.
- Para reproducir la cadena de mensajes desde el comienzo de la memoria, pase S4 al modo PLAY, retire el jumper de A1, pulse S3 (RESET) y presione S2 (START). Los mensajes serán reproducidos automáticamente uno tras otro hasta encontrar el pulso de marca al final del último mensaje.

### Reproducción continua de mensajes con el modo M3 (looping)

El modo M3 permite la repetición continua y automática de un mensaje grabado al comienzo del espacio de memoria. Como ejemplo, considere que se desea repetir continuamente un mensaje de 30 segundos grabado en un dispositivo ISD2500 sin pausas, es decir con un solo pulso EOM al final. Para reproducir continuamente este mensaje, siga estas instrucciones:

- Configure J3 para el modo M3 (A9, A8 y A3 sin jumpers).

2. Sitúe el botón PLAY/REC (S4) en PLAY y pulse el botón de *reset* (S3).
3. Presione el botón de *start* (S2). El mensaje comenzará a reproducirse. Al terminar, aparecerá el pulso de marca (EOM). Si S2 está presionado, el mensaje volverá a reproducirse nuevamente de forma automática. Si S2 es liberado durante la reproducción del mensaje, este último terminará de reproducirse y se detendrá.

#### Direccionamiento consecutivo de mensajes con el modo M4

El modo M4 es similar al modo M6 en el sentido que permite grabar y reproducir mensajes múltiples en forma consecutiva, uno a continuación del otro. La principal diferencia radica en que una vez se reproduce el último mensaje o se llega final del espacio de memoria y se produce un sobreflujo, el puntero de direcciones no retorna automáticamente al comienzo del espacio de memoria. Esto último sucede únicamente cuando se cambia S4 de PLAY a REC, o viceversa, o se pulsa el botón de *reset* (S3). Como ejemplo, suponga que tiene grabados dos o más mensajes en un dispositivo ISD2500. Para su reproducción consecutiva, siga estas instrucciones:

1. Configure J3 para el modo M4 (A9, A8 y A4 sin jumpers),
2. Sitúe el botón PLAY/REC (S4) en PLAY y pulse el botón de *reset* (S3)
3. Pulse el botón de *start* (S2). El primer mensaje comenzará a reproducirse, dejando de hacerlo cuando se encuentre un pulso EOM al final del mismo. Puesto que el dispositivo está en el modo M4, la siguiente pulsación de S2 comenzará la reproducción del segundo mensaje. Para escuchar otra vez el primer mensaje deberá pulsar el botón de *reset* (S3)

Este modo trabaja igual durante un ciclo de grabación, excepto que debe mantener presionado el botón de *start* (S2) durante la grabación de cada mensaje. Al final de cada ciclo de graba-

ción, el puntero de direcciones queda apuntando al comienzo del siguiente segmento del espacio de mensajes, excepto si pulsa el botón de *reset* (S3) o se cambia al modo de reproducción (S4 de REC a PLAY).

#### Reproducción por nivel con el modo M5

El modo M5 permite comenzar y terminar la reproducción de un mensaje pulsando y liberando el botón de *start* (S2). Para reproducir un mensaje en este modo siga estas instrucciones:

1. Configure J3 para el modo M5 (A9, A8 y A5 sin jumpers).
2. Pulse el botón de *reset* (S3).
3. Presione el botón de *start* (S2) para comenzar la reproducción del primer mensaje. El proceso continuará hasta que libere S2 antes de terminar el mensaje. En este último caso, la reproducción se detendrá y el puntero de direcciones retornará al comienzo del espacio de mensajes. Por tanto, al presionar nuevamente S2, la reproducción comenzará otra vez desde el principio del mensaje.
4. Si adicionalmente está habilitado el modo 4 (A4 sin jumper), la activación de S2 comenzará la reproducción del mensaje desde el comienzo. Al liberar S2, la reproducción se detendrá, pero se reanudará a partir del punto donde quedó cuando presione nuevamente S2. Mientras mantenga pulsado S2, los pulsos de marca (EOM) subsiguientes serán ignorados, permitiendo que los mensajes puedan ser reproducidos consecutivamente.

#### Aplicaciones

El grabador/reproductor de voz **CEKIT K-246** puede ser utilizado indistintamente como grabador de mensajes de propósito general o como programador de dispositivos **ChipCorder®** de la serie **ISD2500**. Estos últimos se emplean actualmente en una gran variedad de aplicaciones, incluyendo equipos médicos, identificadores de llamadas, vitrinas de puntos de venta, anunciadores, juguetes,

buscadoras, equipos de sonido domésticos y para el automóvil, sistemas de seguridad, instrumentos de medición inteligentes, etc. Las posibilidades son infinitas, limitadas únicamente por su imaginación.

Con el sistema **K-246** usted puede, por ejemplo, grabar en un **ISD25120** un mensaje completo de 120 segundos a un amigo o a un familiar en otro país y enviarle el *chip* por correo para que él, en otro sistema **K-246** o un reproductor ISD dedicado como el descrito en otro proyecto de esta misma revista, lo reproduzca y lo conserve como un recuerdo o le remita el mismo *chip*, pero grabado con un mensaje de respuesta. Esta forma de comunicación puede llegar a ser más impactante, personal y duradera que una tarjeta musical, una postal, una carta o una llamada telefónica.

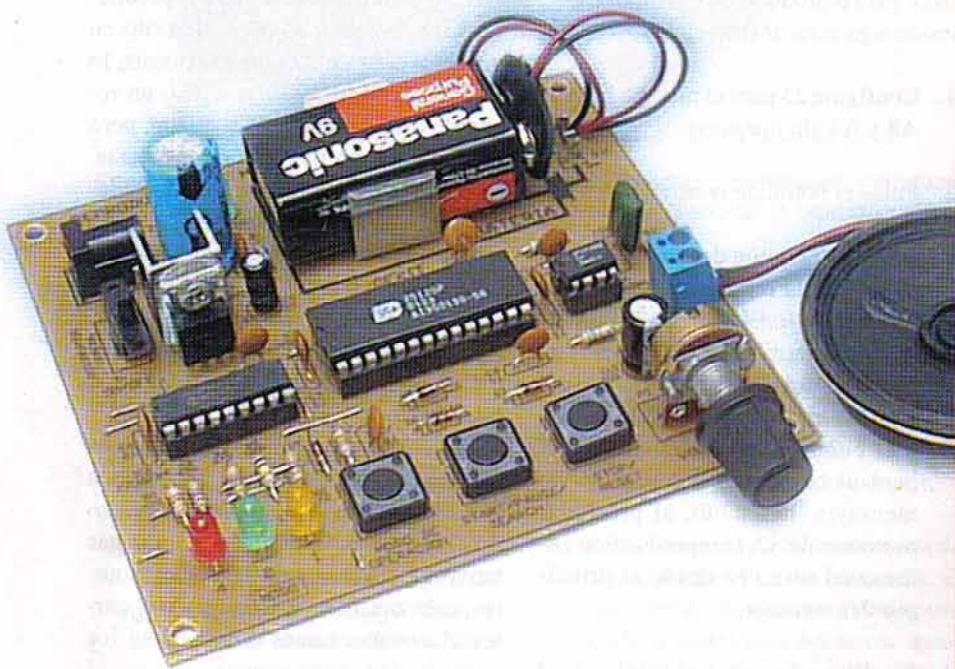
El sistema **K-246** le permitirá también experimentar de primera mano con las técnicas de grabación y reproducción de audio en y desde dispositivos en estado sólido, como los producidos por ISD, los cuales están reemplazando el uso de cintas y discos en muchas tareas gracias a que no necesitan motores, cabezas, lectores láser y otras partes electromecánicas comunes en los sistemas de sonido modernos.

El sistema **K-246** está diseñado para permitirle la familiarización con los modos de operación y direccionamiento de los dispositivos **ISD2500**. Por esta razón, las funciones de interfaz con el usuario se efectúan manualmente, manipulando interruptores y jumpers.

Usted puede, sin embargo, automatizar estas funciones con un microcontrolador. Para ello necesitará, por lo menos, de 15 líneas I/O y tendrá que remover todos los jumpers e interruptores. Hecho esto, deberá controlar las líneas de direcciónamiento (A0-A9), power-down (PD), play/record (P/R) y habilitación (CE) desde salidas, y supervisar las líneas de fin de mensaje (EOM) y sobre flujo (OVF) desde entradas. Naturalmente, tendrá también que definir una nueva interfaz de usuario y programar el microcontrolador a la medida de sus necesidades. No es fácil, pero si retador.

# REPRODUCTOR K-249

## de mensajes con PIC



JORGE E. HERNÁNDEZ M.  
[edhernandez@cekit.com.co](mailto:edhernandez@cekit.com.co)  
[edhernandez65@hotmail.com](mailto:edhernandez65@hotmail.com)

**E**n este artículo se describe el funcionamiento, la construcción y la operación de un práctico circuito de audio que reproduce nítidamente mensajes y efectos vocales o sonoros grabados previamente en un dispositivo **ChipCorder** de la serie **ISD2500** en los principales modos operacionales disponibles para esta familia, incluyendo búsqueda rápida, encadenamiento, repetición continua, direccionamiento consecutivo y *push-button*, así como algunas combinaciones de los mismos que serán implantadas en un futuro. Usted simplemente graba sus mensajes en un *chip* **ISD2500** desde la fuente y en la forma deseada utilizando el gra-

bador de voz **CEKIT K-246**, descrito en ésta y en la anterior edición de E&C, y luego los reproduce como quiera con nuestro sistema, identificado bajo la referencia **K-249** de **CEKIT**. Las siguientes son algunas de las características y especificaciones más relevantes de este producto, el cual se ofrece como *kit* propiamente dicho (piezas sueltas) o previamente ensamblado y probado:

- Acepta cualquier dispositivo grabador de voz **ChipCorder** de la familia **ISD2500**, incluyendo las versiones de 32 segundos (**ISD2532**), 40 segundos (**ISD2540**), 48 segundos (**ISD2548**), 60 segundos (**ISD2560**), 64 segundos

*Reproduzca sus mensajes vocales o sonoros, previamente grabados en un dispositivo ISD2500, en una gran variedad de formas posibles mediante este práctico, versátil y compacto circuito, basado en un microcontrolador PIC16F84. Puede seleccionar mensajes uno tras otro, reproducirlos como uno solo, repetirlos en forma continua o buscarlos rápidamente. Además opera con una batería. Ideal para la promoción de productos o servicios, el anuncio de mensajes con cualquier motivo, la generación de efectos sonoros y otras aplicaciones similares, así como mini-agenda personal o interfaz vocal de usuario para alarmas, juguetes, máquinas, instrumentos y otros tipos de productos electrónicos.*

(**ISD2564**), 75 segundos (**ISD2575**), 90 segundos (**ISD2590**) y 120 segundos (**ISD25120**). Las características de estos dispositivos se explican en la primera parte del artículo “**Grabador de voz con amplificador de potencia**”, publicado en el número 82 de E&C.

- Basado en un microcontrolador EEPROM de 8 bits **PIC16F84** de Microchip. Este dispositivo se encarga de recibir información desde un teclado, visualizar el modo de operación seleccionado en una pantalla de LED y configurar las líneas de control y direccionamiento del dispositi-

vo **ISD2500** en la forma requerida para la reproducción de los mensajes.

- Amplificador de potencia de audio incorporado con control de volumen y salida a través de un parlante dinámico de 0,25W ó 0,5 W. La ganancia de voltaje del amplificador puede ser fácilmente incrementada por el usuario mediante la adición de un condensador o una red RC externa para facilitar la reproducción de señales débilmente grabadas. En la gran mayoría de los casos, esta operación no es necesaria.
- Sencilla interfaz de usuario, constituida por tres LED, tres pulsadores, un control de volumen y un interruptor general, lo cual lo hace muy fácil de usar. Usted simplemente instala su *chip* **ISD2500** programado con el mensaje o mensajes que desea reproducir, conecta el interruptor general, selecciona el modo de operación deseado con el botón de modo, monitoreándolo en los LED, pulsa el botón de arranque (*start/pause/search*), gradúa el nivel de volumen a su gusto, y listo. Con el botón de arranque puede también pausar la reproducción en curso, pasar al siguiente mensaje o buscar rápidamente los mensajes. Dependiendo del modo de operación deseado. Así mismo, con el botón de parada (*stop/reset*) puede abortar la reproducción en curso y retornar la reproducción al comienzo del espacio de mensajes.
- Opera normalmente con una batería de 9V, lo cual lo convierte en un circuito portátil fácil de llevar a cualquier parte. Sin embargo, puede ser también alimentado con un adaptador CA/CC o una fuente CC de 7,5V a 12,5V, un adaptador CA/CC (transformador) de 6V a 9V (rms) o una batería de automóvil de 12V. El consumo de corriente es inferior a 20 mA en condiciones de reposo y menos de 100mA en plena operación con Vcc=12V, un parlante de 8W/0,5W como carga y el control de volumen girado al máximo.

• Interruptor general incorporado, para mantener desconectado el sistema de la fuente de alimentación cuando no se está utilizando y prolongar la vida útil de la batería. Un LED indica cuando el sistema se encuentra conectado (ON) o desconectado (OFF) de la fuente.

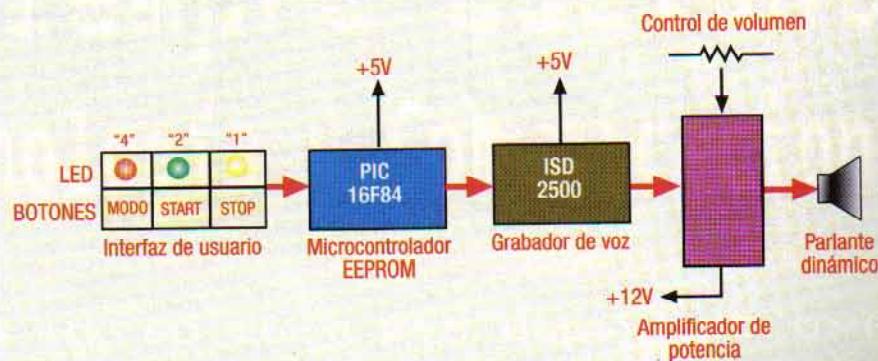
- Protección automática contra inversión de polaridad. En caso de conectar la batería interna o la fuente de CC externa con la polaridad invertida, el sistema simplemente no funciona y no se produce daño en sus componentes internos. Esto no es problema cuando se utiliza un adaptador de CA puesto que un rectificador de media onda interno produce automáticamente la tensión de CC interna de operación con la polaridad correcta.
- Diseño compacto y liviano, sin partes móviles. Todo el circuito, incluida la batería y con excepción del parlante, está alojado en una tarjeta de circuito impreso de una sola faz de 11cm x 10.5cm de área y apenas 25 gramos de peso (con la batería y todos los componentes y accesorios instalados).

### Descripción del circuito

En las **figura 1** y **2** se muestran, en su orden, el diagrama de bloques simplificado y el diagrama esquemático completo del reproductor de mensajes **CEKIT K-249**. El corazón del sistema es un *chip* grabador de voz **ISD2500** (IC3), suficientemente explicado en las dos últimas entregas de **E&C**, y su cerebro, un microcontrolador **PIC16F84** (IC2), el cual cumple básicamente las siguientes funciones:

- Explora, mediante las líneas del puerto A (RA0-RA4) la parte de la interfaz del usuario constituida por los botones de modo (S4), arranque (S2) y parada (S3), y los LED indicadores de modo (LED2-4). Para ello se utilizan técnicas de multiplexaje por software, con lo cual se consigue un ahorro de líneas I/O y una reducción en el consumo de potencia.
- Administra, mediante las líneas del puerto B (RB0-RB7), el estado y las relaciones de tiempo de las líneas de control (EOM, PD, CE) y de direccionamiento (A0, A1, A3, A4, A6) del dispositivo grabador de voz **ISD2500** (IC3), dependiendo del modo de operación seleccionado. La supervisión de la línea EOM (*End\_of\_Message*: fin del mensaje) del **ISD2500**, en particular, se hace sobre la base de interrupciones. De este modo, el programa de control resulta mucho más ágil y eficiente, puesto que el microcontrolador no tiene que dedicar tiempo para esperar que termine un mensaje, sino que lo sabe automáticamente cuando se lo anuncia la línea EOM del **ISD2500** a través de una interrupción por hardware que recibe la línea RB7. Mientras tanto, puede dedicarse tranquilamente a explorar la interfaz del usuario y a administrar las demás líneas del puerto B, que son sus tareas prioritarias.

En la próxima entrega seguiremos describiendo este circuito, explicaremos paso a paso su construcción, prueba y operación, y sugeriremos algunas aplicaciones útiles. Hasta entonces.



**Figura 1.** Diagrama de bloques simplificado del reproductor de mensajes **CEKIT K-249**

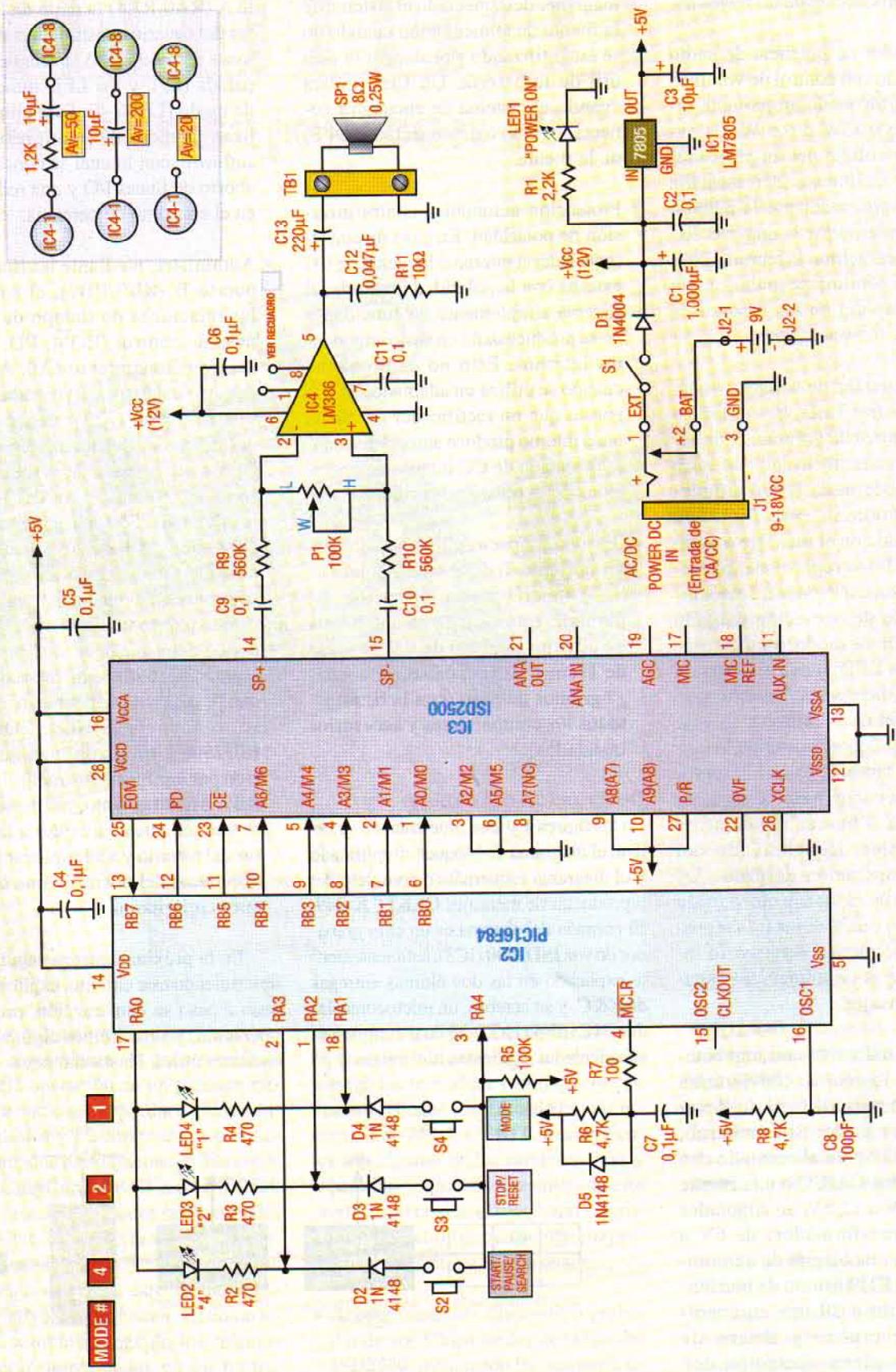
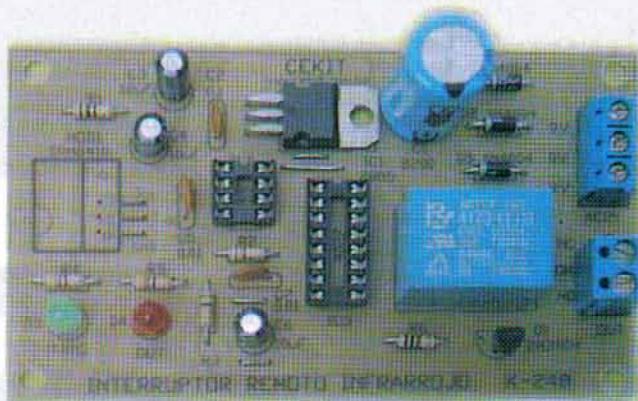


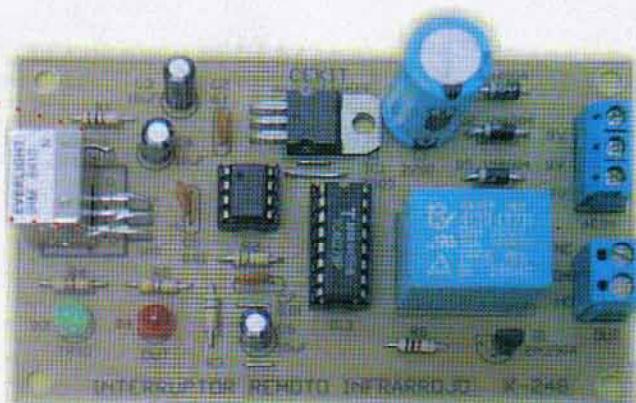
Figura 2. Diagrama esquemático completo del reproductor de mensajes CEKIT K-249

**Figura 10**

Instale ahora los dos conectores de tornillo (J2 y J3) y el relevo de 12 voltios (K1).

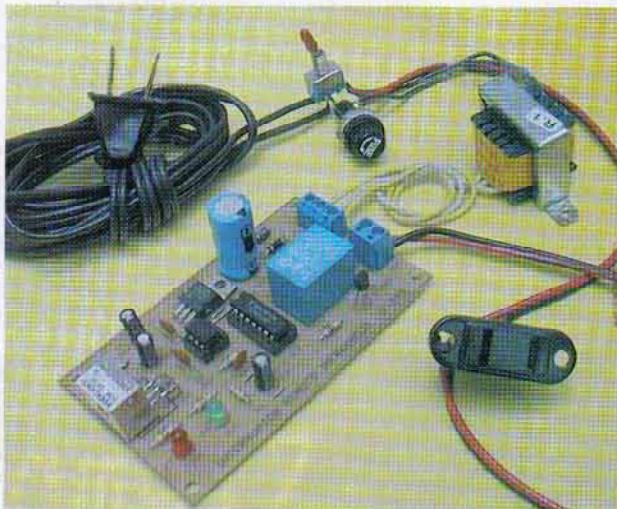
**Figura 11**

Por último, instale y suelde el módulo receptor infrarrojo extendiendo sus terminales con suplementos de alambre en ángulo recto, tal como se muestra en la figura. Instale ahora en sus respectivas bases los dos circuitos integrados 555 y 4027 teniendo en cuenta su posición correcta (pin No.1 en la parte izquierda superior o muesca hacia arriba).

**Figura 12**

Para alimentar el circuito, conecte los tres terminales del secundario del transformador en el conector J2 y alambre el circuito de entrada con el cable, el interruptor y el portafusible con su respectivo fusible. El circuito debe quedar tal como se muestra en la figura.

Para una mejor presentación y utilización, el usuario debe instalar el proyecto en una caja de plástico o de metal.



### Pruebas

Conecte el enchufe en un tomacorriente de 110 ó 220 voltios según el país y verifique primero los voltajes de la fuente de poder. En la unión de D1 y D2 debe haber unos 12 voltios no regulados y en la salida de IC1 debe haber 5 voltios regulados.

Con una distancia aproximada de un metro, dirija un control remoto común hacia la ventana del módulo receptor infrarrojo y oprima cualquiera de sus

botones; en ese momento se debe sentir la acción del relevo y se deben encender los LED D3 y D4. Cada vez que se oprime un botón, el LED D3 se debe encender brevemente y el LED D4 se debe encender o apagar en forma fija, lo cual indica que el circuito está trabajando correctamente.

Si el proyecto no trabaja tal como se ha explicado, verifique cada uno de sus componentes, su valor, posición y

soldadura correctas, así como las conexiones de los elementos externos.

### Utilización

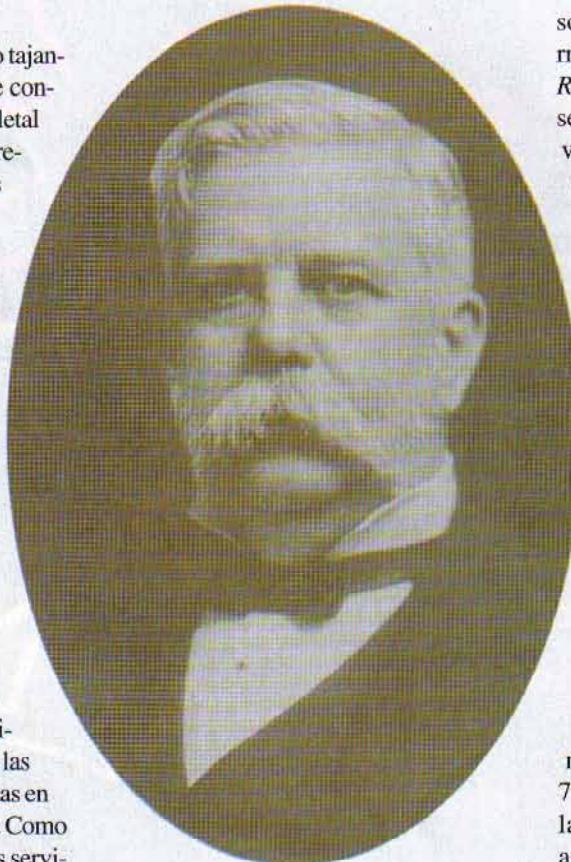
Conecte los contactos del relevo a través de J3 a un tomacorriente hembra para CA (J4) y a la entrada de alimentación de CA de 110 ó 220 voltios, según sea el caso. Instale en el tomacorriente una lámpara para hacer las pruebas iniciales y luego cualquier aparato en el cual vaya a emplear este dispositivo.

CA producía un choque dañino cada vez que la corriente cambiaba de dirección, esto es dos veces por ciclo. Aparentemente ignoraban o consideraban irrelevantes los efectos del calentamiento producido en el cuerpo por ambos tipos de corriente. Estos resultados ayudaron a Brown y a Edison a convencer a las autoridades carcelarias del estado de Nueva York, quienes buscaban un método de ejecución de criminales más humano que la horca, de la conveniencia de la electrocución con altos voltajes de corriente alterna, naturalmente.

George Westinghouse se opuso tajantemente a esta idea, no solo porque consideraba que la CC podía ser tan letal como la CA, sino porque temía la reacción adversa del público hacia sus sistemas de corriente alterna y su asociación con la muerte. No obstante, la electrocución fue aprobada por la legislatura del estado y comenzó a regir a partir del primero de enero de 1889 para las tres cárceles de Nueva York: Auburn, Sing Sing y Clinton. La legislación no especificaba el tipo de electricidad que debía utilizarse. Esta decisión quedaría en manos de una comisión de la *New York Medico Legal Society* (Sociedad Medico-Legal de Nueva York), presidida por Peterson. El escenario estaba listo, pero las autoridades carcelarias dudaban ya que las electrocuciones habían sido probadas en perros, pero no en animales grandes. Como era de esperar, Peterson contrató los servicios de Brown para llevar a cabo, en los laboratorios de Edison, una serie de experimentos al respecto, donde se mataron por electrocución primero una ternera, luego un caballo, y, por último, un elefante.

Basados en estos experimentos, Person y Brown prepararon un publicitado informe para la Sociedad Médico-Legal de Nueva York, donde se recomendaba la ejecución de criminales mediante corriente alterna. Brown fue asignado para conseguir e instalar los generadores de CA requeridos para llevar a cabo las electrocuciones en las tres cárceles mencionadas. Ante la negativa de Westinghouse a vender las má-

quinas, éstas fueron adquiridas por Brown en el mercado de equipos usados. Westinghouse cuestionó las conclusiones de Brown y Peterson, así como su objetividad. También sugirió que Brown había servido a los intereses comerciales de Edison por dinero e instó a que una persona imparcial investigara independientemente, sin prejuicios de ningún lado, los peligros relativos de la corriente alterna y la corriente continua.



George Westinghouse  
(1846 - 1914)

Brown respondió planteando a Westinghouse un absurdo reto. La propuesta era que Brown se sometería a sí mismo a choques eléctricos con CC, mientras Westinghouse haría lo propio con choques de CA. Los voltajes serían incrementados paulatinamente en pasos de 50 voltios después de cada choque hasta que uno de los dos llorara "suficientemente" y admitiera públicamente que estaba equivocado y que su corriente era la más dañina. Sabiamente, Westinghouse declinó el reto, lo cual fue aprovechado por Brown para hacerle la

mofa en público y declarar que Westinghouse estaba "dispuesto a poner en peligro a la gente, pero no a sí mismo" con la corriente alterna. El hecho de que Westinghouse utilizará corriente continua en su propia casa tampoco dejó de ser notado o mencionado por Brown.

En noviembre de 1889, Edison se involucró más directamente en la controversia con la publicación del artículo al cual hicimos referencia en un comienzo. Westinghouse refutó convincentemente cada una las afirmaciones de Edison con respecto a los peligros de la corriente alterna en un artículo titulado "A Response to Mr. Edison" (respuesta al señor Edison), publicado en la misma revista. Por ejemplo, ante la declaración de que la corriente continua podía pasar a través del cuerpo humano sin producir sensaciones molestas, Westinghouse invitó a los lectores a colocar una tajada de carne entre una sartén metálica y una parrilla metálica, ambas en contacto con la carne y conectadas a los dos alambres de uno de los sistemas de CC residenciales de Edison. Entonces aseguró: "Yo he sido testigo del asado de un gran pedazo de carne mediante corriente continua de menos de cien voltios en menos de dos minutos".

A esta guerra verbal en los medios de comunicación siguieron varios episodios en otros escenarios. El 7 de agosto de 1890, por ejemplo, en la persona de William Kemmler, un asesino condenado, se llevó a cabo la primera electrocución humana de la historia legalmente aprobada. Así, en su afán por desacreditar la corriente alterna, Edison se convirtió, accidentalmente, en el padre también de la silla eléctrica. El ataque final de Edison y sus aliados se llevó a cabo en Virginia, cuando se propuso un proyecto de ley que declaraba ilegal cualquier potencial eléctrico por encima de 800V. En el transcurso del debate, un comité de 15 senadores estatales escuchó en audiencia pública tanto a los detractores como a los defensores de la CA. Edison testificó, pero su testimonio, acentuado por su sordera, resultó inconexo y poco convincente.

Los proponentes de la corriente alterna, por su parte, tenían varios testigos expertos, los cuales fueron capaces de explicar elocuentemente las ventajas de la corriente alterna en términos que resultaron convincentes y tranquilizadores para los senadores. Como resultado, el proyecto de ley propuesto fue derogado. Fallos similares se produjeron en otras partes de Estados Unidos de América y Canadá donde se intentó introducir una legislación para prevenir el uso de la corriente alterna. La culminación de la campaña de relaciones públicas de Edison no logró detener la marea de la corriente alterna. Se hizo evidente que ésta era la forma de energía eléctrica más práctica en la mayoría de los casos y sus ventajas fueron reconocidas y sancionadas oficialmente.

En 1893, tres años después de la primera electrocución, Westinghouse y sus sistemas de corriente alterna encendieron las luces de la Feria Mundial de Chicago. El mismo año, el gran premio, el jugoso contrato de construcción de la central hidroeléctrica de las cataratas del Niágara, le fue adjudicado a los diseños basados en corriente alterna presentados por la Westinghouse. La industria suplicaba que la corriente alterna reemplazara las viejas máquinas de vapor y alimentara el equipo eléctrico pesado. Pese a la oposición de su creador, la Edison General Electric se vió obligada a entrar en el mercado de la corriente alterna. Para ello se fusionó con la Thomson-Houston Company y cambió su nombre a, simplemente, General Electric. Así terminó la guerra de las corrientes. Muy pronto, la General Electric se convertiría en un líder mundial en el desarrollo de equipo eléctrico que producía y utilizaba la corriente alterna que su fundador, Edison, tanto detestó.

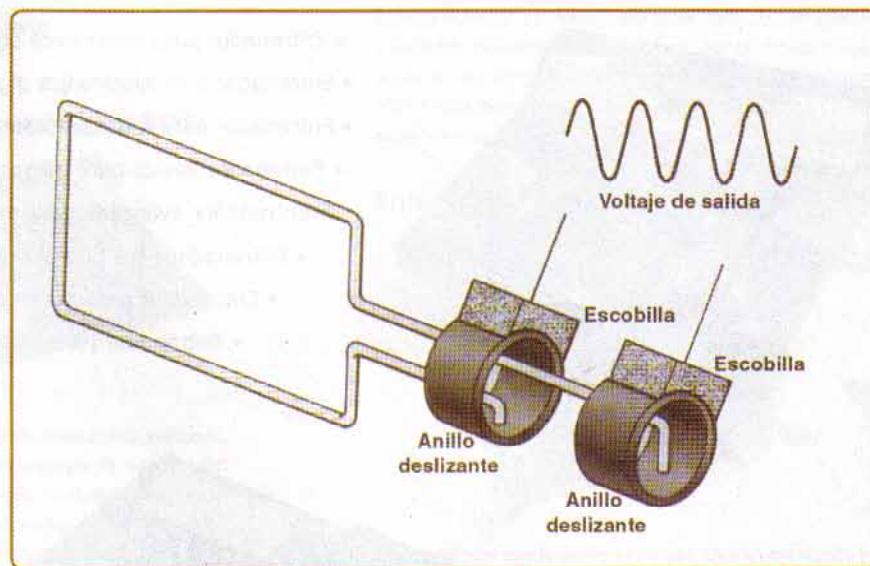
### Epílogo

La rivalidad entre Edison y Westinghouse produjo paralelamente otra clase de competencia: la Guerra de las Patentes. La General Electric poseía patentes clave en los sistemas para trenes eléctricos y mantenía a raya a la Westinghouse en el terreno de la iluminación incandescente. La Westinghouse,

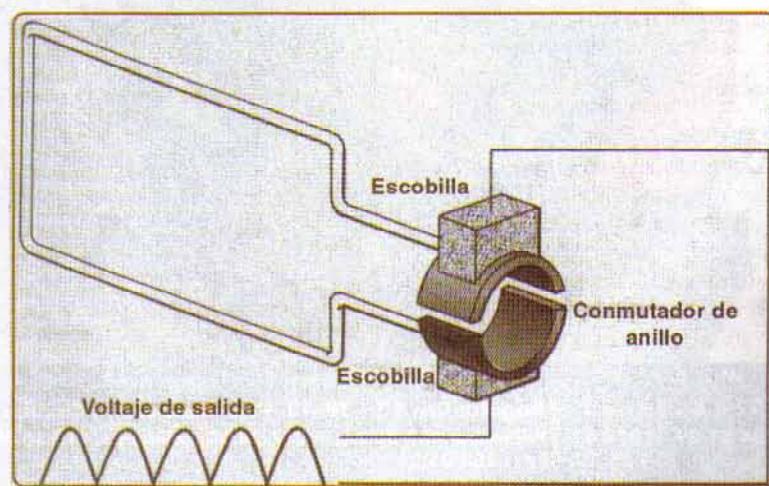
por su parte, prohibía a la General Electric los derechos sobre las máquinas de corriente alterna y reclamaba derechos sobre la bombilla incandescente, gracias a algunas patentes de iluminación que le pertenecían. Para 1896, había más de trescientos pleitos por patentes pendientes entre ambas compañías.

De otro lado, el auge de la corriente alterna creó la necesidad de un análisis matemático de orden superior. Hombres como Nikola Tesla, el verdadero genio creador detrás de las máquinas de corriente alterna, y Charles Steinmetz, el científico jorobado creador de la ingeniería eléctrica moder-

na, pronto adquirieron una gran notoriedad pública gracias a sus amplios conocimientos en matemáticas superiores. Para la General Electric y la Westinghouse, los resultados de las dos guerras, la de las corrientes y la de las patentes, les permitió descubrir que la mejor forma de trabajar era constituir buenos equipos y métodos sistemáticos. Al asignar a diferentes inventores distintas partes de un mismo problema, las corporaciones procuraban que el invento resultante no le perteneciera a ninguno de ellos individualmente. Desde entonces, esta práctica es inseparable del proceso industrial en las grandes compañías tecnológicas.

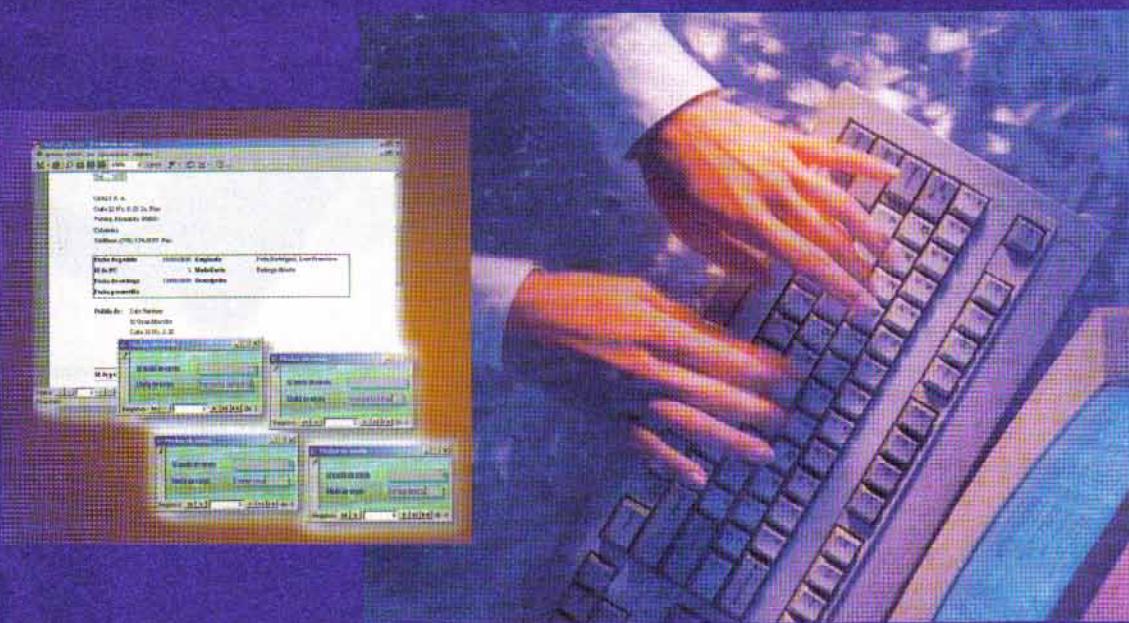


**Figura 1.** Principio de funcionamiento de un generador de corriente alterna. El anillo deslizante y las escobillas hicieron posible el desarrollo de generadores eléctricos rotatorios



**Figura 2.** Principio de funcionamiento de un generador de corriente continua. El conmutador de anillo dividido hacia posible la generación de un flujo de corriente unidireccional pulsante desde una bobina girando en un campo magnético

# Creando bases de datos con Microsoft Access



El paquete Access de Microsoft es una de las herramientas más útiles y poderosas para el manejo de datos estructurados y bases de datos relacionales. En esta lección usted aprenderá a introducir información en la base de datos *Inventario*, utilizando para ello los recursos generados por el asistente de bases de datos.

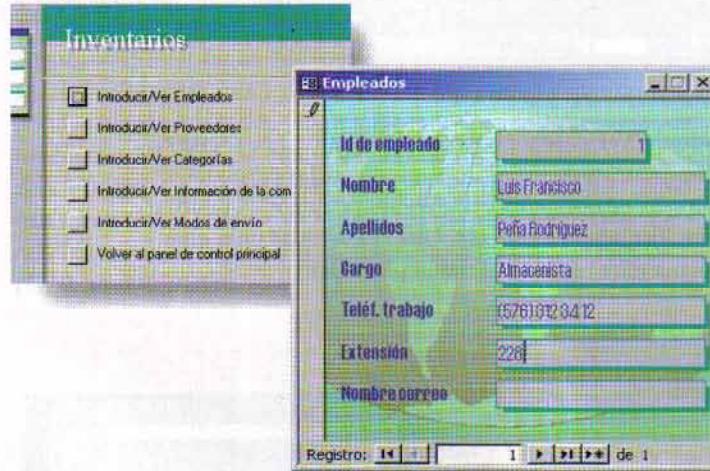
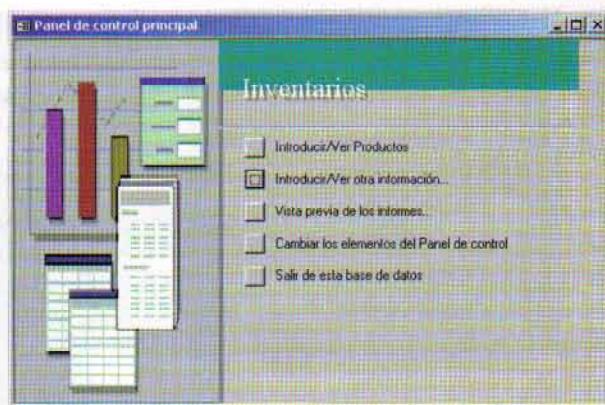
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO  
CEKIT S.A.

Una vez creada una base de datos, es necesario introducir en cada una de sus tablas con la información correspondiente. Antes de empezar, sin embargo, es importante comprender que de la corrección de los datos digitados depende en gran medida la validez de las consultas realizadas, así como la utilidad que se pueda obtener de los reportes generados por el sistema.



Inicie Microsoft Access seleccionando la opción de menú **Inicio | Programas | Microsoft Access**. En el cuadro de diálogo resultante, **Microsoft Access**, elija **Abrir un archivo existente**. Haga clic sobre el ítem **Inventario** y pulse a continuación el botón **Aceptar**.

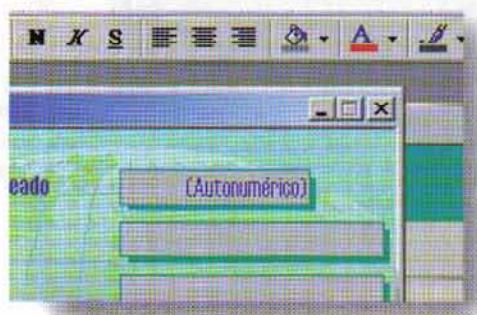
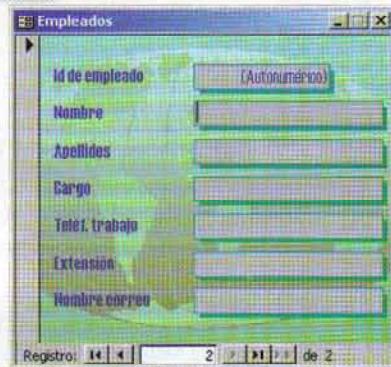
Access abre dos ventanas: la primera de ellas, **Panel de control principal**, contiene los formularios y opciones de impresión generados por el asistente. La segunda, **Inventario: Base de datos**, guarda la descripción exacta de los elementos utilizados, y permite modificar, eliminar o agregar nuevos componentes. Esta segunda ventana aparece minimizada en la base de la pantalla. Haga clic en el botón **Introducir/Ver otra información** en el formulario **Panel de control principal**.



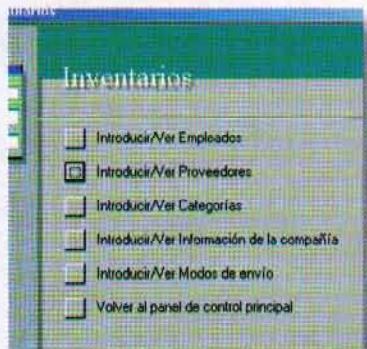
Access despliega un menú que permite acceder a las tablas fundamentales del sistema. Antes de que usted pueda utilizar la base de datos en toda su plenitud, debe grabar los registros que conforman cada una de las tablas mostradas. Haga clic en el botón rotulado **Introducir/Ver empleados**. En la ventana resultante, **Empleados**, digite la información que aparece en el siguiente diagrama.



Una vez digitado el último dato de la plantilla de entrada (**Nombre de correo**), usted debe grabar el registro actual y agregar uno nuevo. Haga clic sobre el botón que contiene un ícono con forma de flecha seguida por un asterisco en la base de la pantalla. Con esta acción, Access graba el registro actual y despliega un registro en blanco para recibir la información del nuevo empleado.



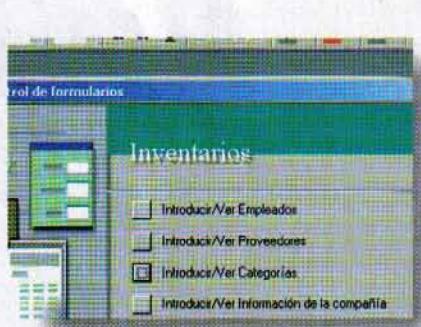
Note la presencia del Control de registro, gracias al cual podrá desplazarse a lo largo de la tabla. Si pulsa el ícono con forma de flecha derecha, se desplazará al próximo registro; si lo hace sobre el ícono con forma de flecha izquierda se moverá al registro anterior; si elige el ícono con forma de flecha derecha acompañada con una barra vertical, avanzará al último registro; finalmente, si pulsa el ícono con forma de flecha izquierda acompañada con una barra vertical, se moverá al primer registro de la tabla. Agregue unos cuantos registros y pulse el botón **Cerrar** para regresar al menú anterior.



Elija ahora **Introducir/Ver proveedores**. Grabe unos cuantos registros y regrese al menú principal.

Nombre	El Gran Martillo
Número contacto	Luis Moreno
Cargo contacto	Gerente
Dirección	Calle 10 No. 0-20
Código postal	03001
Zip	Méjico
Estado/Provincia	Ciudad
Piso	Cuarto
Nº de teléfono	05700123456
Nº de fax	057009723543

Seleccione ahora la opción de menú **Introducir/Ver categorías**. La información que digite en esta ventana servirá como base para agrupar los productos de la empresa en categorías particulares. Por ejemplo, si estamos sistematizando una empresa de computadoras, algunas categorías podrían ser: **Impresoras**, **Discos flexibles**, **Discos duros**, **Tarjetas de red**, etc. Una vez creadas unas cuantas categorías, pulse el botón **Cerrar** de la ventana para regresar al menú principal.

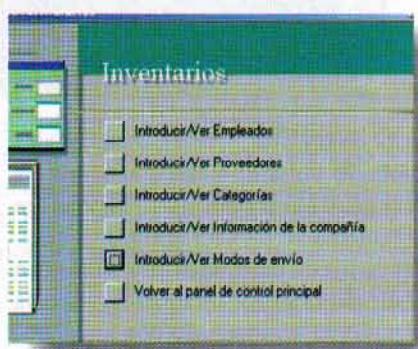


Id de categoría	1
Nombre categoría	Inventarios

Id de categoría	2
Nombre categoría	Discos

Id de categoría	3
Nombre categoría	Computadoras

Haga clic en la opción **Ver/Introducir Modos de envío**. En esta ventana usted puede establecer los mecanismos que utiliza la empresa para hacer llegar los productos a sus clientes. Introduzca los datos mostrados en el siguiente diagrama y haga clic a continuación en el botón **Cerrar**.

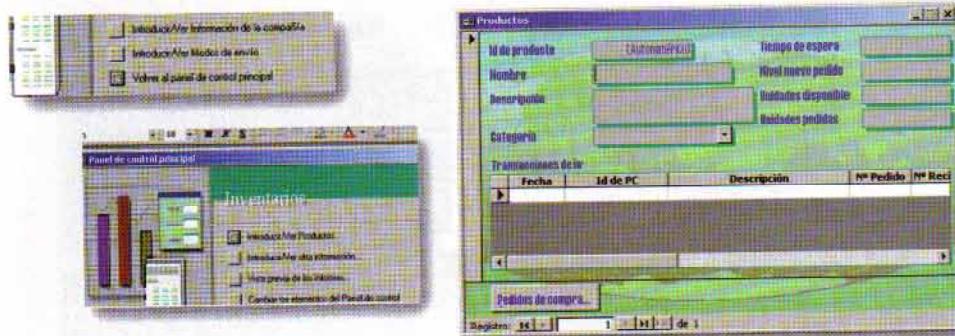


Id modo de envío	1
Modo de envío	Transporte terrestre

Id modo de envío	2
Modo de envío	Transporte Aéreo

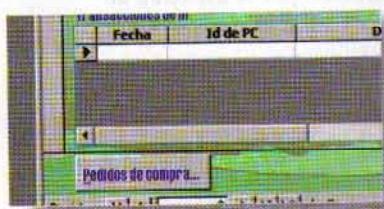
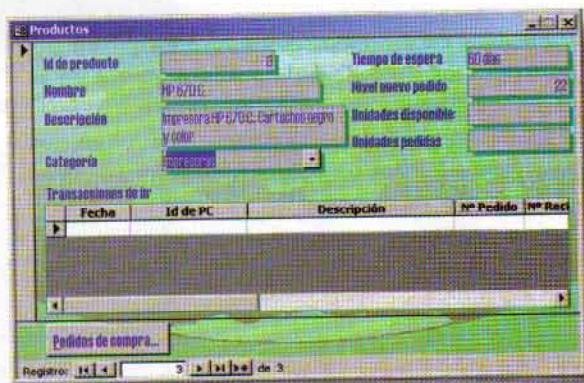
Id modo de envío	3
Modo de envío	Courier Local

Id modo de envío	4
Modo de envío	Entrega directa



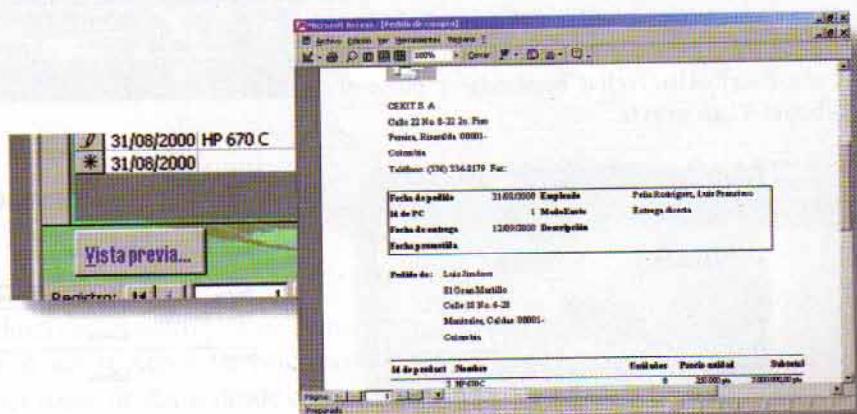
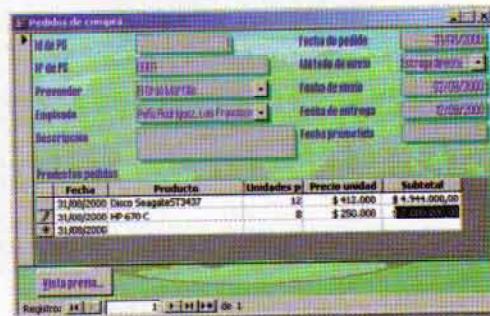
Aquí damos por terminado el proceso de introducir información en las tablas que almacenan los datos básicos de la empresa. Nuestro próximo paso consiste en establecer relaciones adecuadas entre las diferentes tablas de la base de datos. Haga clic en el botón **Volver al panel de control principal** y pulse a continuación **Introducir/Ver productos**.

Access despliega una ventana que permite desarrollar acciones sobre las tablas de productos, transacciones y pedidos de compra. El orden en que debe proceder es el siguiente: introduzca, en primer lugar, los datos de los productos de la empresa. Seguidamente, realice los pedidos de compra que correspondan a cada producto. Finalmente, adicione transacciones de inventarios de acuerdo con la llegada de los productos solicitados. Para iniciar los procesos descritos, agregue algunos registros a la tabla de productos. Introduzca información en los campos **Nombre**, **Descripción**, **Categoría**, **Tiempo de espera** y **Nivel nuevo pedido**.



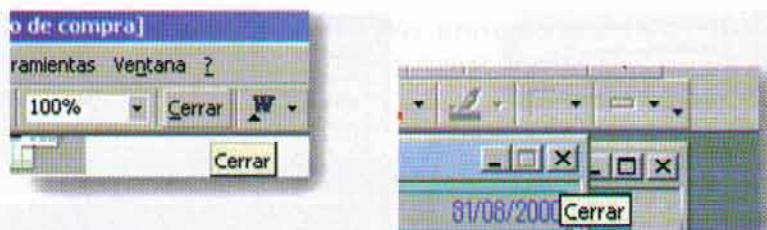
Observe que no hemos escrito información en los campos **Unidades disponibles** y **Unidades pedidas**, ambos correspondientes a la tabla de **Productos**. Esto se debe a que los datos para estos elementos son una consecuencia de los pedidos de compra, lo cual significa que aparecerán automáticamente una vez procesada dicha información. Haga clic sobre el botón **Pedidos de compra....**

Digite información adecuada en los campos **Nº de PC** (número del pedido), **Proveedor**, **Empleado**, **Descripción**, **Método de envío**, **Fecha de envío**, **Fecha de entrega** y **Fecha prometida**. Una vez cumplido este requisito, introduzca los datos de los productos requeridos por la empresa.

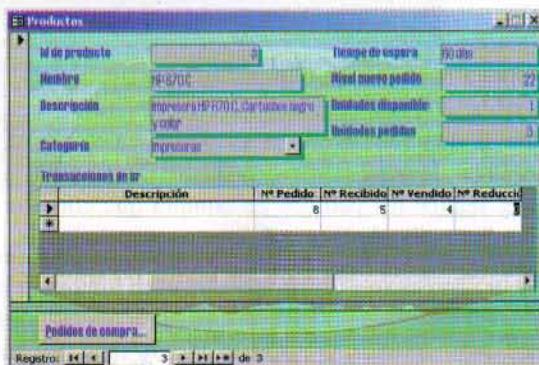


El diseño del formulario **Pedidos de compra** incluye un botón para visualizar en pantalla un listado del contenido de la tabla. Haga clic sobre el botón **Vista previa...**

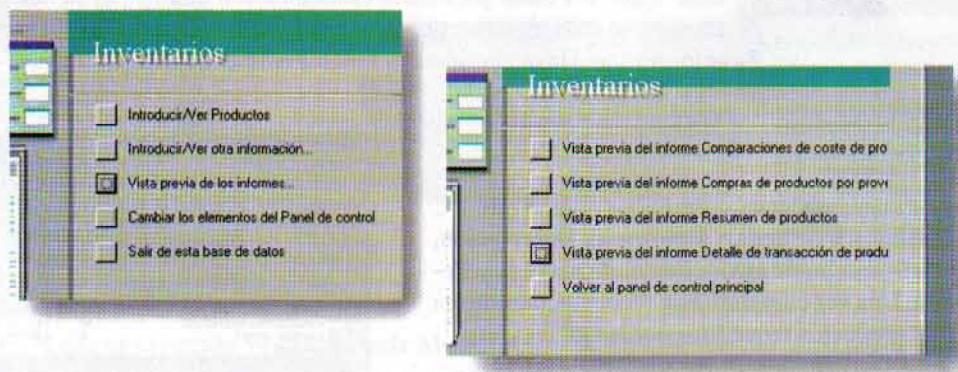
Para terminar, haga clic en el botón **Cerrar** de la vista previa del pedido de compras y repita lo mismo con el formulario **Pedidos de compra**.



Nos encontramos de regreso en la ventana **Productos**. Introduzca algunos registros en la retícula **Transacciones de inventario**. La información digitada hace referencia a los productos enviados por los proveedores en respuesta a las solicitudes de compra.

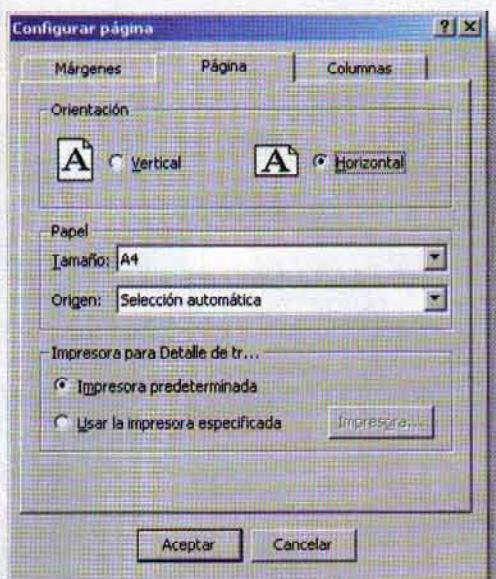
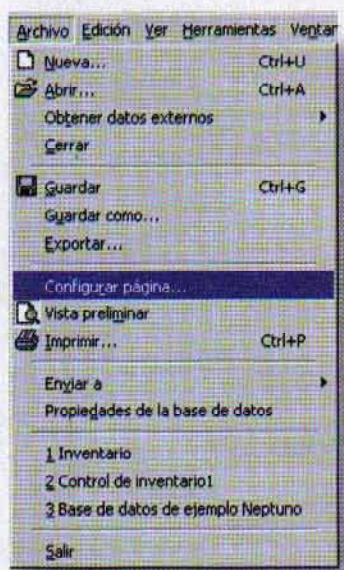


Cierre la ventana **Productos**. Ahora sólo resta verificar los listados creados por el asistente de bases de datos. Haga clic sobre el botón **Vista previa de los informes...** y elija la opción **Vista previa del informe Detalle de transacción de productos**.

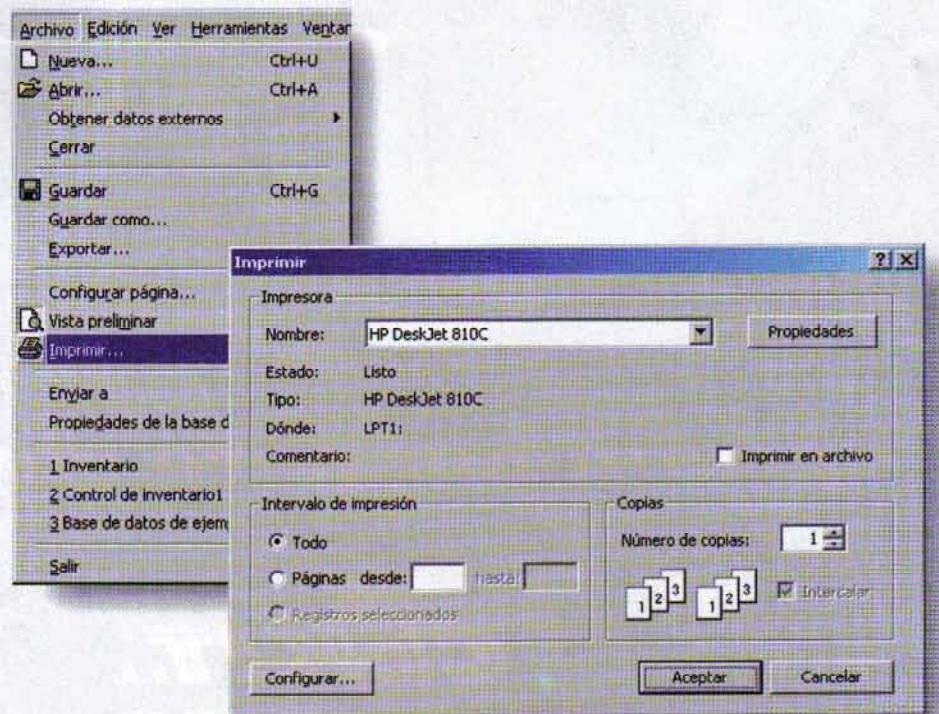


Access presenta la ventana **Detalle de transacción de productos**. Antes de continuar, usted debe introducir el rango de fechas que será utilizado por el generador de reportes. Escriba las fechas mostradas y pulse el botón **Vista previa...**





Access despliega una vista previa del reporte. Si observa con cuidado podrá notar que parte de la información no está incluida dentro del listado. La razón de esto tiene que ver con la orientación asignada al papel. Para corregir esta situación, seleccione la opción de menú **Archivo | Configurar página...** y elija la pestaña rotulada **Página**. En el panel **Orientación** haga clic en el botón circular rotulado **Horizontal** y pulse el botón **Aceptar**. Observe los cambios que se presentan en la vista previa desplegada en la pantalla.

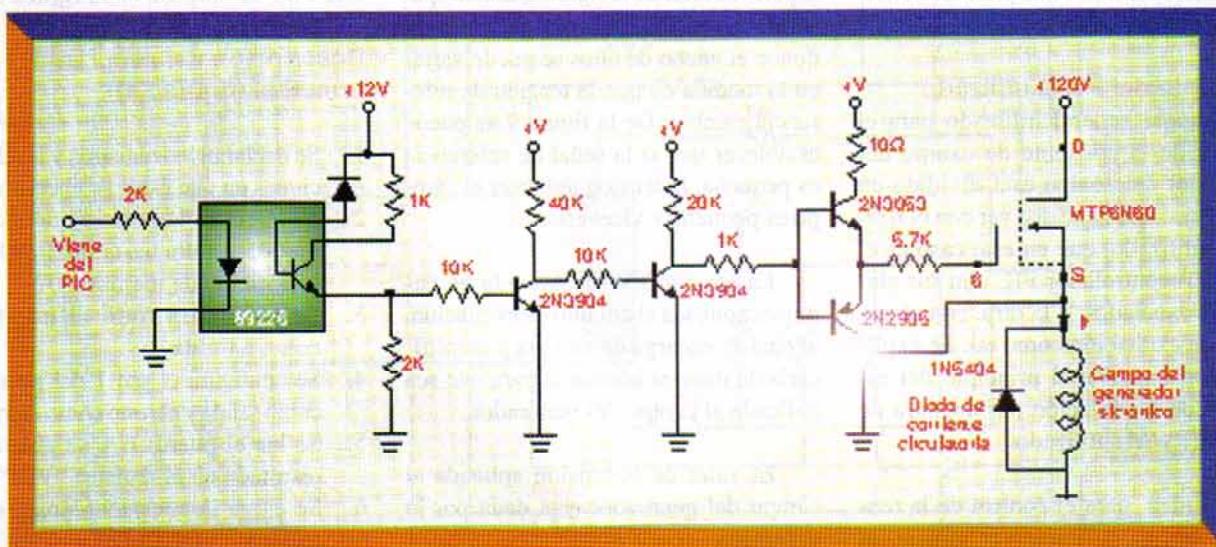


Si usted tiene conectada una impresora a su computadora, éste es el momento para generar un reporte en papel. Elija la opción de menú **Archivo | Imprimir...** y pulse el botón **Aceptar** en la caja de diálogo titulada **Imprimir**.

Cierre la ventana **Detalle de transacción de productos**, pulse el botón **Volver al panel de control principal** y haga clic en **Salir de esta base de datos**.

Hemos concluido así nuestro primer contacto con las aplicaciones creadas mediante el uso de Access de Microsoft. En la próxima lección aprendremos a crear bases de datos desde cero, sin la ayuda del asistente, y a crear formularios.

# Control digital del campo de un generador



Se presenta en este artículo un método para el control de la corriente continua aplicada al campo de un generador sincrónico usando el método de modulación por anchura de pulso (PWM), basado en un microcontrolador PIC. Las aplicaciones hechas con este circuito son ante todo en generadores pequeños que requieran de un regulador automático de tensión, o, en general, que requieran control de la tensión alterna.

ALFONSO ALZATE GÓMEZ

Profesor titular

Universidad Tecnológica de Pereira -  
Colombia

## Introducción

El generador sincrónico es el dispositivo usado por excelencia para la generación de tensión alterna. Básicamente consta de un devanado de campo o excitación, alimentado por corriente continua, y un devanado de armadura donde se induce la tensión alterna que va a alimentar a sus usuarios. En su aspecto físico consta de un rotor, donde se encuentran el devanado de campo y de un estator el cual tiene configuración cilíndrica donde están alojados los devanados de la armadura. Mediante un elemento motriz primario se le imprime movimiento al rotor para que se pueda hacer la conversión de la energía mecánica aplicada, en energía eléctrica en los devanados de la armadura. Para con-

trolar la magnitud de la tensión inducida en los devanados de la armadura es necesario regular la cantidad de corriente continua que circula por el devanado de campo, esto es, a mayor corriente de campo se obtiene una mayor tensión inducida en la armadura y viceversa. Este efecto es el que se aprovecha para introducir un elemento que sea capaz de regular el valor de la tensión entregada por el generador, debido a que es fundamental mantenerla lo más constante posible ante la presencia de diferentes eventos. Ese dispositivo, desde la aparición de la máquina sincrónica, es conocido como el regulador automático de tensión, cuya función

es entonces modificar la corriente de campo de acuerdo a las condiciones de trabajo del generador, garantizando que la tensión entregada mantenga un valor constante. En la figura 1 se muestra un esquema general con el que se representa al generador sincrónico.

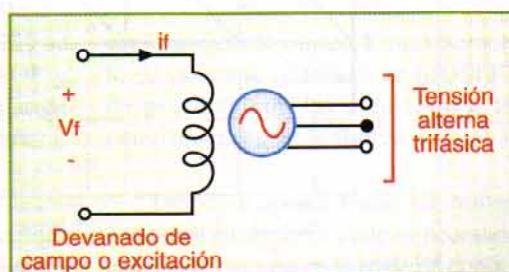


Figura 1. Representación del generador sincrónico

El objetivo del presente trabajo es el de mostrar una de las tantas alternativas para la regulación de la corriente de campo del generador, la cual puede ser utilizada en pequeños generadores sincrónicos a escala de laboratorio o para microcentrales que producen energía eléctrica.

### Principio del PWM utilizado

El esquema general utilizado para el control de la corriente de campo del generador sincrónico está dividido en dos partes: una tiene que ver con el *software* utilizado, que en este caso es el del microcontrolador PIC con sus elementos asociados, y la otra, con el circuito de excitación como tal. Se explica a continuación el principio del esquema de modulación por anchura de pulsos (PWM) utilizado.

La idea para el control de la tensión continua del campo es utilizar un tipo de PWM que permita variarla de forma lineal, usando para ello una señal de rampa. Su frecuencia va a depender tanto de la velocidad del PIC con el cual se va producir, como del dispositivo de potencia final (actuador) en estado sólido que se vaya a utilizar para variar la corriente del campo. En este caso se utiliza una frecuencia de 400 ciclos por segundo para la señal de rampa, la cual presenta un periodo, llamado T, de 2,5 milisegundos.

La amplitud de la tensión de rampa varía entre cero y cinco voltios. Esta rampa se compara con una señal de referencia, cuyo valor puede cambiar entre cero y cinco voltios para permitir la regula-

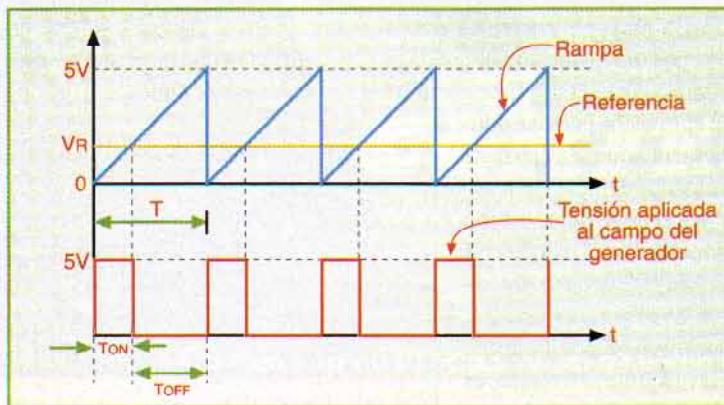
ción de la tensión continua de campo del generador entre 0 y 120 voltios. En la figura 2 se muestra el principio de funcionamiento del esquema de PWM utilizado en este trabajo. El resultado de la comparación es la tensión mostrada en la parte inferior de la figura 2, donde aparece una tensión en forma de pulsos y donde el ancho de ellos se puede variar en la medida en que la tensión de referencia cambie. De la figura 2 se puede establecer que si la señal de referencia es pequeña, la tensión aplicada al campo es pequeña y viceversa.

La tensión PWM obtenida es entonces aplicada al circuito de excitación, el cual se encarga de aislarla y amplificarla de manera adecuada para que sea aplicada al campo del generador.

El valor de la tensión aplicada al campo del generador está dada por la expresión

$$V_{\text{campo}} = (V_{\text{CC}})T_{\text{ON}}/T = V_{\text{CC}} \times \frac{T_{\text{ON}}}{T}$$

Siendo  $V_{\text{CC}}$  la tensión continua disponible de la fuente, T el periodo de la señal diente de sierra,  $T_{\text{ON}}$  el intervalo de tiempo durante el cual la señal de referencia es mayor que la de rampa, y  $V_{\text{campo}}$ , la tensión media efectiva aplicada al devanado de campo. Se observa de la ecuación que cuando  $T_{\text{ON}}$  es igual a cero, la tensión aplicada al campo es cero; y cuando  $T_{\text{ON}}$  es igual a T la tensión aplicada al campo es la tensión total de la fuente continua  $V_{\text{CC}}$ .



### Implementación del principio planteado

La implementación de este principio se hace usando un microcontrolador PIC 16F84A de Microchip. El esquema de los equipos (*hardware*) asociados con este PIC, se muestra en la figura 3.

### Descripción del programa principal (figura 5a)

1. Se declaran los registros y las direcciones en que éstos se encontrarán
2. Se inicia en la posición de memoria 00, se salta hasta inicio y hasta la posición de memoria 07
3. Se configura todo el puerto B como entrada
4. Se configura el pin 1 del puerto A como salida y el resto como entradas.
5. Se lee el puerto B y se guarda su resultado en el registro "VRP"
6. Se carga la constante Vmax en el registro "VOLTAJE"
7. Se halla la diferencia entre el registro "VOLTAJE" y el registro "VRP"
8. Se almacena la diferencia en el registro "DIFE1"
9. Se coloca en 1 el pin 1 del puerto A, cargando este puerto con el valor hexadecimal 02 (b'00000010')
10. Se llama la rutina de retardo de encendido (figura 5b)
11. Se coloca en 0 el pin 1 del puerto A, cargando este puerto con el valor hexadecimal 00 (b'00000000')
12. Se llama la rutina de retardo de apagado (figura 5c)
13. Se retorna al paso 5

Se usan dos subrutinas adicionales que brindan el tiempo en que el pulso de salida debe valer uno. Éste es regido por el registro VRP. El listado del programa fuente es mostrado al final del artículo.

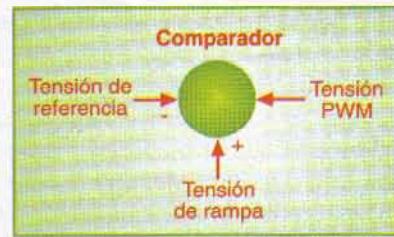


Figura 2. Esquema general del PWM utilizado

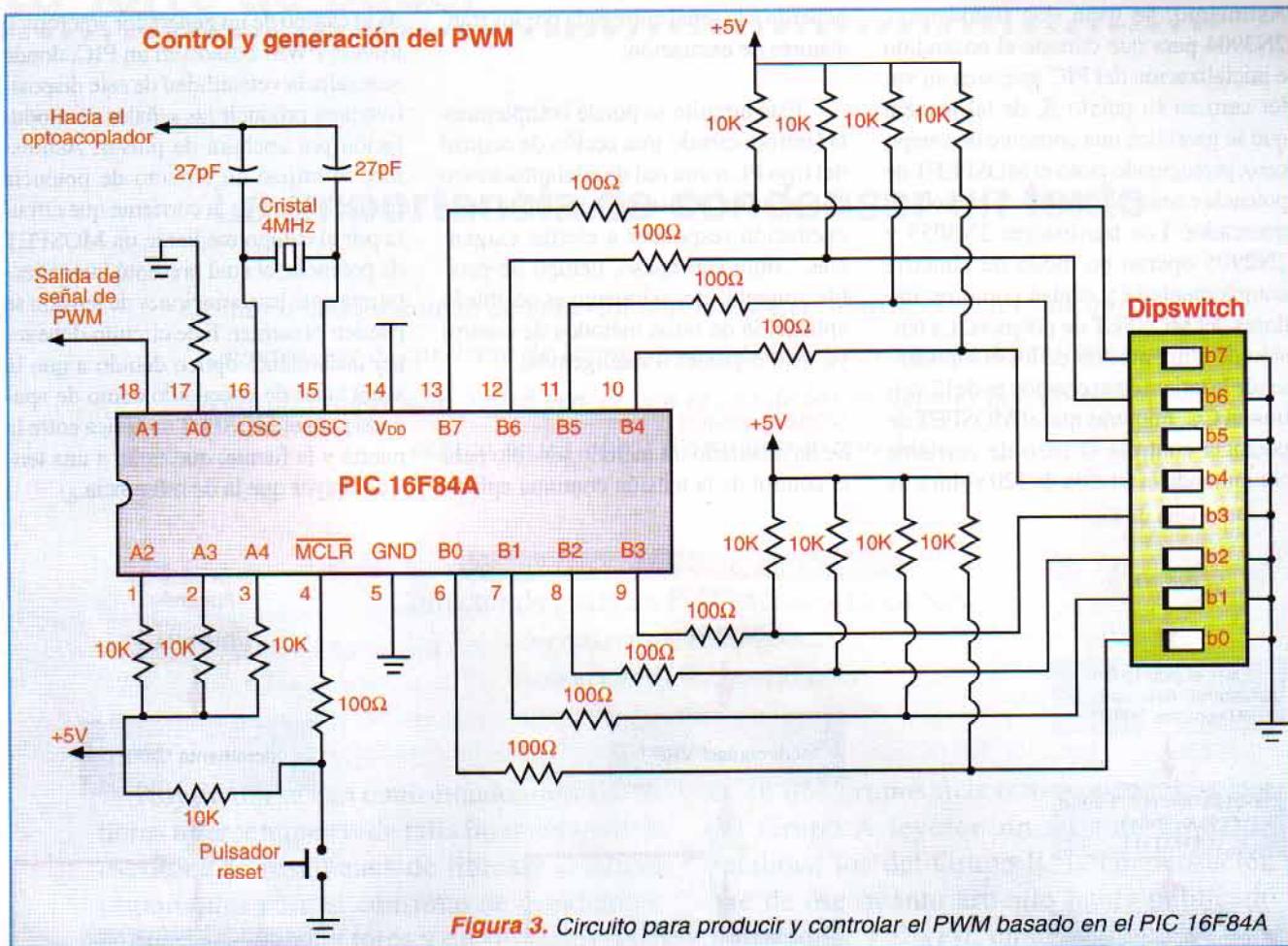
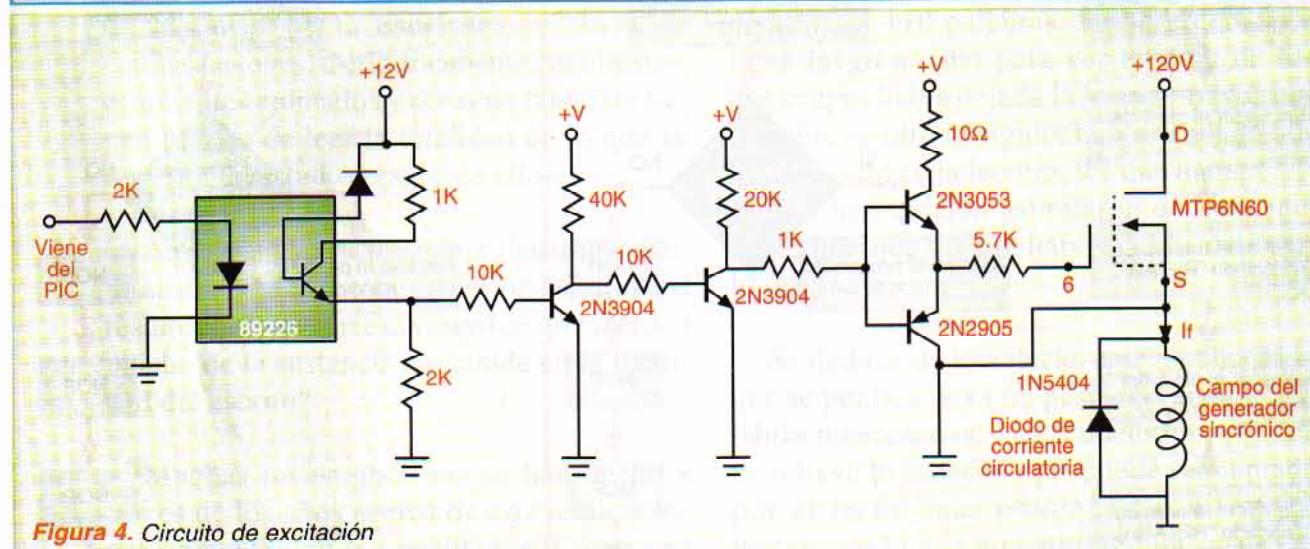


Figura 3. Circuito para producir y controlar el PWM basado en el PIC 16F84A

**Descripción de las subrutinas**

1. Se incrementa el registro base “VRP” o “DIFE1” respectivamente.
2. Se decrementa y compara el registro base; si el resultado es cero se va al paso 4, si no, al paso 3.
3. Salta hasta la etiqueta NOP1 o NOP21
4. Retorna al programa principal

5. En la etiqueta NOP1 (NOP21) se ejecutan las instrucciones NOP y luego se retorna a decrementar de nuevo el registro base y comparar si el resultado es cero.

En la **figura 4** se muestra el circuito de excitación encargado de aislar y amplificar la señal que permita modifi-

car la tensión de campo. Como elemento de potencia se utiliza un MOSFET de potencia con las conexiones, tal como aparecen en la **figura 4**.

Debido a que el MOSFET trabaja con tierra en modo flotante es necesario aislar este circuito de la parte de control mediante el uso de un optoacoplador.

Asimismo, se usan dos transistores 2N3904 para que durante el encendido e inicialización del PIC aparezca un valor cero en su puerto B, de tal manera que se garantice una corriente de campo cero, protegiendo tanto el MOSFET de potencia como el devanado de campo del generador. Los transistores 2N3053 y 2N2905 operan en modo de simetría complementaria y actúan como excitadores del MOSFET de potencia. La tensión de alimentación de los componentes de la tarjeta de excitación es de 12 voltios en CC, mientras que el MOSFET de potencia controla el paso de corriente conmutando la tensión de 120 voltios de

acuerdo a la señal entregada por los transistores de excitación.

Este circuito se puede complementar introduciendo una acción de control del tipo PI, o una red de adelanto-atraso que permita al sistema regulador de la excitación responder a ciertas exigencias, como sobrepasso, tiempo de establecimiento, etc; asimismo es posible la aplicación de otros métodos de control ya sean digitales o inteligentes.

## Conclusiones

Se ha mostrado un método sencillo para el control de la tensión continua aplica-

da al campo de un generador sincrónico usando PWM basado en un PIC, donde se resalta la versatilidad de este dispositivo para producir las señales de modulación por anchura de pulsos. Asimismo, se utilizó un circuito de potencia para el control de la corriente que circula por el campo mediante un MOSFET de potencia, el cual presentó buena respuesta ante las variaciones de tensión se pueden presentar. Este circuito debe tener aislamiento óptico debido a que la señal tanto de encendido como de apagado para el MOSFET se aplica entre la puerta y la fuente, que están a una tensión mayor que la de referencia.<sup>15</sup>



**Figura 5a.** Diagrama de flujo del programa principal



**Figura 5b.** Diagrama de la rutina de retardo de encendido



**Figura 5c.** Diagrama de la rutina de retardo de apagado