

# Electrónica & Computadores

• PROYECTOS • TECNOLOGIA • APLICACIONES PRACTICAS • TEORIA

**Convertidores  
A/D Delta-Sigma**

**Sensores  
para robots**

**Eliminador de  
rebote octal**

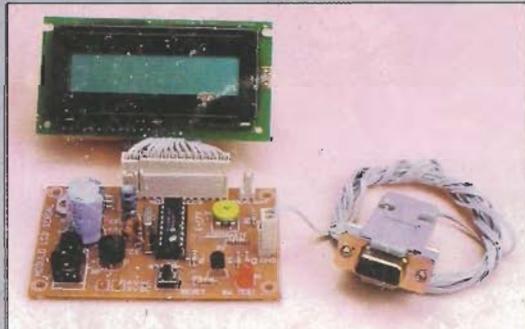
**MAX6818**

**Sistema de  
control CAN**

**Contador  
Up/Down discreto**



**Amplificadores  
de audio  
integrados**



**Módulo LCD  
con interface  
serial**

**Entrenador para  
puerto paralelo**



**Computadoras  
para control  
industrial**

**La interface  
GPIB para  
instrumentación**



# Electrónica & Computadores

## Contenido

### Electrónica

Editorial..... 2

#### PROYECTOS

- Amplificadores de audio integrados con LM1876 (20W) y LM3886 (68W) ..... 4
- Entrenador para puerto paralelo con Visual Basic . 10
- Módulo LCD con interface serial ..... 17

#### TECNOLOGIA

- Convertidores análogo a digital Delta-Sigma ..... 22
- Programación en assembler de la HP48. Parte 3 .... 28
- La robótica. Sensores ..... 34
- Procesamiento digital de señales. Parte 2 ..... 38
- Sistema de control CAN (Control Area Network) .... 46
- Instrumentación biomédica ..... 50
- Qué hay de nuevo en..... 61

#### ELECTRONICA PRACTICA

- Nuevos circuitos integrados. El MAX6818 ..... 55

#### ELECTRONICA DIGITAL

- Contador Up/Down discreto ..... 58

#### SECCIONES PERMANENTES

##### Cuaderno de experimentos

- Fuente dual a partir de una fuente simple ..... 43
- Fuente DC sin transformador ..... 44
- Rutas & Lugares ..... 70

### & Computadores

Computadoras para control industrial ..... 63

La interface GPIB para instrumentación..... 72

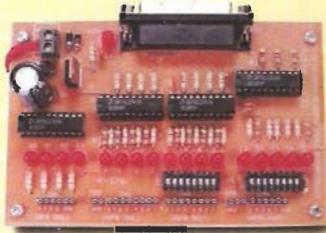
#### 4 Amplificadores de audio integrados con LM1876 (20W estéreo) y LM3886 (68W)

Construya estos prácticos amplificadores de audio, los cuales están basados en los circuitos integrados de National Semiconductor LM1876 y LM3886. El primero de ellos, con salida estéreo, tiene una potencia de 20W y el segundo una potencia de 68W.



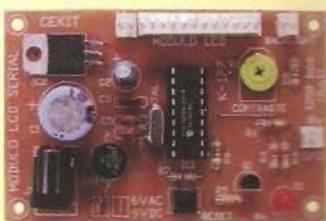
#### 10 Entrenador para puerto paralelo con Visual Basic

Con este proyecto usted podrá utilizar el puerto paralelo, tanto para experimentación como para sus productos finales. Puede ser usado con los puertos paralelos convencionales y con puertos paralelos bidireccionales.



#### 17 Módulo LCD con interface serial

Este práctico dispositivo le permitirá mostrar datos y mensajes en sitios alejados del equipo de control. Sólo requiere dos cables para recibir la información serialmente, con protocolo RS-232, y conectarse a una fuente de alimentación adecuada.





Calle 22 No. 8-22 Piso 2 A.A. 194  
Tels. 3352194 - 3332206  
Fax Nal. (96) 3342615  
Fax Intl. (+57 63) 342615  
Pereira, Colombia, S.A.

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

**Editor y gerente general**  
Felipe González G.

**Gerente administrativo y financiero**  
Marcelo Alvarez H.

**Director técnico**  
Felipe González G.

**Subdirector**  
Edison Duque C.

**Circulación Internacional**  
Humberto Real Blanco

**Departamento técnico:**  
Jorge Eduardo Hernández M.  
Guillermo Ramos R.  
Héctor Hugo Jiménez G.  
Juan Manuel Ruiz O.  
Mario Andrés Suarez J.  
Carlos Fernando Escobar R.

**Director de Arte**  
Albert Cobos P.

**Colaboradores**  
Jesús A. Pineda R.

#### Representación en Área II

**Editorial CONOSUR S.A.** Avda. Belgrano 355  
Piso 10 - (1092) Cap. Fed  
Tel. (541) 342 - 9029 Fax. (541) 342 - 9025  
Buenos Aires - Argentina

#### Edición Argentina

**Editor responsable:** Carlos Alberto Magurno S.  
**Ventas de Publicidad :** 342-9029

#### Distribuidores:

##### Argentina

Capital: Vaccaro Sánchez y Cía.  
Moreno 749, 9º (1091) Buenos Aires  
Interior: Distribuidora Bertran S.A.C.  
Av. Velez Sarsfield 1950 (1285) Buenos Aires  
**Bolivia:** Agencia Moderna Ltda.  
**Colombia:** Distribuidoras Unidas  
**Chile:** Distribuidora Alfa S.A.  
**Ecuador:** Distribuidora Andes  
**México:** Distribuidora INTERMEX  
**Panamá:** Distribuidora Panamex  
**Paraguay:** Selecciones S.A.C.  
**Uruguay:** Grafia S.A.  
**Venezuela:** Distribuidora Continental

**OPUBLICACIONES CEKIT S.A.** - Calle 22 Nº 8-22  
Piso 2 - Tel.: (96) 3356135 - A.A. 194 - Fax: 3342615  
Pereira, Colombia S.A. - I.998 Pereira-Colombia S.A. ISSN 0121-  
9138. Resolución 0444 de Mayo 18/94 de la Dirección General del  
Derecho de Autor, Mingobienio.  
Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio sin  
permiso escrito del editor. La protección de los derechos de autor se  
extiende no sólo al contenido, sino también a los diagramas y  
circuitos impresos, incluido su diseño, que en ella se reproducen.

**Impresión:**  
Arcangel Maggio  
Lafayette 1675  
Buenos Aires - Noviembre de 1998

# Editorial



Aunque no soy muy viejo (me inicié muy joven), cuando armé mi primer amplificador de audio tenía tres tubos: utilicé un tubo de salida 50L6 de 1 Watio acompañado de otros dos tubos, un rectificador 35W4 y un preamplificador cuya referencia no recuerdo bien. Luego vino la época del 6V6, el EL84, el 6L6 y el EL34. Que será esto, dirán muchos de los lectores. Simplemente son las referencias más populares de los tubos de vacío empleados hace algunos años por los aficionados y las grandes empresas para fabricar sus amplificadores de audio.

Todo era muy difícil en esa época, los transformadores de poder con su gran peso y voltajes de 400 V y más, los chasis llenos de perforaciones de una pulgada o más hechas en parte a lima, el gran enredo de cables y finalmente un sonido y una potencia no muy satisfactorias. Luego vino la época del transistor y todos recordamos el venerable 2N3055 que todavía se utiliza. Con esta tecnología se trabajaba con voltajes más bajos y se lograba simplificar un poco el ensamble, pero la dificultad seguía. El ajuste de la corriente de reposo y el manejo de la carga de salida, era tan crítico que cualquier pequeño movimiento en el potenciómetro de ajuste o un corto involuntario hacía que se quemaran inmediatamente los transistores de salida y sus drivers.

Ahora, con los módulos integrados como el LM1876 y el LM3886 que utilizamos en uno de nuestros proyectos, todo esto es muy diferente. Bastan unos pocos componentes externos, un circuito impreso muy simple, un buen disipador de calor y ya está; . . . Un completo amplificador de potencia estéreo o monofónico de muy alta fidelidad, protección contra cortos, bajo consumo de corriente, etc. y su ensamble no toma más de una hora en su parte básica. Invito a todos los lectores a que fabriquen su propio amplificador de sonido con esta técnica; les aseguro que la satisfacción será muy grande y que siempre le encontrarán una aplicación a este tipo de aparatos. Si Usted lo arma, la música le sonará diferente.

En el resto de la revista encontrarán otros proyectos maravillosos como el "Entrenador para puerto paralelo con Visual Basic". Si usted nunca ha manejado dispositivos electrónicos con su computadora, este será un proyecto que le enseñará muchas cosas de las cuales puede partir para proyectos de tipo experimental o profesional de gran utilidad. También el módulo LCD controlado serialmente es un dispositivo de múltiples aplicaciones, sólo limitadas por su imaginación. Así podrá liberar una buena cantidad de líneas de su microprocesador o microcontrolador para otras tareas.

En la sección de tecnología, vale la pena leer todos los artículos en donde encontrarán temas tan novedosos como la Conversión digital Delta-Sigma, el sistema de control CAN y la interface GPIB para instrumentación, así como la hoja de datos y aplicaciones de nuevos circuitos integrados.

Tampoco deje de visitar las Rutas y Lugares y de practicar con el Cuaderno de Experimentos, allí encontrará información muy valiosa. Hasta la próxima.

F. González

# Amplificadores de audio integrados con LM1876 y LM3886

*La construcción de amplificadores de audio de alta calidad se ha ido simplificando enormemente con la utilización de circuitos integrados especializados como los que utilizaremos en este proyecto. En este caso, mostraremos dos módulos de National Semiconductor: el LM1876 que tiene dos canales de 20W de potencia continua cada uno y el LM3886 que puede entregar hasta 68 W de potencia continua en un sólo canal.*

**L**a fabricación de amplificadores de audio ha sido y seguirá siendo una de las actividades favoritas de los aficionados a las prácticas de electrónica. Aunque encontramos en los almacenes una gran variedad de ellos ya terminados, es mucho más satisfactorio ensamblar nuestro propio sistema de sonido y mejor aún, conocerlo en su parte interna para poder repararlo en caso de daño. Los módulos que presentaremos a continuación son muy versátiles ya que permiten varias con-

figuraciones y potencias de acuerdo a las conexiones o al ajuste del voltaje de alimentación.

Con ellos podemos fabricar amplificadores monofónicos o estéreo ya sean etapas de sólo potencia o amplificadores completos agregando un buen preamplificador de acuerdo a las necesidades. También podrían utilizarse para amplificación de sonidos bajos o graves e incorporados en la caja del parlante en una configuración tipo Subwoofer. Entre sus principales características están la sencillez en su configuración externa utilizando muy pocos componentes, las múltiples protecciones automáticas que se le han incorporado en su diseño y una distorsión armónica muy baja lo que les brinda muy alta fidelidad.

## El LM1876

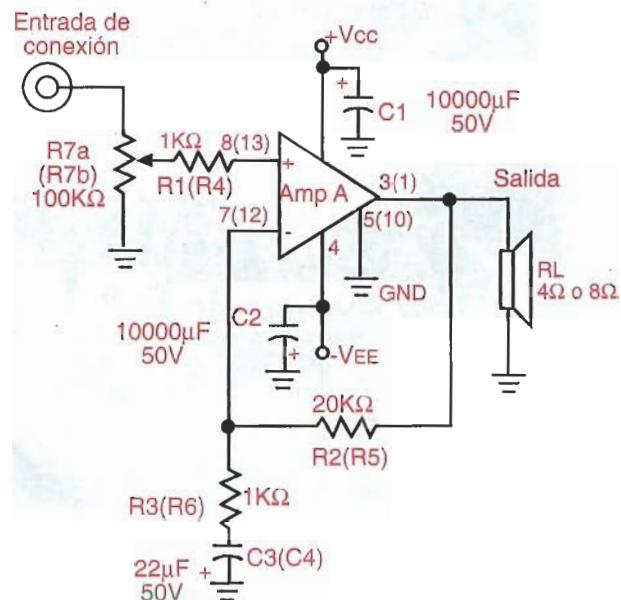


Figura 1. Aspecto físico y distribución de los pines del LM1876



FELIPE GONZÁLEZ G.

1998, es un amplificador estéreo de 20 W por canal que puede manejar cargas de 4Ω y 8Ω con una distorsión armónica total (THD) menor del 1%. Su empaque o encapsulado es del tipo TO-220 de 15 pines y viene en dos versiones: aislado (LM1876TF) o no aislado (LM1876T). En una revista anterior, ya habíamos publicado la información correspondiente a la versión monofónica, el LM1875 que corresponde al kit K-115 de CEKIT.



Este circuito integrado de National Semiconductor, figura 1, que salió al mercado en

Figura 2. Diagrama esquemático del circuito de aplicación

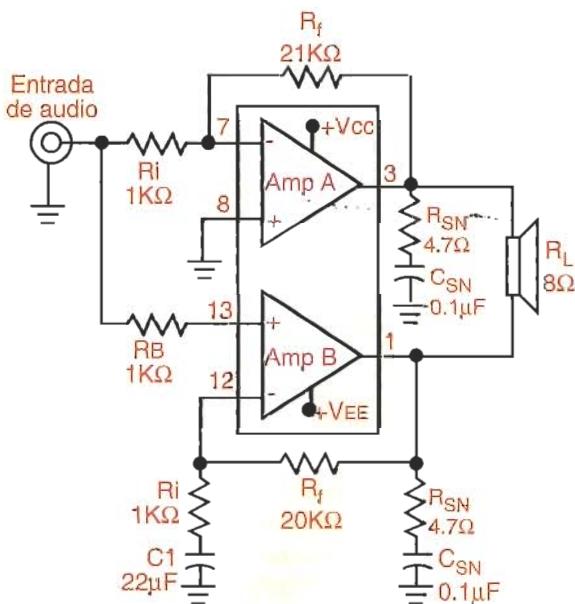


Figura 3. Diagrama de conexión en puente

En la figura 2 se muestra el diagrama esquemático del circuito típico de aplicación en donde se puede observar el reducido número de componentes externos que se requieren para su funcionamiento. Los números que están entre paréntesis, corresponden al canal 2 o sea la otra etapa del amplificador. Este circuito puede conectarse también en configuración tipo puente (*Bridged Amplifier*) para obtener una mayor potencia tal como se muestra en la figura 3.

### Teoría de funcionamiento

Para simplificar la explicación, la haremos para un sólo canal ya que los dos son idénticos. Básicamente, cada etapa del LM1876 es un amplificador

operacional de potencia conectado en configuración no inversora con una realimentación proporcionada por la resistencia R2. La resistencia R1 evita que haya una circulación de corriente hacia la entrada inversora a través de la carga debido a la baja impedancia que se presenta si el voltaje de alimentación se acerca a cero cuando se apaga el sistema.

Las resistencias R2 y R3 establecen la ganancia AC de la etapa en conjunto con la resistencia de la entrada inversora. El condensador C3 proporciona una ganancia unitaria en DC y establece un filtro pasaaltos con R3 cuya frecuencia de corte es:

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_3 C_3}$$

Los condensadores C1 y C2 sirven de filtro para la alimentación en caso de que los cables que van a la fuente de poder sean más largos de lo normal lo que de todas maneras no es muy recomendable. El potenciómetro doble R7a y R7b sirve como atenuador para establecer el nivel del voltaje AC de entrada con el fin de acoplar adecuadamente la salida del preamplificador a esta etapa de potencia. Es muy conveniente conectar un condensador de 1μF en serie con la entrada para bloquear la entrada de DC a este circuito.

Este circuito integrado tiene dos funciones adicionales que no se han utiliza-

doy son la de *Mute* y *Standby* las cuales se activan por medio de pines especiales para este propósito. Para una mayor información al respecto, pueden investigar en la hoja de características del fabricante ya sea en un manual o por Internet.

### Construcción

Para el ensamblaje de esta etapa de potencia se requiere un circuito impreso adecuado, un disipador de calor y los componentes cuya lista se puede deducir del diagrama. Todos estos materiales se pueden conseguir como el kit K-173 de CEKIT. Una vez que tenga todos los materiales, y utilizando como guía de montaje la figura 4, conecte y suelde primero el puente o jumper J1, luego las resistencias R1 a R6, después los condensadores C3 y C4, los conectores de entrada IN L e IN R, los dos terminales de tornillo OUT L y OUT R, el terminal de tres tornillos para la alimentación, el potenciómetro doble R7, los condensadores C1 y C2 y por último el circuito integrado LM1876.

En cuanto a las soldaduras, éstas deben hacerse con mucho cuidado y calidad ya que la gran mayoría de los problemas que se presentan en este tipo de proyectos, se deben a deficiencias en ellas. Hay que tener especial cuidado en la soldadura de los pines del circuito integrado ya que éstos están muy cercanos entre sí lo que crea la posibilidad de que se establezcan cortos entre ellos. Los puntos de soldadura deben quedar brillantes y con la cantidad de ella estrictamente necesaria para un buen contacto, figura 5.

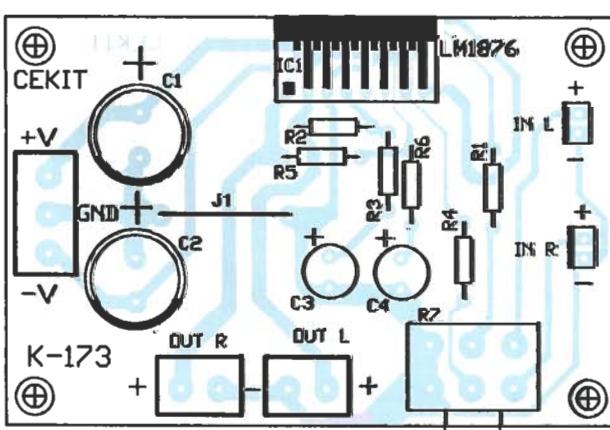


Figura 4. Guía de montaje de los componentes

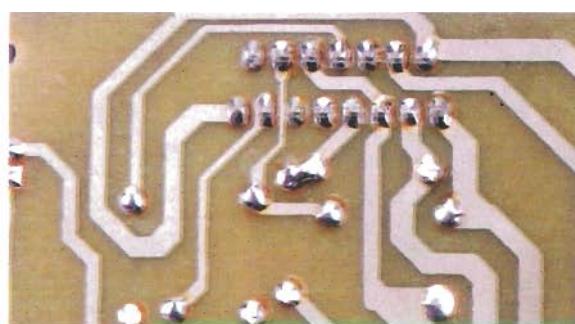


Figura 5. Aspecto de soldaduras correctas



**Figura 6.** Instalación del disipador de calor

Por último, debe instalarse el disipador de calor tal como se muestra en la figura 6. Este debe ser del tamaño adecuado para evitar el sobrecalentamiento del circuito integrado, que aunque tiene protección de sobretensión, podría dañarse si ésta se mantiene. Si la versión que se utiliza es el LM1876TF (aislado), no se requiere aislamiento entre la cápsula y el disipador; si es la versión no aislada, LM1876T, se requiere un aislante de mica o similar para evitar el contacto eléctrico entre la aleta metálica del integrado y el disipador el cual forma generalmente parte del chasis.

### La fuente de poder

Para este circuito podemos utilizar la fuente de poder CEKIT K-115B la cual debe adquirirse por separado. En la figura 7 se muestra el diagrama esquemático y el aspecto físico de esta fuente la cual ya fue explicada anteriormente. En este caso, el transformador debe entregar el voltaje y la corriente

adecuados en cada tap del secundario (20 V, 2 Amp) para que en la salida DC haya el valor apropiado.

La alimentación en DC puede estar entre 20V ( $\pm 10\text{V}$ ) y 64V ( $\pm 32\text{V}$ ) para una mínima o máxima potencia. En el caso de utilizar una carga de  $4\Omega$ , el voltaje de alimentación no debe ser superior a  $\pm 20\text{V}$  ya que esto no aumenta la potencia de salida pero sí la disipación de calor lo cual no es conveniente. Los diodos rectificadores deben ser de 3 Amperios a 100 Voltios (1N5406 o similar). Los condensadores de filtro pueden ser  $3300\mu\text{F}/50\text{V}$  o de  $4700\mu\text{F}/50\text{V}$  si se desea una mejor respuesta a las bajas frecuencias.

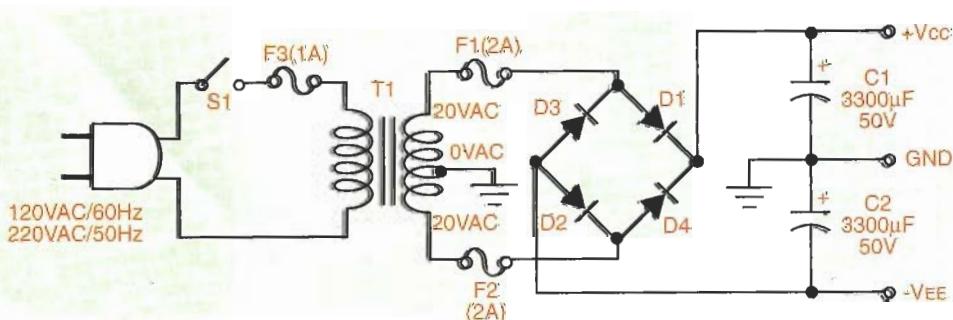
### Pruebas iniciales

Una vez que haya ensamblado la tarjeta y la fuente, se deben realizar las primeras pruebas con el fin de determinar que el funcionamiento del circuito sea el adecuado. Primero conecte a las salidas dos parlantes o cajas acústicas

(bafles) con una potencia suficiente para esta etapa. Lo más recomendado es que tengan una potencia de 50W RMS para que el sonido no se distorsione.

Luego, como precaución, se debe conectar el primario del transformador a una "Serie" para estar seguros que no haya cortocircuitos o un consumo de corriente más elevado de lo normal. Este es un procedimiento muy utilizado en la prueba de fuentes de poder o amplificadores. Si Usted no lo sabe, una serie es simplemente una lámpara o bombilla de AC que puede ser de 60W o 100W conectada en serie con el circuito que se va a probar, figura 8. Si el consumo es anormal, la lámpara se encenderá y no dejará que pase todo el voltaje al circuito, protegiéndolo. En el caso de amplificadores de potencia, la lámpara se debe encender inicialmente y luego apagarse lo que indica que el circuito por lo menos no está en corto.

Una vez superada esta prueba, desconecte la fuente de la serie y alímentela en un tomacorriente normal. Instale una fuente de sonido como un reproductor de CD en las entradas (R y L) de la etapa de potencia y aumente gradualmente el volumen por medio de R7. Inmediatamente debe salir un sonido de buena calidad y potencia por los parlantes. Si no es así, desconecte inmediatamente la alimentación y revise cuidadosamente todas las conexiones como la fuente de alimentación, los parlantes y las señales de entrada. Luego revise cada una de las soldaduras y la polaridad de los componentes, especialmente la de los condensadores electrolíticos. En la prueba del prototipo, el circuito funcionó perfectamente con la configuración y los componentes mostrados en las fotografías.



**Figura 7.** Aspecto físico y diagrama esquemático de la fuente de poder

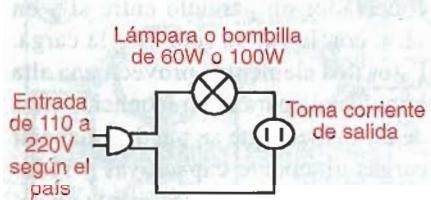


Figura 8. Tomacorriente en serie para pruebas

Una vez superada la prueba inicial, suba el volumen casi al máximo y mida los voltajes tanto del secundario del transformador como de las salidas de la fuente. Estos deben ser de 20V en cada tap del transformador y de  $\pm 30V$  en la salida de la fuente y no deben variar mucho entre las condiciones de mínimo y máximo volumen. Después de un rato de funcio-

namiento debemos probar también que la temperatura del disipador y del circuito integrado no estén muy altas, dentro de lo normal. Tenga cuidado al hacer esta prueba ya que podría quemarse, hágala rápidamente sin dejar el dedo en el disipador.

### Otras pruebas

Si Usted dispone de un generador de señales, un osciloscopio, una carga fantasma y los conocimientos necesarios, puede realizar las pruebas técnicas de medida de potencia, respuesta de frecuencia, distorsión, etc. Por cuestión de espacio, no podemos explicar aquí estas pruebas pero las puede encontrar en nuestro curso de Luces y Sonido.

### Ensamble final

Una vez que estemos seguros que la etapa estéreo con el LM1876 está trabajando correctamente, podemos ensamblar un sistema de sonido con la configuración que necesitemos ya sea sólo como amplificador de potencia o un sistema completo con preamplificador que incluya selector de entradas, control de volumen, de tonos (altos y bajos) y balance, entre otros. Para ello debe ensamblar el preamplificador, una fuente que pueda alimentarlo y la caja o chasis adecuado. En la figura 9 podemos observar las dos configuraciones posibles.

### El LM3886

El segundo circuito que describiremos en este artículo es un amplificador monofónico (un sólo canal) de potencia para audio de gran rendimiento que puede entregar hasta 68W de potencia continua a una carga de  $4\Omega$  o 38W a una carga de  $8\Omega$  con una distorsión armónica menor del 0.1% entre 20Hz y 20 KHz. Además, tiene un circuito especial de protección contra sobrtemporaturas llamado *SPiKe* (*Self Peak Instantaneous Temperature*) lo que garantiza una protección inmediata contra sobrevoltajes, bajos voltajes, sobrecargas (incluyendo cortos en la fuente) y otros fenómenos transitorios o permanentes.

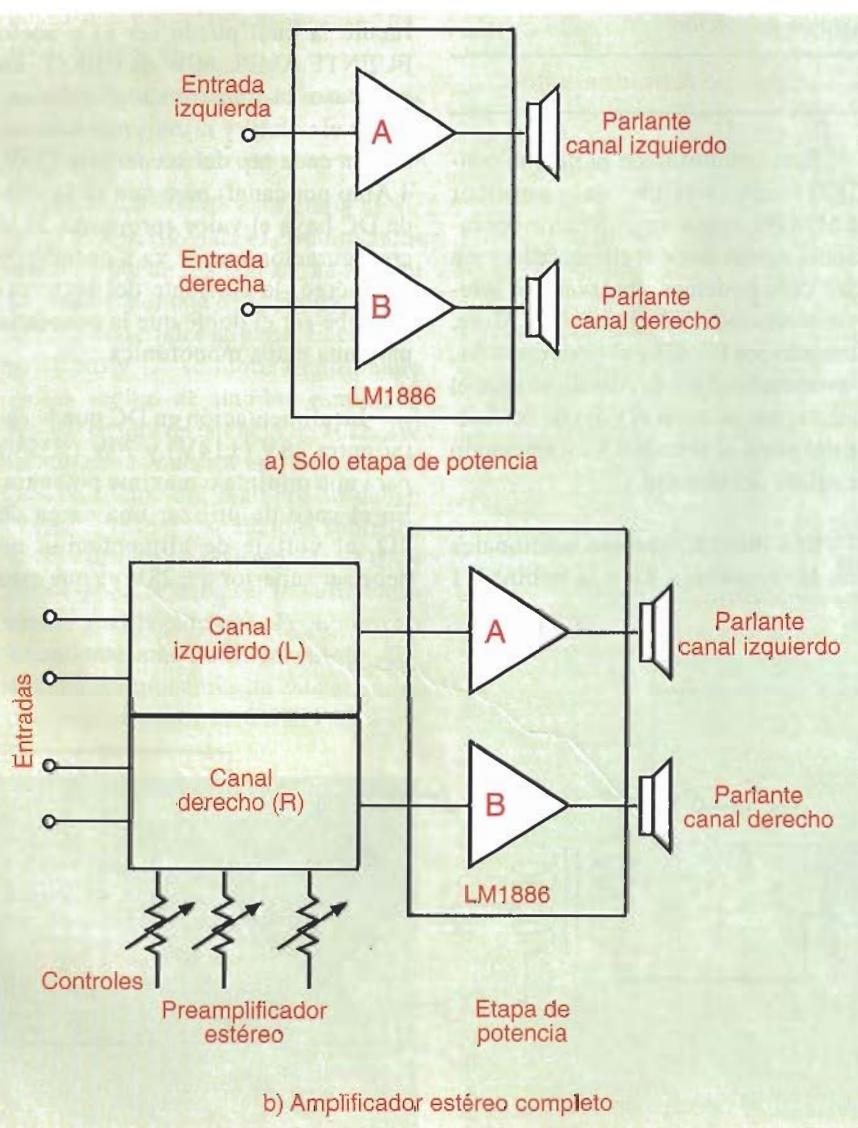


Figura 9. Posibles configuraciones para este módulo

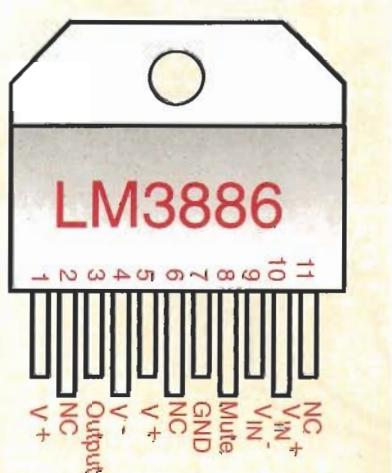
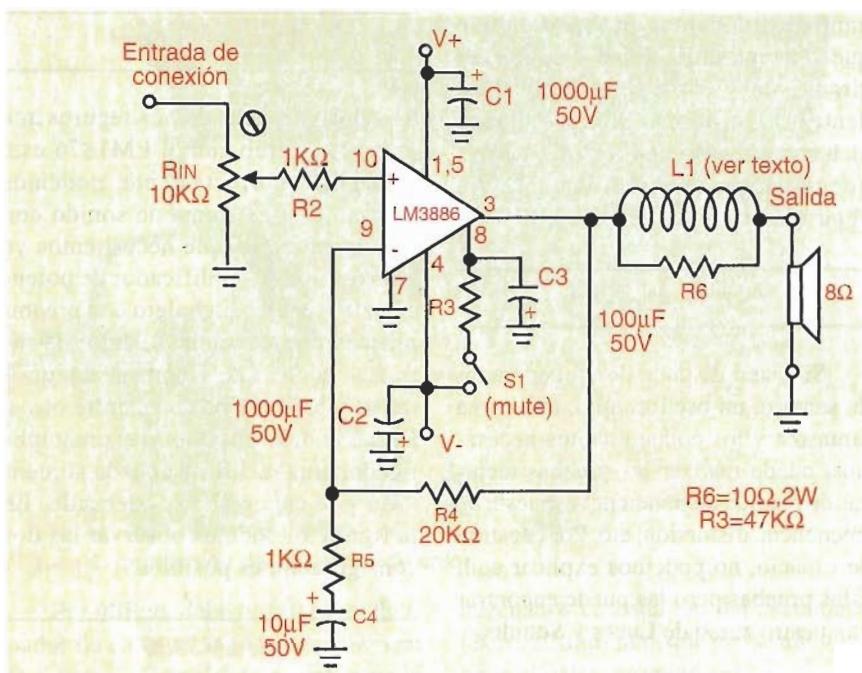


Figura 10. Aspecto físico y distribución de los pines



**Figura 11.** Diagrama esquemático del circuito de aplicación

Su relación señal-ruido es muy alta, del orden de 92 dB, con un ruido de fondo menor a  $2\mu\text{V}$  y la distorsión armónica menor a 0.03% en todo el espectro de audio, lo que le otorga una muy alta fidelidad. Incluye una función de Mute que permite silenciar la salida inmediatamente por medio de un interruptor que en un momento dado podría ser un relé miniatura controlado por un circuito lógico o un microcontrolador. Su empaque o encapsulado es de 11 pines, figura 10, y viene en dos versiones: aislado (LM3886TF) o no aislado (LM3886T). En la figura 11 se muestra el diagrama esquemático del circuito típico de aplicación.

### Teoría de funcionamiento

Este circuito tiene la misma configuración básica del anterior (LM1876) como amplificador operacional no-inversor realimentado y en este caso podemos observar dos nuevos elementos. El circuito de Mute, formado por R3, C3 y el interruptor S1, y conectado al pin 8; cuando se abre el interruptor, se corta el flujo de corriente del pin 8 al terminal V- silenciando la salida del circuito.

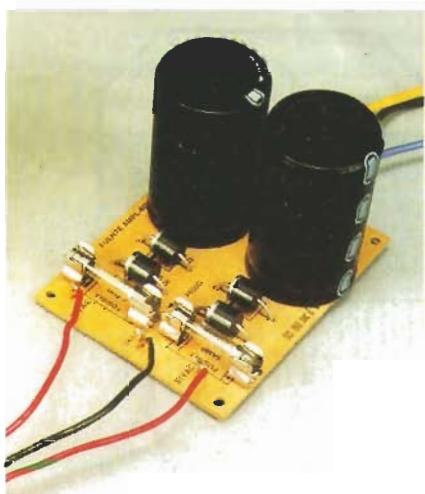
Los otros elementos adicionales son la resistencia R6 y la bobina L1

conectados en paralelo entre sí y en serie con la salida (pin 3) y la carga. Estos dos elementos proveen una alta impedancia para las frecuencias altas de tal manera que se puedan manejar cargas altamente capacitivas y reducen el Q del circuito resonante en serie. Igualmente, proporcionan una impedancia muy baja para las señales de audio evitando problemas con las frecuencias altas.

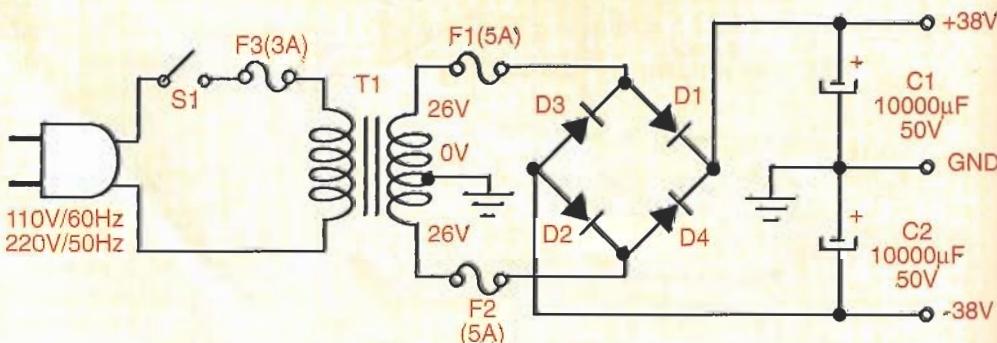
### La fuente de poder

Para este circuito podemos utilizar una fuente de poder similar a la anterior pero de mayor potencia la cual debe adquirirse por separado. En la figura 12 se muestra el diagrama esquemático y el aspecto físico de esta fuente la cual puede ser el modelo FUENTE AMPL-60W de CEKIT. En este caso, el transformador debe entregar el voltaje y la corriente adecuadas en cada tap del secundario (26V, 4 Amp por canal) para que en la salida DC haya el valor apropiado. Si la configuración que se va a ensamblar es estéreo, la corriente del secundario debe ser el doble que la necesaria para una etapa monofónica.

La alimentación en DC puede estar entre 28V ( $\pm 14\text{V}$ ) y 70V ( $\pm 35\text{V}$ ) para una mínima o máxima potencia. En el caso de utilizar una carga de  $4\Omega$ , el voltaje de alimentación no debe ser superior a  $\pm 28\text{V}$  ya que esto



**Figura 12.** Fuente de poder para el LM3886



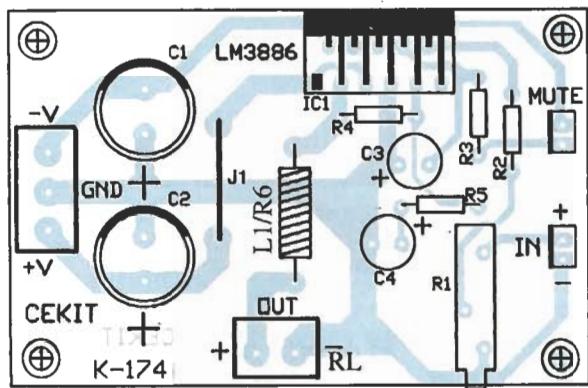


Figura 13. Guía de montaje de los componentes (K174)

no aumenta la potencia de salida pero sí la disipación de calor lo cual no es conveniente. Los diodos rectificadores deben ser de 6 Amperios a 100 Voltios (IN5408 o similar). Los condensadores de filtro pueden ser de  $4700\mu F/50V$  o de  $10000\mu F/50V$  si se desea una mejor respuesta a las bajas frecuencias.

### Ensamble

El ensamble de esta etapa es similar al descrito para el circuito anterior y se puede realizar basándose en la guía de montaje de la figura 13 y la lista de materiales adjunta. El conjunto de R6 y L1 se fabrica enrollando varias vueltas de alambre esmaltado No. 20 en una resistencia de  $10\Omega$ , 2W tal como se muestra en la figura 14. Los extremos del alambre se deben “pelar” o raspar y se sueldan sobre los terminales de la resistencia. El disipador de calor debe ser lo suficientemente grande para que el conjunto no se caliente más de lo permitido. Todos los componentes de esta etapa se pueden conseguir en CEKIT o en sus



Figura 14. Aspecto físico del conjunto L1/R6

distribuidores bajo la referencia K-174. Como ya lo mencionamos, la fuente de poder y el transformador se deben adquirir por separado.

no haya distorsión o de 80W para la opción de  $8\Omega$ . El potenciómetro R1 se debe ajustar hasta que la salida entregue la máxima potencia sin distorsión de acuerdo al nivel de la señal de entrada.

### Pruebas

Las pruebas que se deben hacer son las mismas ya explicadas para el circuito anterior. En este caso, sólo se requiere un parlante o bafle para la salida pero de una potencia mayor. Si se está utilizando la opción para  $4\Omega$ , este debe ser de 100W RMS como mínimo para que

### Configuraciones

Esta etapa se puede utilizar ya sea para un amplificador monofónico de potencia sin preamplificador, uno estéreo de potencia (dos etapas iguales y una fuente de poder) o también para un sistema completo con preamplificador ya sea monofónico o estéreo. En la figura 15 se ilustran estas posibilidades.  $\Omega$

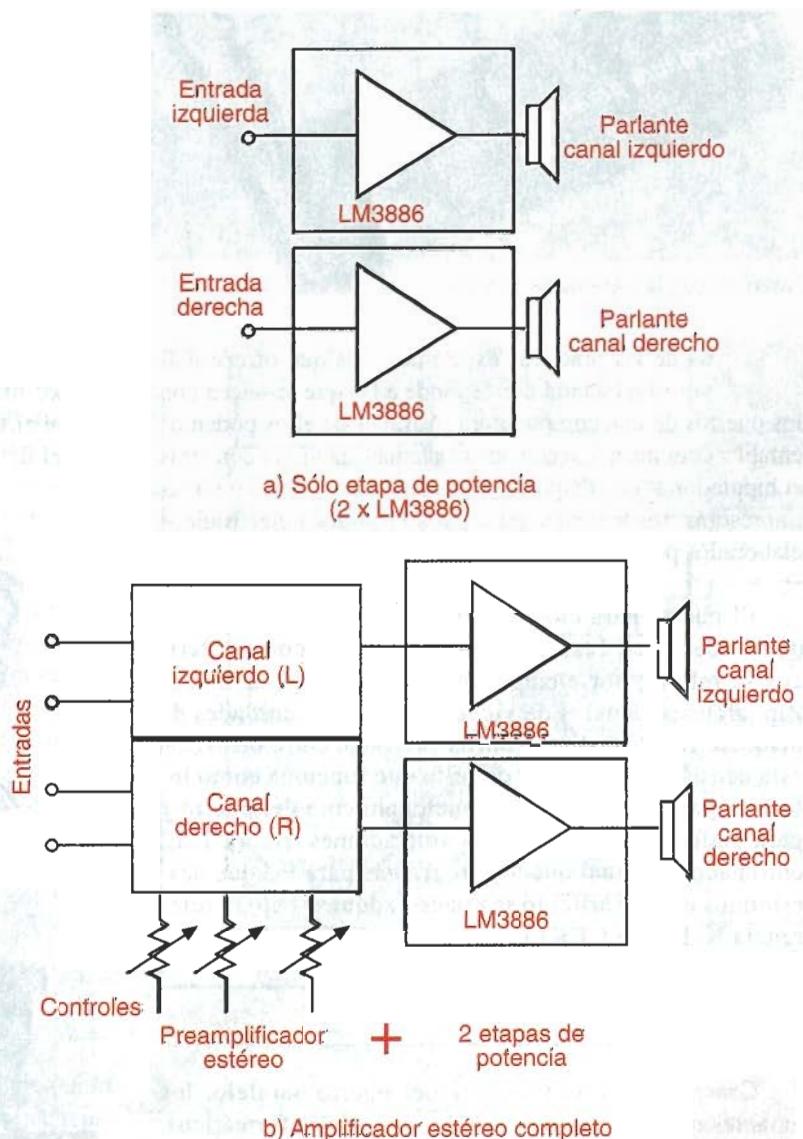
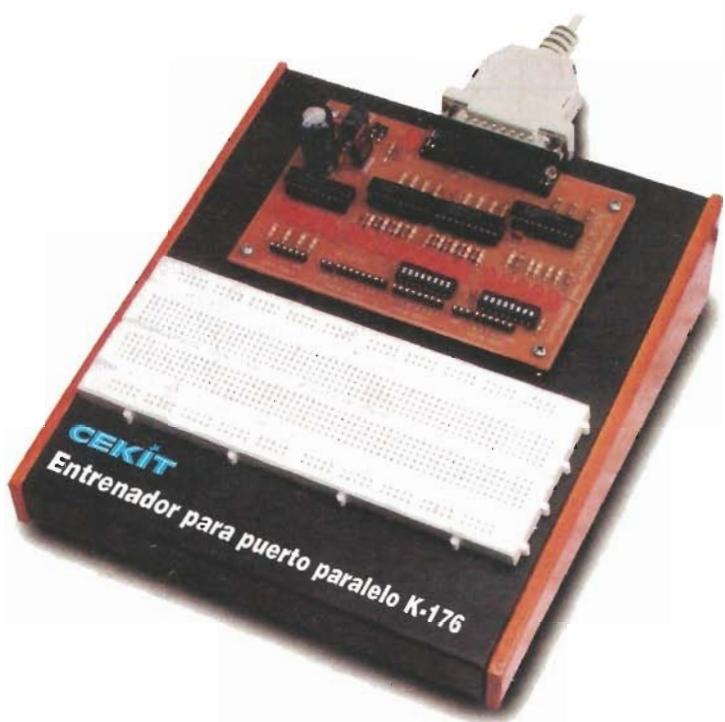


Figura 15. Posibles configuraciones con el módulo LM3886

# Entrenador

# para Puerto Paralelo



**U**na de las prácticas experimentales que ofrece mayor satisfacción corresponde a las que se hacen con los puertos de una computadora. A través de ellos podemos establecer comunicación con otros sistemas, inclusive con otras computadoras, con dispositivos de entrada y salida como las impresoras, los teclados, etc., y los prototipos electrónicos elaborados por nosotros mismos.

El puerto paralelo tiene una reconocida trayectoria de utilidades en cuanto a la comunicación con periféricos se refiere, por ejemplo, con las unidades de discos Zip, algunas cámaras de vídeo, impresoras, unidades de disquete LS120 y discos duros externos, entre otros. En esta ocasión se diseñó un circuito que funciona como interface para comprender el funcionamiento del puerto y para realizar nuestras propias aplicaciones, figura 1. El entrenador, al igual que los programas para PC que describimos en este artículo se pueden adquirir bajo la referencia **K-176 de CEKIT**.

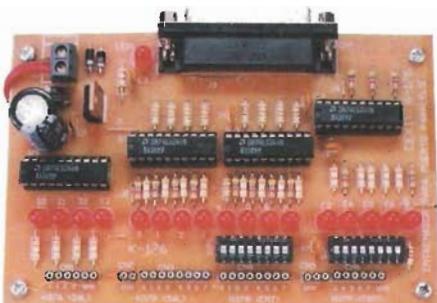
**Aplicaciones de adquisición de datos y control**

Gracias a las propiedades del puerto paralelo, los amantes de la electrónica y de los sistemas informáticos, podemos diseñar y construir aplicaciones donde una computadora pueda recibir datos digitales del mundo externo (Adquisición de datos) o por el contrario, que ésta sea

*El puerto paralelo de las computadoras, incluyendo el de tipo bidireccional, permite una gran cantidad de aplicaciones entre las que se destacan las de control externo de dispositivos electrónicos. Al construir este práctico circuito podremos efectuar experimentos y comprobar el funcionamiento de dicho puerto, además puede servir como interface para aplicaciones del usuario.*

**GUILLERMO RAMOS R.**

quiénes las envíe hacia dispositivos externos (Control) o por qué no, utilizar ambas propiedades, donde los datos de control enviados al exterior dependan de los datos obtenidos del dispositivo a controlar.



**Figura 1.** Entrenador para puerto paralelo K-176

### Los tres buses del puerto paralelo

Cualquier puerto paralelo está compuesto de 3 buses que transportan información de entrada, información de salida o de entrada/salida, todos mediante una serie de pines del conector único ubicado generalmente en la parte posterior de las computadoras. Estos buses han sido denominados, de acuerdo a la labor que realizan, como **bus de datos**, **bus de estado** y **bus de control**. Observe en la figura 2 el resumen de pines, buses y bits del conector DB25 del puerto paralelo. A continuación describimos la forma como funciona cada uno de ellos.

**Bus de datos.** Este bus es el que transporta la información de datos propiamente dichos y está compuesto por 8 pines externos (un byte completo). Por ejemplo, si el dispositivo conectado es una impresora, mediante este bus la computadora envía los caracteres que se desean imprimir en el documento. Así mismo, si el documento es un gráfico, este bus transporta la información de pixeles o puntos que se deben marcar sobre la hoja con el fin de formar la imagen deseada.

**Bus de estado.** Este bus es el encargado de transportar información desde la impresora hasta la computadora. Como su nombre lo indica, la información hace referencia a los estados de actividad de la impresora, como son la ausencia de papel, la posición de la cabeza de impresión, puesta en pausa, etc. Aunque la computadora utiliza una dirección específica para leer tal información, externamente sólo se tiene acceso a los 5 últimos bits (bit 3 a bit 7). La información de estado varía de acuerdo al tipo de impresora, por lo que el programa controlador que se haya instalado al sistema operativo es quien reconoce y decodifica los bits recibidos. Como particularidad de este bus, el bit número 7, que captura el estado de uno de los pines externos, recibe el dato negado, es decir, contrario al real.

**Bus de control.** El bus de control es el encargado del manejo o control del funcionamiento de la impresora. Por medio de este es posible detener la impresión, limpiar o purgar un documento pendiente que ya se encuentre en la memoria de la impresora, etc. Al igual que los demás buses, la computadora utiliza una dirección específica para dirigirse a este bus pero externamente, es decir en el conector, solamente se dispone de 4 pines que corresponden a los primeros bits de tal dirección (bit 0 a bit 3). Adicionalmente, algunos de los pines muestran un estado digital invertido con respecto al que se envía desde la computadora.

### El puerto bidireccional

Las nuevas tarjetas principales para computadoras (*main boards*) vienen con los puertos incluidos dentro de su circuitería (*On Board*). Adicionalmente presentan la propiedad de tener un bus de datos bidireccional (Entrada/Salida), que anteriormente era sólo de salida.

Dirección del puerto hexadecimal			Bits en Byte (N)	DB - 25F Pin	Entrada o salida
LPT1	LPT2	LPT3			
Bus de Datos	3BC	378	278	0	2
				1	3
				2	4
				3	5
				4	6
				5	7
				6	8
				7	9
Bus de Estado	3BD	379	279	0	NA
				1	NA
				2	NA
				3	15
				4	13
				5	12
				6	10
				7*	11
Bus de Control	3BE	37A	27A	0*	1
				1*	14
				2	16
				3*	17
				4	NA
				5	NA
				6	NA
				7	NA

Figura 2. Resumen de buses y direcciones del puerto paralelo

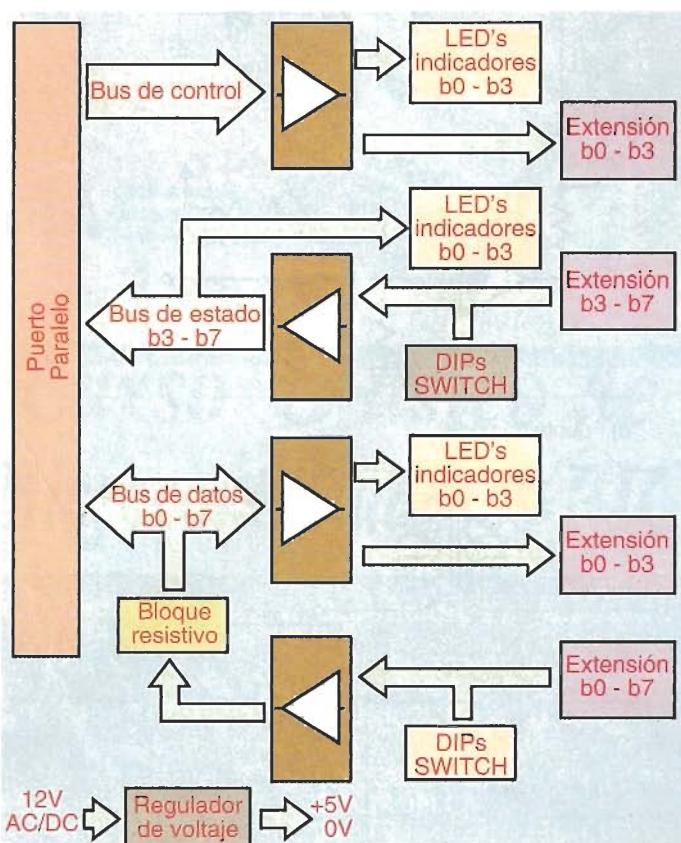


Figura 3. Diagrama de bloques del circuito del entrenador

## PROYECTO

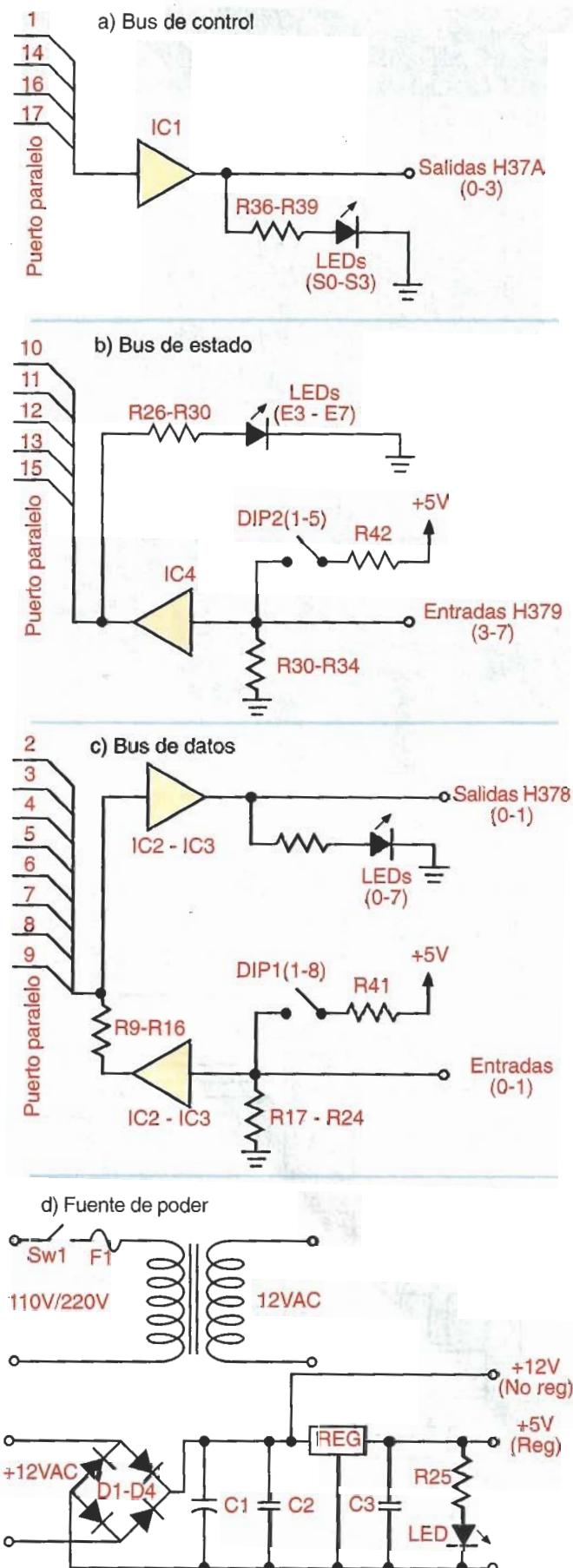


Figura 4. Diagrama esquemático

**Modo de activarlo por Hardware.** Para activar esta propiedad debe utilizarse el *Setup* de la computadora, al cual se tiene acceso durante el arranque generalmente con la tecla Del o Suprimir (a veces es F1 u otra que aparece indicada en la pantalla). En la opción que haga referencia a periféricos (*Peripherals*) debe configurarse el puerto paralelo LPT en modo EPP.

**Modo de activarlo por software.** Una vez se tenga habilitada la opción de EPP en el *Setup*, es necesario indicar el modo de operación del bus de datos. Esto se logra alterando uno de los bits del bus de control **por medio de software** de la siguiente manera :

### Bus de datos como Entrada :

Bit 5 del bus de control =1

Bit 6 del bus de control =0 (No siempre es necesario)

### Bus de datos como Salida :

Bit 5 del bus de control =0

Bit 6 del bus de control =1 (No siempre es necesario)

Es de anotar que los bits del bus de control (bits 5 y 6), que se utilizan para configurar el bus de datos, normalmente no están representados en ningún pin del puerto paralelo, recordemos que sólo tenemos acceso a nivel de hardware a los bits del 0 al 3.

### Funcionamiento del entrenador

El Entrenador para puerto paralelo está hecho a partir de varios bloques elementales de entradas y salidas tal como aparecen en la figura 3. Cada salida tiene asociada una compuerta Buffer, un LED indicador y un pin de extensión hacia otros circuitos (en uno de los conectores externos), figura 4a. Por su parte, cada entrada tiene asociada también una compuerta Buffer, un pin de extensión, un LED indicador y un interruptor tipo DIP para simular el valor de la entrada, figura 4b.

En el caso del bus de datos bidireccional, figura 4c, cada pin tiene una sección de salida tal como se describió anteriormente y una sección de entrada, cuyas señales se encuentran justo en el pin del puerto paralelo. Para que no se produzcan conflictos de niveles de voltaje en este punto cuando haya un valor de entrada diferente a un valor de salida, se ha instalado una resistencia entre cada salida de las compuertas buffer y la salida del bus de la computadora. Esta resistencia disipará cualquier diferencia de voltaje cuando el bus de datos está configurado como salida.

La fuente de poder para el circuito aparece en la figura 4d. La salida de 12 voltios puede usarse para energizar relés en circuitos que se armen sobre el protoboard. Observe en el recuadro amarillo de la siguiente página el listado de componentes utilizados en el circuito.

## Lista de materiales

Resistencias de 1/4		Otros
R1-R8	390 ohm	1 Socket en línea de 16
R9-R16	330 ohm	DIP1-DIP2 Interruptor DIP de 8
R17-R24	4,7 K	1 Conector DB25 para Impreso
R25-R30	390 ohm	1 Bornera doble de tornillo
R31-R35	4,7 K	4 Bases de 20 pines
R36-R39	390 ohm	1 Disipador de calor
R40-R41	120 ohm	6 Tornillos de 3x15 con tuerca
		1 Protoboard
<b>Condensadores</b>		1 Circuito impreso K-176
C1	2200/35	1 Chasis K-176
C2-C7	0,1 cerámico	1 Portafusible de chasis
<b>Semiconductores</b>		1 Fusible de 1A
IC1-IC4	74LS2414	50 cm de cable vehículo cal 20
REG1	LM78051	1 m de Soldadura
DI-D4	Diodo IN40044	1 Transformador 506
18 LEDs Indicadores 5mm Rojo		1 Cable de potencia

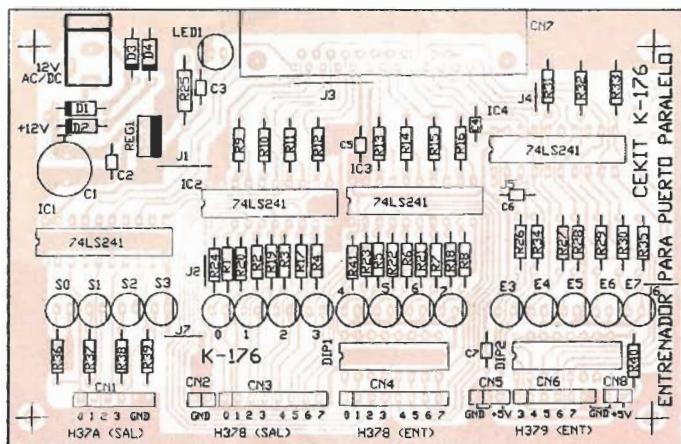


Figura 5. Guía de montaje

## Construcción

Para el montaje del circuito del Entrenador para puerto paralelo debe usarse la guía de montaje de la figura 5. Como cualquier circuito, deben soldarse primero los elementos de menor altura como son los puentes de alambre, las resistencias y los diodos rectificadores. Posteriormente se sueldan las bases de los circuitos integrados, los condensadores, los LEDs y los interruptores DIP. Por último, se deben fijar el condensador C1 y el conector de 25 pinos. Una vez se tengan soldados todos los componentes, verifique que no hayan quedado pistas unidas haciendo corto circuito, al igual que los puntos de soldadura adyacentes.

Con un multímetro, verifique que los puntos de 0V y de 5V no tengan continuidad. En el chasis, pegue el transformador, el portafusible y el interruptor a su parte trasera. Posteriormente, de acuerdo al plano, una los puntos con cable calibre 20 y suelde el cable de potencia que llevará el voltaje de la red hacia la fuente de poder del chasis. Suelde también un pedazo de cable que se encargue de llevar el voltaje del transformador hacia la parte superior donde irá el circuito impreso.

Siguiendo las perforaciones del chasis y utilizando separadores plásticos fije el circuito impreso y posteriormente adhiera el protoboard en su parte inferior, tal como aparece en la primera figura. No olvide insertar los circuitos integrados sobre sus respectivas bases.

## Pruebas

El primer paso es verificar que el circuito funcione correctamente ANTES de conectarlo a la computadora. Para ello simplemente aliente el chasis con voltaje de la red y mueva el interruptor de encendido. El LED indicador de la fuente debe encenderse inmediatamente. Si no es así, revise el montaje del entrenador. También deberán encenderse las luces que corresponden al puerto de salida H37A. Las demás luces se encenderán de acuerdo a la posición de los interruptores DIP.

Una vez haya funcionado el circuito como se acaba de describir, podrá conectarse al puerto paralelo de la computadora. Copie los programas del disquete al disco duro y corra los archivos ejecutables de los listados que aparecen más adelante y realice pruebas con su entrenador. Lo primero que se puede hacer es elegir las opciones de *Demostración* de dichos programas.

Si el regulador de voltaje presenta sobrecalentamiento deberá instalársele un pequeño disipador de calor tipo TO-220. Con los conectores de salida de la interface pueden transportarse las señales de dicha interface desde y hacia el protoboard del entrenador. Allí se pueden ensamblar los circuitos que el usuario diseñe para usar con el puerto paralelo de la computadora.

## Programas básicos

Con el Entrenador para puerto paralelo se suministran tres programas con los cuales se pueden realizar pruebas y entender el funcionamiento del puerto al cual se hace mención.

Dichos programas son hechos en lenguajes diferentes y entregados en forma ejecutable con su respectivo código fuente en Visual Basic, en Delphi y en Lenguaje C.

**Programa en Visual Basic.** En la figura 6a aparece el listado del código fuente del programa para realizar pruebas con el Entrenador. La ventana del programa en ejecución aparece en la figura 6b.

Para poder tener acceso a una dirección específica, en Visual Basic debe usarse una librería externa que suministre las funciones de entrada y salida ya que dicho lenguaje no las tiene. En este caso se hizo uso de la librería INPUT32.DLL, la cual fue bajada de Internet en forma gratuita de la página Web <http://www.Ivr.com/parport.htm#Programming>.

```

' Declaraciones de la librería externa
#If Win32 Then ' Si 32 bits.
Public Declare Function Inp Lib "input32.dll" _
Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Public Declare Sub Out Lib "input32.dll" _
Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
Private Sub Option1_Click() ' Cambia la dirección base
DirBase = &H378 ' Option2=&H3BC y Option3=&H278
End Sub
Private Sub Option4_Click() ' En modo Salida
EscribirControl.Text = (Val(EscribirControl.Text) Or 64) And Not 64
End Sub
Private Sub Option5_Click() ' En modo Entrada
EscribirControl.Text = (Val(EscribirControl.Text) Or 32) And Not 32
End Sub
Private Sub Command2_Click() ' Botón para la demostración
Out DirBase + 2, Val(EscribirControl.Text) Or 64 And 223
Option3.Value = True ' En modo salida
Valor = 1 ' Dato a escribir en el puerto
Timer2.Interval = Val(Retardo.Text) ' Habilita el Timer2
Control = False ' Bus de control deshabilitado
End Sub
Private Sub Retardo_Change() ' Cambia el tiempo del Timer2
Timer2.Interval = Val(Retardo.Text)
VScroll1.Value = Val(Retardo.Text)
End Sub
Private Sub Timer1_Timer() ' Rutina ppal
LeerDatos.Text = Inp(DirBase) ' Lect. del bus Datos
LeerEstado.Text = Inp(DirBase + 1) ' Lect. del bus Est
LeerControl.Text = Inp(DirBase + 2) ' Lect. del bus Cont
Out DirBase, Val(EscribirDatos.Text) ' Esc. del bus Datos
Out DirBase + 2, Val(EscribirControl.Text) ' Esc. del bus Cont
End Sub
Private Sub Timer2_Timer() ' Demostración
If Control Then ' Si Bus de control..
EscribirDatos.Text = 0
EscribirControl.Text = Valor
Out DirBase + 2, Valor ' Bus de control
Valor = Valor * 2 ' Mueve el bit
If Valor > 8 Then
Valor = 1
Control = False
End If
Else ' Si Bus de Datos..
EscribirControl.Text = 0
EscribirDatos.Text = Valor
Out DirBase, Valor ' Bus de datos
Valor = Valor * 2 ' Mueve el bit
If Valor > 128 Then
Valor = 1
Control = True
End If
End If
End Sub

```

Figura 6a. Programa en Visual Basic



Figura 6b. Ventana del proyecto en Visual Basic

**Program PuertoParalelo**

```

{Declaración de variables}
var dirpuerto:word;
dato:byte;
regAX,regBX,regDX:word;
operacion:integer;
s:string[11];
implementation
{$R *.DFM}

{Rutina para leer desde una dirección}
{Recibe la dirección y devuelve el dato leído}
function Leer(Puerto:word):word;
begin {Inicio de la rutina en ensamblador}
asm
MOV regDX,DX
MOV DX,Puerto
IN AL,DX           {Lectura del puerto}
MOV dato,AL
MOV DX,regDX
end;
Result:=dato;
end;

{Rutina para escribir sobre una dirección}
{Recibe la dirección y el dato a escribir}
Procedure Escribir(Puerto:word;Dato:byte);
begin
asm
MOV regBX,BX
MOV regDX,DX

MOV DX,puerto
MOV BH,dato
MOV AL,BH
OUT DX,AL {Escribe el dato sobre el puerto}

MOV BX,regBX
MOV DX,regDX
end;
end;

{Rutina que ejecuta ciclicamente lecturas y escrituras}
procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);
begin
val(puerto.Text,dirpuerto,operacion);
val(DataoEscribir.text,dato,operacion);
escribir(dirpuerto,dato);           {llamado de rutina}
val(puerto.Text,dirpuerto,operacion);
dato:=leer(dirpuerto);            {Llamado de rutina}
str(dato,S);
DatoLeido.text:=S; {Ubica el dato en la caja de texto}
end;
end.

```

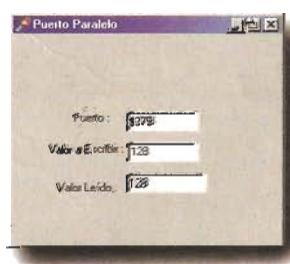


Figura 7. Programa básico en Delphi y ventana del proyecto

- Lectura de las diferentes direcciones del puerto paralelo
- Escritura en los buses de datos y de control
- Cambio de configuración del bus de datos bidireccional
- Una rutina de demostración
- Actualización de valores automática

**Programa en Delphi.** En este lenguaje solamente hemos realizado la operación de lectura y escritura en forma elemental. Para ello se utilizaron dos pequeñas rutinas en lenguaje ensamblador (*Assembler*) ya que Delphi tampoco tiene funciones para accesar una dirección específica de los puertos de la computadora. Las rutinas en ensamblador son la de lectura y la de escritura respectivamente. En la figura 7 aparece el listado de todo el programa al igual que la ventana del proyecto. Es de anotar que, al igual que Visual Basic, con Delphi podemos hacer uso de librerías externas que pueden bajarse de la misma dirección de Internet mencionada anteriormente.

**Programa en Lenguaje C.** En este lenguaje se elaboró un programa con el cual se pueden hacer varias operaciones como son la lectura, escritura, el cambio de dirección y de

bus y una pequeña rutina de demostración. Observe el listado en la figura 8. También se hizo una rutina de lectura rápida para detectar cambios en los pines de entrada del puerto en forma automática.

Una ventaja de gran importancia en este lenguaje consiste en la velocidad de proceso. Ya que este sistema corre bajo DOS, el tiempo de acceso a las direcciones es mucho más corto (lo que no sucede con Windows), por lo cual podrán obtenerse velocidades de lectura y escritura considerables.

Finalmente, el usuario puede elegir el lenguaje que mejor conozca y modificar el código fuente de acuerdo a sus necesidades.  $\Omega$

```

if (DirBase==1) DirBase=0x378;
if (DirBase==2) DirBase=0x3BC;
if (DirBase==3) DirBase=0x279;
break;

case 'B' | 'b': //Opción para cambiar de Bus
printf("\n\n\n\tEntre el bus a controlar
      \n\t(1) Datos\t(2) Control: ");
scanf("%x",&Bus);//Obtiene Bus a controlar
if (Bus==1) Bus=0;
if (Bus==2) Bus=2;
break;

//Opción para correr una demostración
case 'D' | 'd':
Demo(); //Llama rutina de demostración
break;
}
}while((seleccion!='S')&(seleccion!='s'));
//fin de la rutina principal

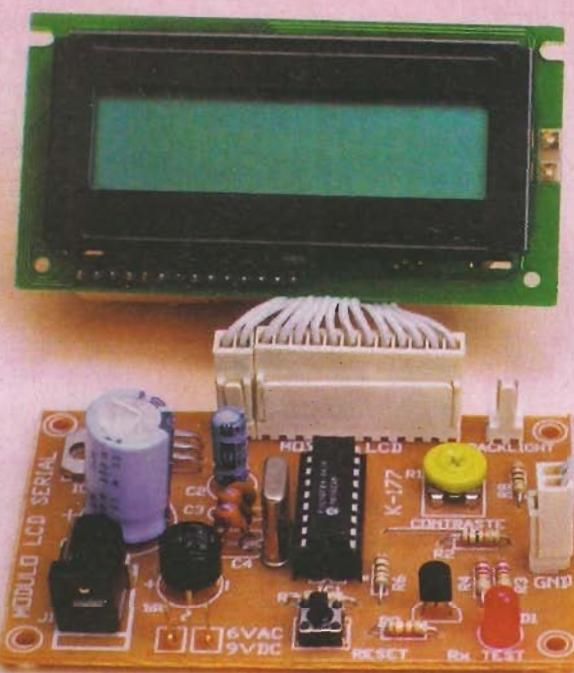
void leer() //Rutina de lectura
{
printf("\n\n\n\tLos datos con dirección base H%02X
      son: ",DirBase);
dato=inportb(DirBase); //lectura del bus de datos
printf("\n\tBus de datos :%d",dato);
dato=inportb(DirBase+1); //lectura del bus de Estado
printf("\n\tBus de estado :%d",dato);
dato=inportb(DirBase+2); //lectura del bus de Control
printf("\n\tBus de control :%d",dato);
}

void leer_rapido() //Rutina de lecturas consecutivas
{
leer(); //Llamado de rutina de lectura
do{ //Ciclo de lecturas rápidas
    gotoxy(25,18);
    printf("%d ",inportb(DirBase));//lee bus de datos
    gotoxy(25,19);
    printf("%d ",inportb(DirBase+1));
}while(!kbhit());
fflush(stdin);
}

void Demo() //Rutina de demostración
{
dato=1;
do{
    outportb(DirBase,dato); //Escribe sobre bus de datos
    outportb(DirBase+2,dato);
    dato=dato<<1; //Mueve el bit a la izquierda
    delay(50); //Retardo
    if (dato>255) dato=1;
}while(!kbhit());
fflush(stdin);
}

```

**Figura 8.** Programa básico en lenguaje C



# Módulo LCD con interface serial



**EDISON DUQUE C.**

*Este módulo permite mostrar, en una pantalla de cristal líquido, los mensajes que son enviados desde una computadora o un equipo de control utilizando la interface RS-232. Esto presenta grandes ventajas ya que sólo se requieren dos cables de conexión entre los dispositivos.*

Las pantallas de cristal líquido o módulos LCD, como se les conoce popularmente, son muy útiles en aparatos electrónicos ya que presentan gran facilidad para mostrar mensajes o información sobre algún proceso, de una manera bastante práctica. Además, estos elementos presentan muchas ventajas sobre otros medios de visualización. Por ejemplo, los displays de siete segmentos no pueden presentar caracteres alfanuméricos y tienen un alto consumo de corriente mientras que los módulos LCD pueden presentar datos de cualquier tipo con un consumo de potencia mínimo.

Por otra parte, cuando en un circuito electrónico se desea utilizar un módulo de este tipo para presentar los datos, se debe disponer de un buen número de pines en el controlador. Por ejemplo, si se utiliza un microcontrolador PIC en un circuito y se desea mostrar algunos datos en la pantalla, se requieren al menos 6 pines para dicha tarea. Igual sucede si el sistema de control es una computadora. Si a todo esto le sumamos el hecho de que no todas las personas tienen acceso a la información sobre como se debe ejercer el control o el manejo de una pantalla de cristal líquido, llegamos a la conclusión de que dicha labor no es tan simple o tan fácil de implementar en un sistema.

Con base en lo anterior, y con la idea de poner al alcance de cualquier persona la tecnología de las pantallas de cristal líquido, nos dimos a la tarea de diseñar un dispositivo controlador que se encargara de manejar un módulo LCD de 2 líneas con 16 caracteres y que tuviera la capacidad de recibir los datos que se le envían de forma serial a través de una interface RS-232. El motivo para escoger este sistema para la recepción de los datos es que se encuentra disponible en cualquier computadora tipo PC y que además, es muy fácil

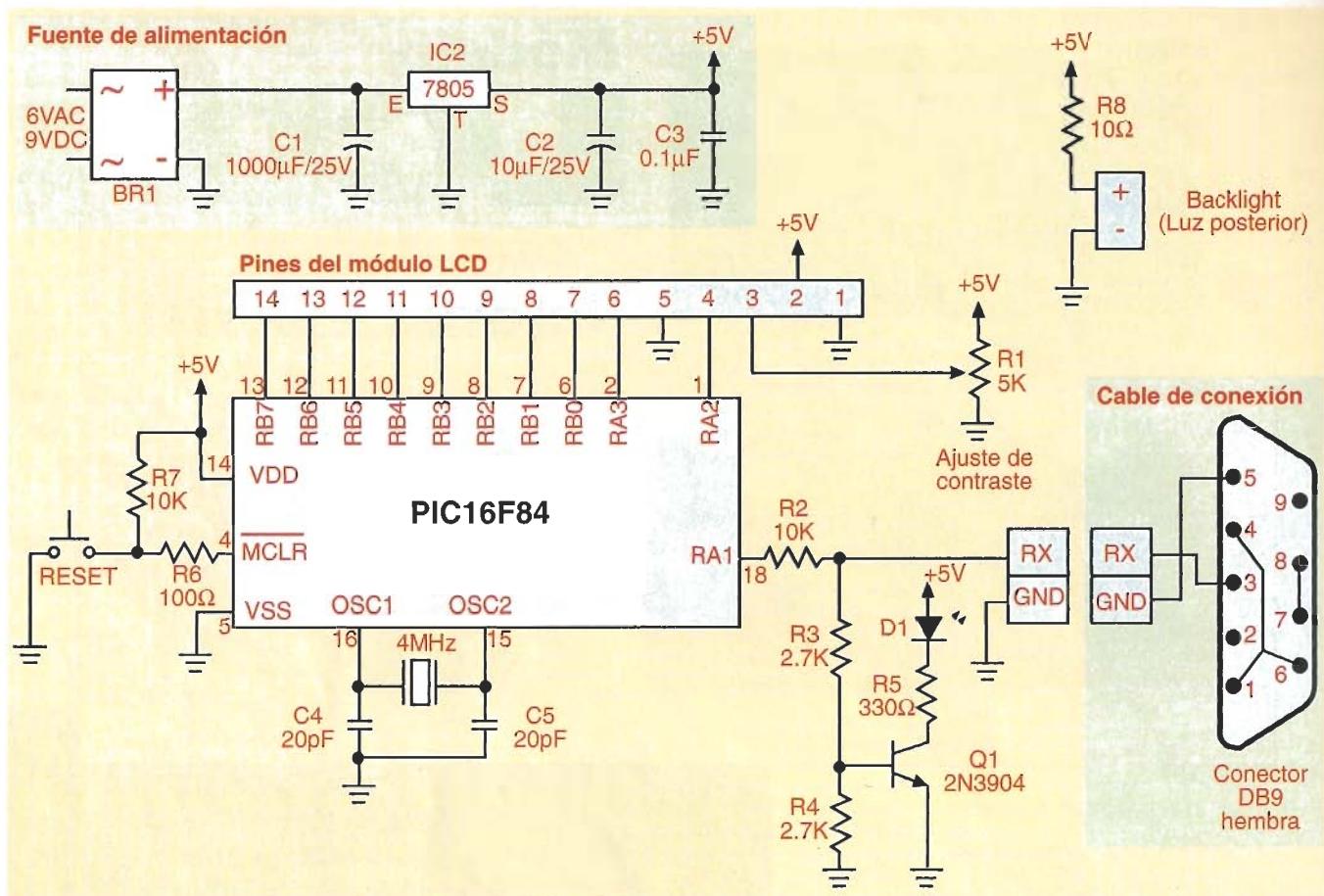


Figura 1. Diagrama esquemático del módulo LCD con interfaz serial

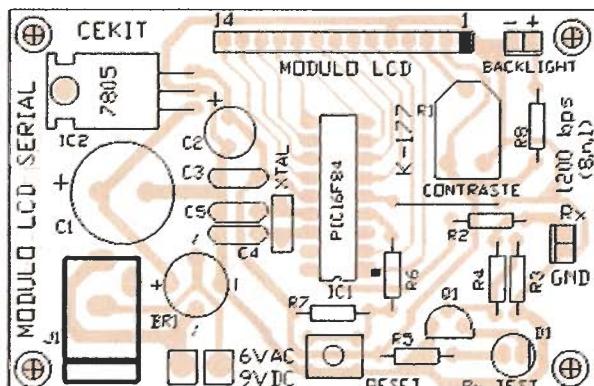


Figura 2. Guía de ensamblaje del circuito de control

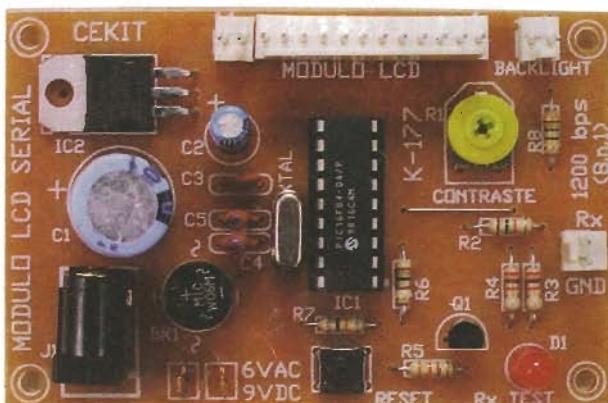


Figura 3. Circuito totalmente ensamblado

de implementar desde un microcontrolador. Este dispositivo se puede conseguir bajo la referencia **K-177** de CEKIT.

### Descripción

Este proyecto es muy fácil de utilizar. La idea es que el circuito tiene un conector mediante el cual recibe los datos en forma serial, esta información es tomada por un microcontrolador que se encarga de pasar el carácter recibido a la pantalla de cristal líquido y de generar las señales correspondientes para que pueda ser mostrado sin ningún problema. Los datos son recibidos serialmente con protocolo RS-232, con una velocidad de 1200 bps, datos de 8 bits, sin paridad y con 1 stop bit.

Para ejercer un control sobre la posición de los datos en la pantalla y algunos otros aspectos, se han establecido una serie de comandos que son entendidos por el microcontrolador; de esta forma, el sistema adquiere gran versatilidad y facilidad de manejo. Estos comandos serán explicados más adelante.

### Funcionamiento

El componente central es un microcontrolador PIC16F84, el cual se encarga de realizar todas las labores de control del sistema. Este posee un oscilador formado por un cristal de 4

MHz y dos condensadores de 20 pF (C4 y C5). Todos los pines del puerto B manejan el bus de datos de la pantalla de cristal líquido, mientras que los pines RA3 y RA2, manejan los pines de control. En la figura 1 se muestra el diagrama esquemático del circuito, en la figura 2 se muestra la guía de ensamble y en la figura 3 el aspecto final del circuito ensamblado.

Los datos que se muestran en la pantalla se reciben serialmente a través de un conector que se encuentra en el circuito impreso, con los pines marcados *Rx* y *GND*. Dichos datos llegan con formato RS-232, es decir que un 1 lógico se representa con un voltaje negativo de -15V aproximadamente, y un 0 lógico se representa con un voltaje positivo de +15V. Esta señal pasa a través de la resistencia R2 (10 Kohm) hacia el pin RA1 del microcontrolador. En este punto un 0 lógico se verá como un nivel positivo de 5 voltios y un 1 lógico como un nivel bajo de 0 voltios. El uso de la resistencia R2, para disminuir los niveles de voltaje presentes sobre la línea RS-232, evita que tengamos que utilizar el circuito integrado MAX232 para la recepción de los datos.

Los niveles lógicos que se mencionaron en el punto anterior, son válidos cuando la transmisión se hace desde cualquier aparato que posea una interface RS-232 convencional. Pero si se quiere enviar los datos desde un microcontrolador, es decir, con niveles lógicos TTL directamente, dicha transmisión se debe hacer con lógica invertida. Por ejemplo, si la línea de datos debe permanecer en alto normalmente cuando no hay transmisión, en este caso el microcontrolador que envía los datos debe hacer que su línea de salida permanezca en bajo.

Para saber si el circuito transmisor está enviando los datos, y de paso descartar posibles fallas de conexión, se ha dispuesto en el circuito de recepción de datos un circuito formado por el transistor Q1, el LED D1 y las resistencias R3, R4 y R5. Este circuito hace que el LED se encienda cada vez que llega un dato serial, de esta forma, es posible establecer si hay o no errores en el cableado o en el equipo transmisor.

Si el equipo que transmite los datos es una computadora, se debe construir un cable como el que se muestra en la figura 1. Si se presta atención, se nota que en el conector DB9 hembra se deben hacer unos cortos entre algunos de sus pines. Si el equipo transmisor es un microcontrolador, los pines Rx y GND se pueden conectar directamente a los pines de Tx y GND de dicho circuito.

En este proyecto empleamos un módulo LCD de 2 líneas y 16 caracteres, para ellos existen diferentes configuraciones de pines, en la figura 4 se muestran las más comunes. Para la conexión del circuito con el módulo LCD se puede utilizar cable plano o *ribbon* de 14 hilos, el cual se suelda directamente a los pines del módulo y se lleva mediante un conector en

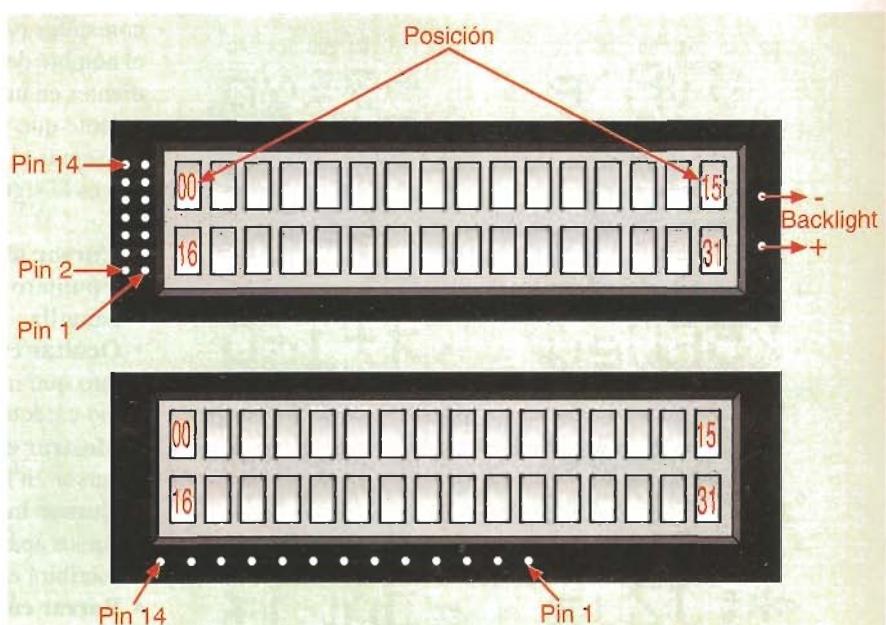


Figura 4. Configuración del módulo LCD

Línea al circuito de control. Adicionalmente, como algunas de estas pantallas poseen luz posterior o *backlight*, se ha dispuesto una salida especial para conectar dicha señal. En este caso, se debe poner especial atención para no invertir la polaridad de los cables ya que esta se puede dañar fácilmente.

En la figura 4 se muestra también el número o dirección que se le ha dado a cada casilla de la pantalla, es decir, en la línea superior se encuentran las posiciones 00 a 15 y en la línea inferior, las posiciones 16 a 31. Esto se debe tener en cuenta cuando se estén enviando datos a la pantalla y se quiera escribir algo en una posición determinada.

La fuente del sistema utiliza un regulador de +5V (7805) para alimentar todo el circuito, de esta forma, se protege el microcontrolador y la pantalla de cristal líquido, que por cierto, se debe tratar con mucho cuidado. El voltaje requerido por el circuito es de 6VAC o de 9VDC, los cuales se pueden obtener fácilmente de un transformador comercial o de un adaptador de corriente, de los que se utilizan en aparatos electrónicos normalmente.

Función	Teclas	ASCII (Hexadecimal)
Cursor a casa	cntl - A	01
Ocultar cursor	cntl - D	04
Mostrar cursor	cntl - E	05
Mostrar cursor titilando (blinking)	cntl - F	06
Borrar carácter (backspace)	cntl - H	08
Borrar pantalla (clear screen)	cntl - L	0c
Cambio de línea (carriage return)	cntl - M	0d
Posicionar cursor (modo byte)	cntl - N (siguen dos dígitos)	0e
Posicionar cursor (modo texto)	cntl - P (sigue un byte)	10

Figura 5. Códigos de control del módulo LCD con interface serial

	32	48	64	80	96	112	160	176	192	208	224	240
0	0	0	P	P	0	0	—	—	—	—	—	—
1	!	1	A	Q	a	q	■	ア	チ	ク	シ	シ
2	"	2	B	R	b	r	「	イ	リ	×	エ	エ
3	#	3	C	S	c	s	」	ウ	テ	モ	エ	エ
4	\$	4	D	T	d	t	、	エ	ト	フ	フ	フ
5	%	5	E	U	e	u	・	オ	ナ	コ	ニ	ニ
6	&	6	F	V	f	v	ヲ	カ	ニ	ヨ	エ	エ
7	'	7	G	W	w	w	ア	キ	ヌ	ラ	ム	ム
8	(	8	H	X	h	x	イ	ク	ネ	リ	ク	ク
9	)	9	I	Y	i	y	カ	テ	ノ	ル	ル	ル
10	*	J	Z	J	z	z	エ	コ	ハ	レ	ヒ	ヒ
11	+	K	C	k	{	}	オ	サ	ヒ	ロ	ス	ス
12	,	L	¥	1	1	1	カ	シ	フ	ワ	フ	フ
13	=	M	M	m	}>	}>	ユ	ス	ヘ	ン	モ	モ
14	.	N	~	n	~	~	ヨ	セ	ト	~	ト	ト
15	/	O	0	o	0	0	ツ	ソ	ウ	ツ	ツ	ツ

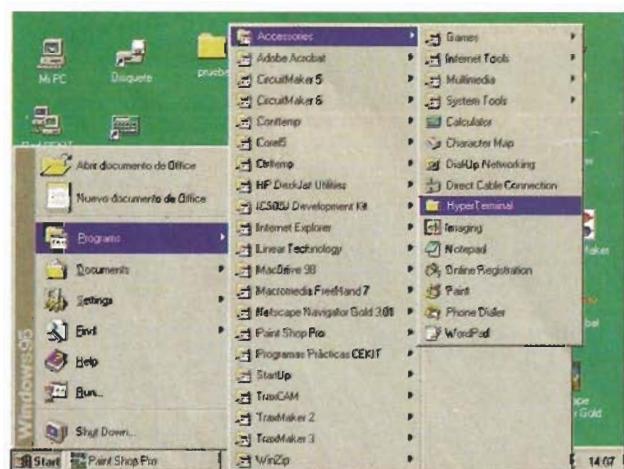
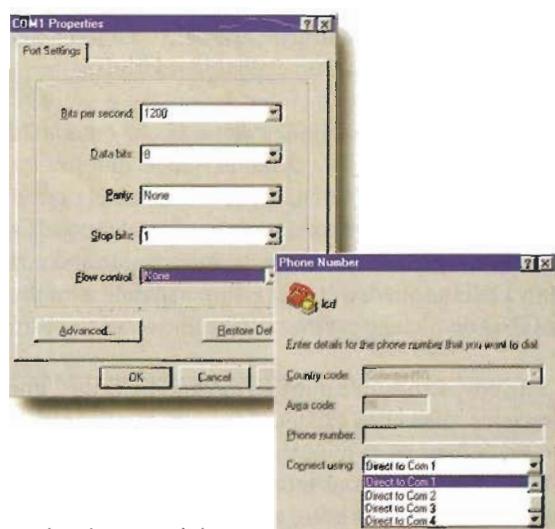
**Figura 6.** Caracteres ASCII que acepta el módulo LCD

### Operación

Como se dijo anteriormente, este dispositivo recibe serialmente los datos que debe mostrar en la pantalla. Pero en qué orden o en qué posición se deben mostrar ?. Para resolver esto se han implementado una serie de comandos, los cuales equivalen a un carácter o un byte hexadecimal que en el momento de ser recibido por el microcontrolador, provoca que este genere alguna acción de control específica. En la figura 5 se muestra una tabla con los comandos que son re-

conocidos por este dispositivo. En dicha figura se encuentra el nombre del comando, la combinación de teclas correspondientes en una computadora PC y el byte hexadecimal equivalente que se debe enviar desde un microcontrolador para conseguir el efecto deseado. La explicación de los comandos es la siguiente:

- **Cursor a casa.** Cuando se recibe el byte 01, el cursor o puntero de escritura se ubica en la posición 00 de la pantalla.
- **Ocultar cursor.** Si se recibe el byte 04 se oculta el puntero que indica el punto en que se va a escribir el próximo carácter.
- **Mostrar cursor.** El byte 05 hace que vuelva a aparecer el cursor en la pantalla.
- **Cursor intermitente (blinking).** El byte 06 hace que el cursor aparezca en forma intermitente en el sitio donde se escribirá el próximo carácter.
- **Borrar carácter (backspace).** El byte 08 hace que se borre el carácter inmediatamente anterior.
- **Borrar pantalla.** El byte 0C hace que la pantalla se borre totalmente.
- **Cambio de línea.** El byte 0D hace que el cursor o puntero de escritura pase a la primera posición de la siguiente línea de escritura.
- **Posicionar cursor (modo byte).** El byte 0E inicia la función de posicionar el cursor en un punto específico de la pantalla, por lo tanto, el siguiente byte que se reciba debe ser un número entre 00 y 31. Esto hace que el cursor se vaya a dicha posición. Si el byte recibido es mayor a 31 se omite dicha función.
- **Posicionar cursor (modo texto).** El byte 10 inicia la función de posicionar el cursor en un punto específico de la pantalla, la diferencia es que los dos bytes siguientes contienen la posición a donde se quiere enviar el cursor. Esta función se utiliza desde una computadora. Por ejemplo, si se quiere posicionar el cursor en la casilla número 23 de la pantalla se deben oprimir las teclas control-P y luego el número 2 y el número 3. Si el número digitado es mayor a 31 se omite dicha función.

**Figura 7.** Configuración del hyperterminal de Windows 95 para enviar datos seriales

**Lista de materiales**

1 Resistencia de 10 K a 1/4 W (R2, R7)  
 2 Resistencia de 2,7 K a 1/4 W (R3, R4)  
 1 Resistencia de 330 ohm a 1/4 W (R5)  
 1 Resistencia de 100 ohm a 1/4 W (R6)  
 1 Resistencia de 10 ohm a 1/4 W (R8)  
 1 Reóstato de 5K ó de 10K (R1)  
 1 Condensador electrolítico de 1000 $\mu$ F/25V (C1)  
 1 Condensador electrolítico de 10 $\mu$ F/25V (C2)  
 1 Condensador cerámico de 0,1  $\mu$ F (C3)  
 2 Condensador cerámico de 20 pF (C4, C5)  
 1 LED rojo de 5 mm (D1)  
 1 Puente rectificador de 1,5A (W04M)  
 1 Transistor 2N3904 (Q1)  
 1 Regulador 7805 (IC2)  
 Pantalla de cristal líquido 2x16  
 PIC16F84 grabado  
 Base para integrado de 18 pines  
 Cristal de 4 MHz  
 2 Conector en línea de 2 pines (completo)  
 1 Conector en línea de 14 pines (completo)  
 1 Pulsador pequeño de 4 patas  
 Conector AC-DC  
 2 Terminal para circuito impreso (espadín)  
 Cable ribbon de 2 hilos (1,5 metros)  
 Cable ribbon de 14 hilos (30 cm)  
 Alambre telefónico para puentes (20 cm)  
 Tornillo milimétrico 3x7 con tuerca  
 Conector DB9 hembra con carcasa  
 Circuito impreso K-177  
 Soldadura (1 m)

Por otro lado, los módulos LCD deben recibir el carácter ASCII del dato que se quiere mostrar en la pantalla, por lo tanto, si se quiere mostrar una letra "a", se debe enviar el byte 61 hexadecimal (97 en decimal). Pero no todos los caracteres de la tabla ASCII son permitidos, por lo tanto, en la figura 6 se muestran los caracteres que son aceptados por este tipo de módulos, indicando cual es el número a que corresponden. Los datos que no aparecen en la tabla se pueden representar como algún carácter especial o pueden causar un funcionamiento inesperado.

**Como enviar datos a la pantalla**

**Desde una computadora.** Existen dos métodos para enviar datos seriales desde una computadora, el primero y más sencillo, es utilizando el Hyperterminal de Windows 95. Este es un programa que hace parte del grupo de accesorios que viene con dicho sistema operativo. Para utilizarlo se debe hacer *click* con el mouse en los siguientes puntos: menú Inicio, Programas, Accesorios, Hyperterminal. En la figura 7 se muestra la forma de configurar dicho programa para hacer una transmisión serial a 1200 bps, datos de 8 bits, sin paridad y con 1 stop bit (1200, 8, n,1). Además, se debe seleccionar si los datos salen por el COM1 o el COM2.

El segundo método para enviar datos desde la computadora es haciendo un programa específico. En la figura 8 se muestra un pequeño programa escrito en lenguaje C que permite enviar por el puerto serial (COM1 o COM2), el dato ASCII correspondiente a las teclas que sean oprimidas.

**Desde un microcontrolador.** Como se dijo anteriormente, los datos que se envían hacia la pantalla desde un microcontrolador, con niveles lógicos TTL, deben tener lógica RS-232 invertida. En la figura 9 se muestra una rutina para enviar datos seriales con estas características desde un microcontrolador PIC.

```
/* LA COMPUTADORA ENVIA DATOS SERIALES AL PIC */

#include <conio.h>
#include <stdio.h>
#include <bios.h>
int COM1, COM2, Puerto; /*definición de variables*/
int j, envio, configuración;
int contador;
char tecla;

void main(void)
{
  clrscr();           /*limpiar pantalla*/
  COM1=0;             /*constantes de los puertos del PC*/
  COM2=1;
  Puerto=COM2;        /*Indicar si es COM1 o COM2*/
  configuración=0x83; /*conf. puerto: 1200,8,N,1*/
  bioscom(0,configuración,Puerto); /*inicializa el COM
  del PC*/

  gotoxy(20,2);
  printf(" Revista Electrónica & Computadores ");

  gotoxy(11,5);
  printf("Envío de datos seriales hacia el PIC por el
  COM2");
  gotoxy(18,16);
  printf("(Para salir oprima Escape)");
  gotoxy(24,10);
  printf("El dato enviado al PIC es:");

  do{
    tecla=getch();      /*recibe tecla*/
    gotoxy(34,12);
    printf("%c ",tecla); /*Obtiene tecla oprimida*/
    envio=bioscom(1,tecla,Puerto); /*envía carácter*/
  }while(tecla!=27);   /*Hasta que se oprime ESC*/
  while(!kbhit());
  clrscr();
}


```

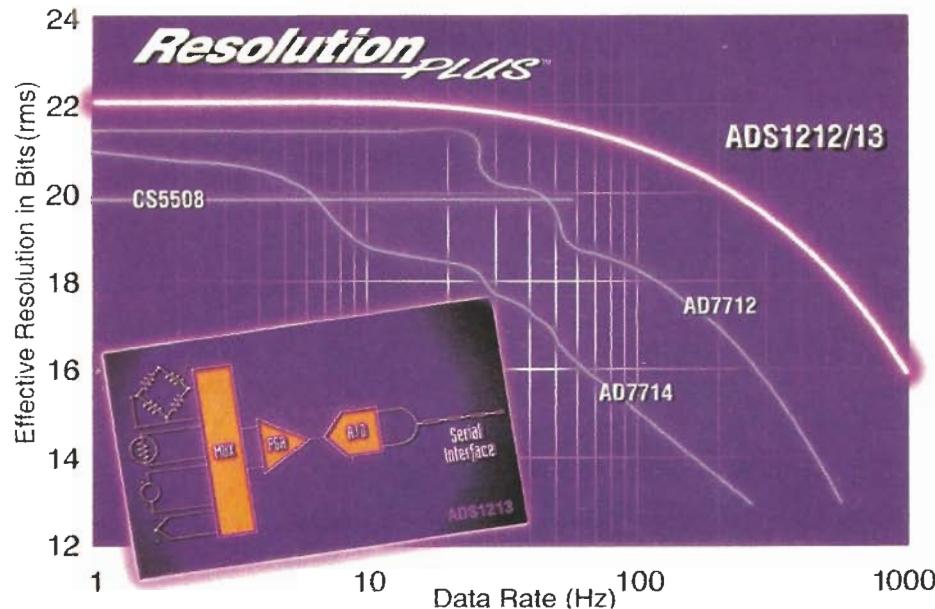
**Figura 8.** Programa en lenguaje C para enviar datos seriamente

```
;Esta rutina envia datos seriales a la pantalla con
;lógica RS-232 invertida

delay1  movlw    .166          ;retardo de 833  $\mu$ s aprox.
redo   movwf    r12          ;valor de carga al retardo
redo   nop
redo   nop
redo   decfsz   r12          ;decrementar retardo
redo   goto     redo          ;saltar si cero
redo   retlw    0             ;repetir hasta terminar
enviar  movwf    trans         ;rutina para enviar dato
enviar  movlw    8             ;pasa contenido de w a trans
enviar  movwf    r11          ;cargar con número de bits
enviar  bsf      ptob,tx      ;el contador
enviar  call    delay1        ;colocar linea de transmisión
enviar  bsf      ptob,tx      ;en alto
enviar  bcf      status,c      ;para generar bit de arranque
enviar  rrf      trans         ;colocar linea de tx en alto
enviar  btosc   status,c      ;limpiar carry
enviar  bcf      ptob,tx      ;rotar registro de tx
enviar  call    delay1        ;preguntar por el carry
enviar  decfsz   r11          ;si es uno, colocar linea
enviar  goto    xnnext        ;en bajo
xnnext  call    delay1        ;llamar retardo de 1 bit
xnnext  decfsz   r11          ;decrementar contador
xnnext  goto    xnnext        ;saltar si cero
xnnext  bcf      ptob,tx      ;repetir hasta transmitir
xnnext  call    delay1        ;todo el dato
xnnext  bcf      ptob,tx      ;colocar linea de tx en bajo
xnnext  call    delay1        ;llamar retardo 1 bit para
xnnext  retlw    0             ;hacer el bit de parada
xnnext  return
```

**Figura 9.** Rutina para enviar datos seriales desde un microcontrolador PIC

Se debe tener en cuenta que las rutinas de retardo se deben establecer según el oscilador que se utilice, en este caso la rutina de transmisión tiene un retardo calculado para un oscilador a cristal de 4 MHz. El dato a enviar se debe cargar previamente en el registro W y luego se hace un llamado a la rutina con la instrucción *call enviar*. 



*Los recientes avances en la electrónica digital de alta velocidad han hecho la arquitectura delta-sigma ( $\Delta\Sigma$ ) competitiva con las arquitecturas de conversión A/D más tradicionales. Este artículo explica qué son los convertidores A/D delta sigma, cuáles son sus ventajas, cómo funcionan, cómo se utilizan y cuáles son sus principales aplicaciones.*

JORGE E. HERNÁNDEZ M.

# Convertidores A/D delta sigma ( $\Delta\Sigma$ )

**L**a conversión de señales análogas en digitales es una operación esencial en toda clase de aplicaciones prácticas que implican la interacción con el mundo real. Para su implementación, se dispone actualmente de una gran variedad de técnicas básicas y sofisticadas, cada una con sus propias ventajas y limitaciones.

Los métodos basados en el balanceo de cargas, por ejemplo, como la integración de doble pendiente, examinada en el artículo “**Convertidores A/D para visualizadores**”, publicado en un número anterior de **Electrónica & Computadores**, son muy económicos y exactos. Además, producen una salida estrictamente monótona. Sin embargo, son muy lentos comparados con los métodos basados en aproximaciones sucesivas,

que son los más populares. La **conversión A/D delta sigma ( $\Delta\Sigma$ )** ofrece lo mejor de ambos mundos: alta exactitud, buena velocidad, precio razonable, etc. Por estas y otras razones es una de las preferidas en PCs multimedia, equipos de audio profesional y otros sistemas modernos de procesamiento digital de señales. En este artículo examinaremos sus fundamentos.

## Principio de funcionamiento

Un convertidor A/D delta sigma es, en principio, un convertidor A/D de 1 bit de resolución, con una tasa de muestreo muy alta, que utiliza un filtro digital no recursivo o FIR (*Finite Impulse Response*) para promediar la corriente de bits y mejorar así la resolución. En la figura 1 se muestra la estructura básica de un convertidor A/D delta sigma y en la figura 2 la ar-

quitectura simplificada de un sistema típico. La estructura básica de la figura 1 se denomina comúnmente **un modulador delta sigma**.

La señal análoga (VIN) alimenta una de las entradas del sumador. La otra entrada recibe una corriente de pulsos de amplitud fija, es decir incrementos fijos de carga, que es una representación digital (**1s** y **0s**) de la magnitud del voltaje de entrada. La salida del sumador es entonces integrada o promediada. A continuación, la salida del integrador se compara con un voltaje fijo, digamos 0V (tierra). Como resultado, a la salida del comparador se obtiene una corriente de bits (*bitstream*) cuyo valor instantáneo (**1** o **0**) depende de la magnitud relativa de la señal de salida del integrador con respecto al umbral de comparación.

Una vez obtenida, la corriente de bits es transferida a un flip-flop y utilizada para comutar la fuente de corriente (I<sub>0</sub>) entre el sumador y tierra en cada transición de la señal de reloj. De este modo, se consigue balancear las cargas, es decir mantener una corriente promedio igual a cero en el punto de suma. El número de pulsos de

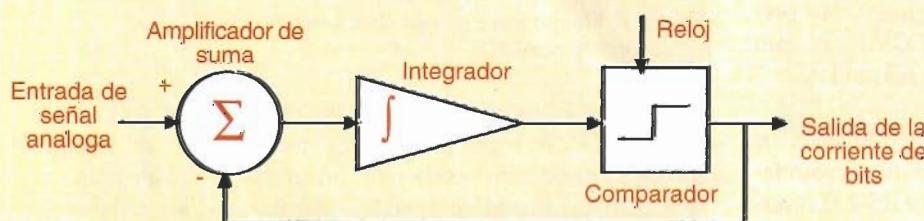
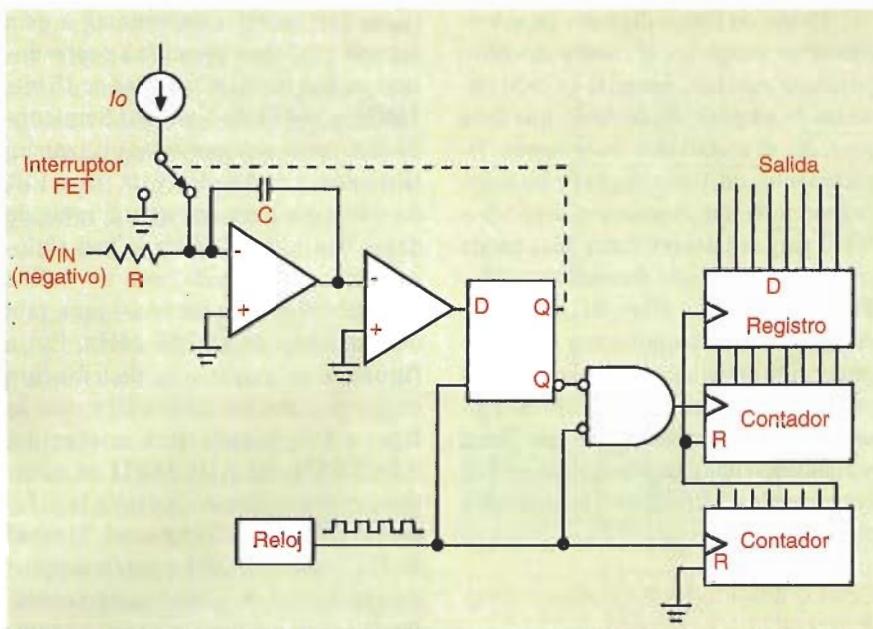


Figura 1. Principio de funcionamiento de un modulador delta sigma



**Figura 2.** Arquitectura de un ADC delta sigma de balance de cargas

carga conmutados en el punto de suma durante un número dado de pulsos de reloj, digamos 4096, se registra en un contador. Esta cuenta, que es la salida del convertidor, es proporcional al valor promedio del voltaje de entrada.

Note que el número de pulsos de corriente injectados en el punto de suma depende del número de **1s** en la corriente de bits. Por tanto, asumiendo una entrada analógica positiva, si la densidad promedio de la corriente de **1s** en la entrada negativa del sumador es alta comparado con el nivel de la entrada analógica, entonces la salida del sumador será negativa. Esto origina un correspondien-

te descenso en la salida del integrador. Por tanto, a la salida del comparador se generan **0s**, los cuales, a su vez, causan que se incrementen tanto los voltajes de salida del sumador y el integrador, como el número de **1s** en la salida del comparador.

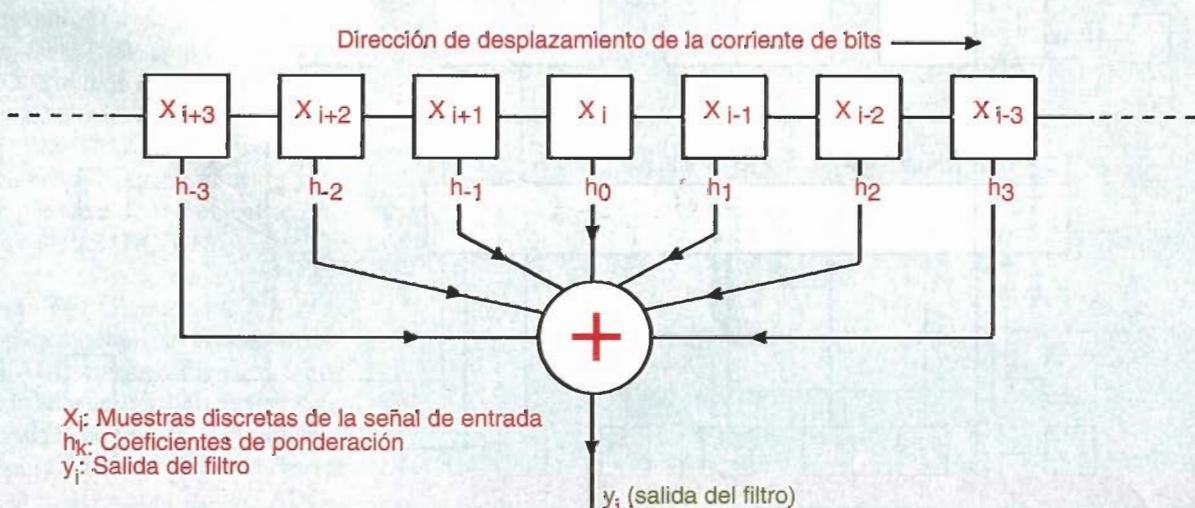
Lo anterior implica que la densidad promedio de la corriente de bits debe seguir muy de cerca la señal analógica de entrada. Cualquier desviación de esta última causará inmediatamente la conmutación de la salida del comparador hacia **1** o **0** con el fin de ajustar la corriente de bits y mantener el seguimiento. Esta fuerte acción de realimentación negativa le proporciona al convertidor

delta sigma una excelente linealidad y una tasa muy baja, prácticamente nula, de códigos perdidos. Además, minimiza los efectos de deriva de los componentes con el tiempo, lo cual lo hace muy estable comparado con sus contrapartes de lazo abierto.

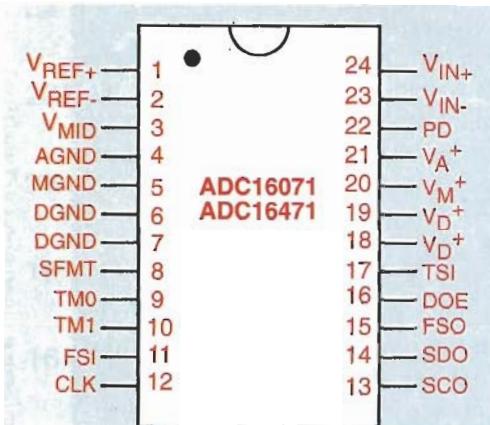
### Filtros de sobremuestreo y antialias

El modulador delta sigma de la figura 1 es esencialmente un convertidor A/D con una resolución de un bit. Esta resolución puede ser incrementada, digamos a 16 o 24 bits, utilizando una técnica de promediación llamada **sobremuestreo**. Esta última le permite a un convertidor de 1 bit muy rápido tomar un gran número de muestras de una señal analógica. La promediación propiamente dicha la realizan uno o más filtros digitales pasabajos no recursivos (FIR).

Los filtros digitales no recursivos, figura 3, un tema al cual nos referiremos en una futura entrega de **Electrónica & Computadores**, cumplen su función realizando una suma analógica ponderada de un cierto número N de bits sucesivos, digamos 264, provenientes por ejemplo de las salidas de un registro de desplazamiento. Cada salida se denomina una **derivación** o **tap**. El convertidor A/D delta sigma **AD-722** de Analog Devices, por ejemplo, que tiene una resolución de 16 bits y una tasa de sobremuestreo de 64 veces (64x) a 12.8MHz, posee dos filtros FIR. El primero, de 384 taps, muestrea la salida



**Figura 3.** Estructura de un filtro digital no recursivo



**Figura 4.** Distribución de pines del ADC16071/ADC16471

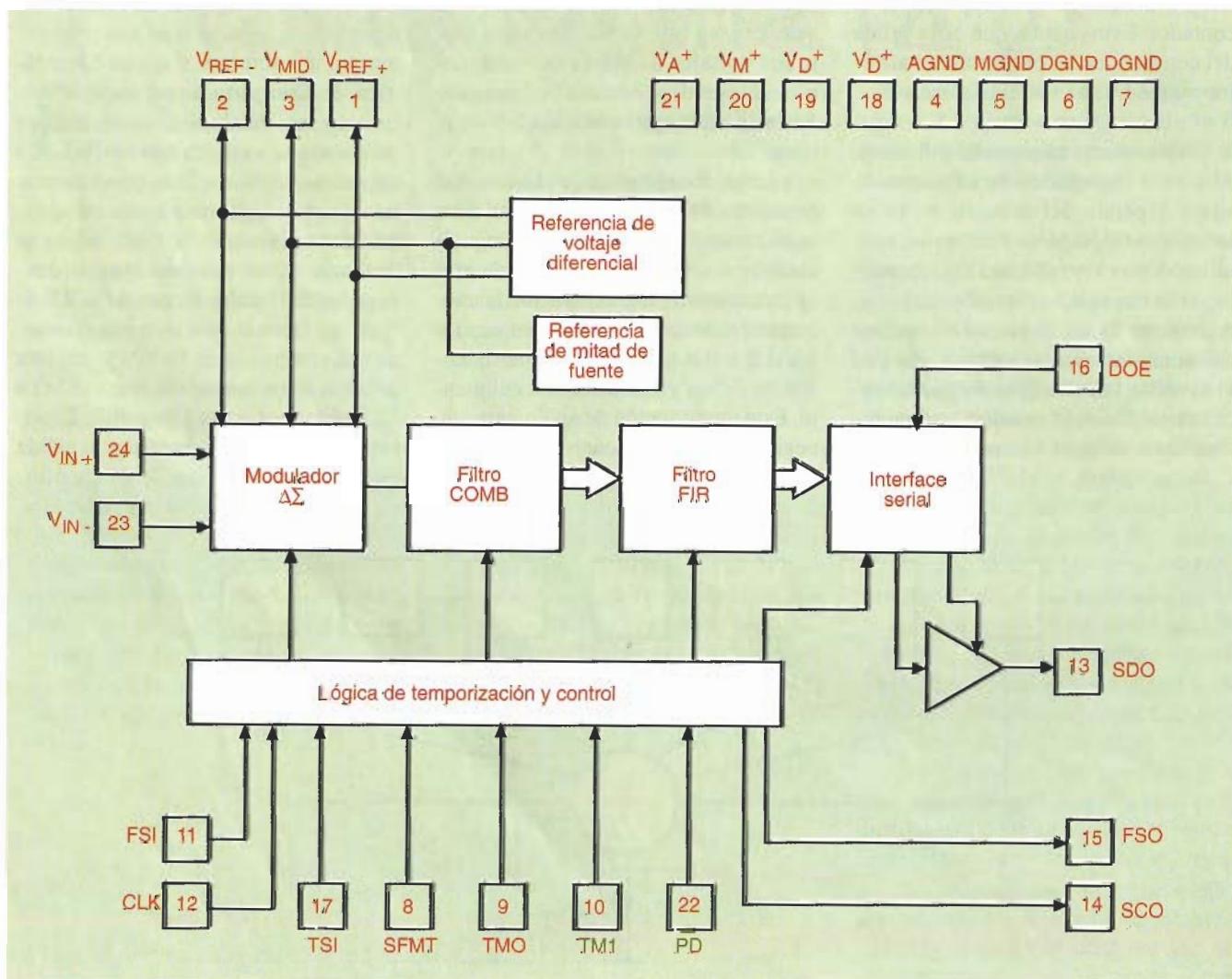
del modulador a la frecuencia del reloj (fclk). El segundo, de 151 taps, muestrea la salida del primer filtro a fclk/32 y la diezma por un factor de dos. Por tanto, el ADC promedia sobre  $151 \times 32 = 4832$  muestras analógicas a una tasa efectiva de fclk/64.

El uso de filtros digitales de sobre-muestreo simplifica el diseño del filtro pasabajo antialias, esencial en todo sistemas de adquisición de datos, que debe preceder el modulador delta sigma. Típicamente, un filtro digital pasabajos proporciona una atenuación superior a 90dB para señales por fuera de la banda pasante, incluyendo frecuencias alias. Por esta razón, un filtro RC simple de dos polos puede proporcionar excelente protección antialias en la mayoría de los casos. Adicionalmente, los filtros digitales tienen una respuesta de fase lineal y mantienen una relación de fase estable entre canales diferentes no muestreados simultáneamente.

#### Los convertidores A/D delta sigma ADC16071 y ADC16471

Actualmente se dispone de una gran variedad de convertidores A/D delta sigma integrados, los cuales ofrecen

todas las ventajas inherentes a esta tecnología. Dos ejemplos representativos son los ADC seriales de 16 bits **16071** y **16471** de National Semiconductor. Ambos dispositivos utilizan un filtro comb de 5 orden y un filtro FIR de 246 taps para conseguir tasas de datos hasta de 192kHz o ks/s (kilomuestras por segundo) con un índice de sobremuestreo de 64x y una tasa de muestreo de 12.288 MHz. En la **figura 4** se muestra la distribución de pines común a estos chips y en la **figura 5** la arquitectura interna del **ADC16471**. El **16071** es idéntico, excepto que no incluye la referencia de voltaje diferencial. Tanto el **16471** como el **16071** operan a partir de una fuente de alimentación sencilla de 5V y su interfaz serial es compatible con los populares procesadores digitales de señales (DSPs) **DSP5600**, **TMS320** y **ADSP2100**.



**Figura 5.** Arquitectura interna del ADC16471

Los pines **VREF+** y **VREF-** actúan en el **ADC16471** como salidas de la referencia diferencial interna, proporcionando un voltaje de salida nominal de  $\pm 1.25V$  centrado con respecto al voltaje en el pin **VMID**, que es típicamente  $VA/2$ . En el **ADC16071** son las entradas del voltaje de referencia.

Los pines **VIN+** y **VIN-** son las entradas diferenciales del ADC. El pin **PD** se utiliza para activar un modo *power-down* o de bajo consumo, el cual reduce la corriente de alimentación desde 100mA en el modo activo hasta 1.3mA. Esta condición se establece haciendo **PD=0**. El pin **AGND** es la conexión de tierra de la circuitería análoga, incluyendo el modulador delta sigma. El pin **DGND**, por su parte, es la tierra de toda la circuitería digital, excepto el reloj del modulador. La tierra de este último es el pin **MGND**, el cual debe ser conectado a la tierra análoga.

El pin **VA+** es la conexión de alimentación de la circuitería análoga y el pin **VM+** es la conexión de alimentación del modulador. Este último debe ser conectado a la fuente del sistema análogo. El pin **VD+** es la conexión de alimentación de la circuitería digital. Todas estas líneas de alimentación deben ser conectadas a tierra a través de un condensador paso de  $10\mu F \parallel 0.1\mu F$ .

El pin **SFMT** (*Serial Format*) es la línea de control del formato serial. El nivel lógico aplicado a esta entrada determina si el dato de la conversión extraído del pin **SDO** es válido en el flanco ascendente o descendente de la señal **SCO**. También controla el formato de la señal **FSO** (*Frame Sync Out*). Los pines **TM0** y **TM1** se utilizan para habilitar el modo de prueba durante el proceso de producción. Deben conectarse a la tierra digital (**DGND**).

El pin **FSI** (*Frame Sync Input*) se utiliza para sincronizar las conversiones del ADC con una fuente externa. Su estado se muestrea durante los flancos de bajada de la señal de reloj aplicada al pin **CLK**. Esta ultima fija la tasa de muestreo del modulador del ADC a  $FCLK/2$ . El rango de frecuencia puede estar entre 1MHz y 25 MHz.

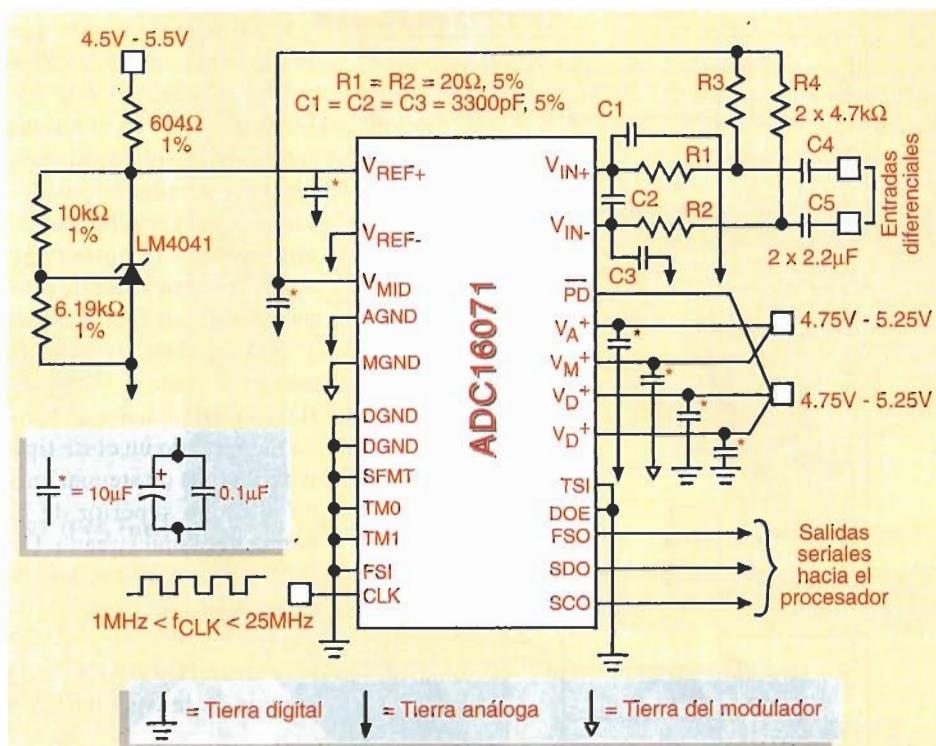


Figura 6. Diagrama de conexiones típico para el ADC16071

El pin **SCO** (*Serial Clock Output*) proporciona una señal con una frecuencia de  $FCLK/4$  sincronizada con la transmisión de datos serials del ADC. El pin **SDO** (*Serial Data Output*) es la salida serial de datos. El dato de conversión del ADC es desplazado fuera

de este pin en sincronismo con la señal **SCO**. El pin **FSO** (*Frame Sync Output*) se utiliza para sincronizar un dispositivo externo al *frame* de transmisión de datos del ADC. El formato de la señal en este pin depende del nivel lógico aplicado al pin **SFMT**.

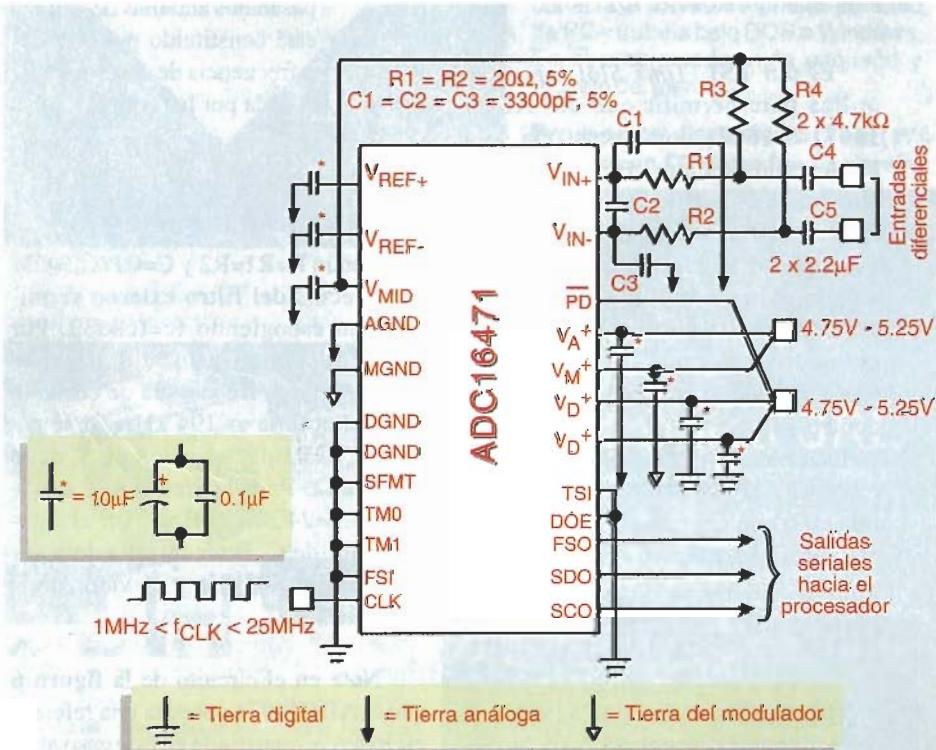
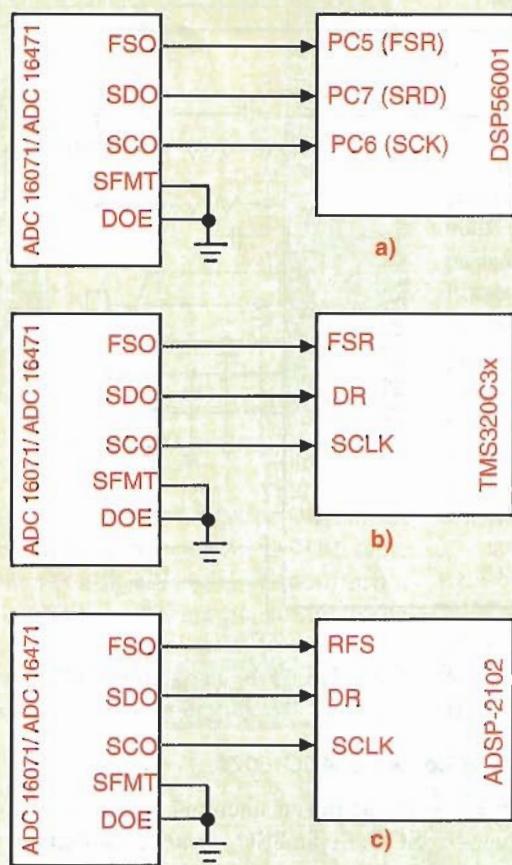


Figura 7. Diagrama de conexiones típico para el ADC16471



**Figura 8.** Conexión de los convertidores A/D 16071 y 16471 con DSPs populares. (a) Interface con DSP56001. (b) Interface con TMS320C3x. (c) Interface con ADSP-2101

El pin **TSI** (Time Slot Input) se utiliza para permitir que dos ADCs **16071** o **16471** comparten una sola línea serial de datos. El nivel lógico aplicado a esta entrada controla el estado activo del pin **DOE** del ADC. Finalmente, el pin **DOE** (Data Output Enable) es la línea de habilitación del chip. Se utiliza para controlar el *buffer* de salida *tri-state* de **SDO**. El estado activo de este pin es controlado por el nivel lógico aplicado al pin **TSI**. Tanto el **ADC16071** como el **ADC16471** generan una salida en complemento de dos determinada por la siguiente ecuación:

$$\text{CODIGO} = \frac{(\text{VIN}^+ - \text{VIN}^-)(32768)}{\text{VREF}^+ - \text{VREF}^-}$$

La señales aplicadas a **VIN+** y **VIN-** deben estar entre **VA+** y la tierra análoga. Para conversiones exactas, la diferencia absoluta entre **VIN+**

y **VIN-** debe ser menor que la diferencia entre **VREF+** y **VREF-**. Debido a la sobrecarga de **1s** en el modulador delta sigma, el desempeño se reduce considerablemente a medida que la amplitud de la entrada se approxima a su valor de plena escala. Los filtros comb y FIR del ADC se combinan para crear el filtro antialias de limitación de banda, generando un corte tipo pared (90dB de atenuación) en el rango superior de la banda base muestreada. De todas formas, es conveniente un filtro RC pasabajos externo para asegurar el mantenimiento de la eficiencia de la conversión.

En la **figura 6** se muestra el diagrama de conexiones típico de un sistema de conversión A/D desarrollado alrededor del **ADC16071**. Se asume que las entradas están acopladas en AC. Si este no es el caso, **R3**, **R4**, **C4** y **C5** pueden omitirse. El filtro RC pasabajos antialias de entrada está constituido por **R1**, **C1**,

**R2** y **C2**. La frecuencia de corte del mismo (**fc**) está dada por la fórmula

$$f_c(-3\text{dB}) = \frac{1}{(6\pi R C)}$$

siendo **R=R1=R2** y **C=C1=C2=C3**. Los efectos del filtro externo se minimizan escogiendo **fc=fclk/32**. Por ejemplo, si la frecuencia de reloj es 6.114 MHz, la frecuencia de corte de entrada óptima es 194 kHz. Si se escoge **C=3300pF**, el valor de **R** debe ser **82.5Ω**. Para la frecuencia máxima (**fclk=24.576 MHz**), con el mismo valor de **C**, la frecuencia de corte debe ser de 803kHz y el valor de **R** debe ser **20Ω**.

Note en el circuito de la **figura 6** que el **ADC16071** necesita una referencia externa, construida en este caso alrededor de un **LM4041-ADJ**. Este último se calibra para suministrar 2.0V a la en-

### Consideraciones especiales

Las diferencias radicales de la tecnología delta-sigma respecto a las tecnologías convencionales obliga a reconsiderar algunos conceptos clásicos. Estos incluyen:

- **Ganancia vs Intervalo de Entrada.** El término ganancia tiene significado, por ejemplo, cuando la entrada a un ADC es ±10V. Puesto que este no es el caso en un convertidor  $\Delta\Sigma$ , el parámetro relevante es ahora el intervalo de entrada.

- **Sobremuestreo y filtrado antialias.** En un ADC convencional es frecuentemente necesario muestrear a la tasa más baja posible para limitar la respuesta del sistema. Por esta razón, se requieren filtros pasabajos antialias de alto orden, con frecuencias de corte muy próximas al límite teórico (2:1). Las altas tasas de sobremuestreo (64:1) del sistema delta sigma eliminan prácticamente la necesidad de filtros de corte agudo.

- **Muestreo simultáneo.** En ADCs multiplexados se requiere muestreo simultáneo cuando se comparan en fase o en tiempo las muestras de cada canal. En un ADC delta sigma este concepto pierde literalmente todo su significado.

trada **VREF+**. En el caso del **ADC16471**, cuyo diagrama típico de conexiones se muestra en la **figura 7**, no se necesita una referencia externa puesto que esta viene incorporada en el dispositivo.

Para finalizar, en la **figura 8** se muestra la forma de conectar un ADC **16071** o **16471** con algunos procesadores digitales de señales (DSPs) populares, incluyendo el **DSP56001** de Motorola (a), el **TMS320C3x** de Texas Instruments (b) y el **ADSP-2101** de Análogo Devices (c). Note que no se necesita ningún tipo de lógica aglutinante. Además del procesamiento digital de señales análogas, otras aplicaciones importantes de estos dispositivos, y en general de los convertidores A/D delta sigma, están en las áreas de la instrumentación médica, los sistemas de control de procesos, los equipos automáticos de prueba (ATEs), el audio digital de alta tasa de muestreo, el análisis de vibraciones y ruidos, etc. Ω

# Programación avanzada

Parte 3



*Después de tener confianza con SysRPL y conocer plenamente su filosofía y modalidad de trabajo, entraremos en materia con temas más avanzados que son partes esenciales para el ensamblaje de aplicaciones un poco mas complejas y útiles.*

*Aspectos de suma importancia como ciclos o contadores y manejo de variables locales, son algunos de los aspectos básicos que se expondrán en este artículo. Para entenderlo bien, son esenciales los conocimientos previos acerca de SysRPL y obviamente de UserRPL, que se expusieron en artículos anteriores.*

FELIPE GONZÁLEZ G.

## Bucles

En la HP48 hay varias formas de hacer ciclos o contadores, ya que su flexibilidad permite adaptar el comando apropiado a la operación que se desee hacer. En el mundo de UserRPL existen los comandos, WHILE, FOR, DO UNTIL, etc., que son los medios para hacer ciclos allí. En SysRPL hay otros comandos diferentes que permiten ejecutar todas estas operaciones con algo más de flexibilidad, así que las expondremos a continuación.

A grandes rasgos, existen dos clases de bucles, definidos e indefinidos. Los bucles definidos se basan en un contador que se va incrementando a medida que se ejecuta un ciclo una y otra vez y cuando la variable contadora llega al valor final que es inicialmente especificado por el usuario, se finaliza el ciclo y se continúa la ejecución del código restante del programa o secundario. Estos se utilizan cuando se conoce el número exacto con el cual se debe ejecutar el ciclo. Los ciclos indefinidos son un poco diferentes, ya que su modo de operación no se basa en una variable de conteo, sino en una comparación lógica que mientras sea verdadera, el ciclo se realiza, y al volverse

falsa, este se aborta y continúa la ejecución del resto del programa; en este caso, no se sabe cuántas veces se va a ejecutar el ciclo; todo depende del momento en que se modifique el valor de la comparación que es la que controla si el ciclo de realiza o no.

## Bucles definidos

En SysRPL los bucles definidos son implementados con el comando de encabezado DO, que va complementado por otro par de comandos que completan su ejecución. En el entorno SysRPL existe un manejo interno de memoria que lleva la cuenta de los bucles; este se llama DoLoop, que es creado internamente cuando se ejecuta el comando DO. Con el fin de complementar a DO existen otros dos comandos básicos: LOOP y +LOOP.

Este ambiente crea internamente dos variables en memoria, el índice y el fin, es decir, va llevando la cuenta en la variable de índice de cuantas veces se ha realizado el ciclo y además tiene presente en otra variable el valor final o de parada del ciclo de forma tal que cuando el valor de la variable de índice alcance al valor final o de parada, se finaliza la ejecución del ciclo.

## DO (#073f7h)

Inicia el ambiente DoLoop, y el ciclo. Requiere dos bints como parámetros de entrada; en el nivel 2 el bint de parada y en el nivel 1 un bint inicial. Estos dos valores serán incluidos internamente en el ambiente DoLoop como las variables de índice y de parada del ciclo.

## LOOP (#07334h)

Este comando es análogo al NEXT de UserRPL y debe estar situado después del cuerpo del ciclo. Cada vez que se llame LOOP, se incrementará en 1 el valor de la variable índice del ciclo. Si hay varios ciclos anidados, se incrementa el valor del índice del ciclo más cercano.

## +LOOP (#073A5h)

Este comando es análogo a STEP en UserRPL, ya que permite incrementar la variable de conteo o índice en cantidades diferentes de 1 especificadas por el programador. Si el valor de incremento de +LOOP es mayor que el valor final, automáticamente se abortará la ejecución del ciclo.

Para ilustrar el uso de estos comandos veremos su sintaxis típica usando LOOP y +LOOP,

```
:::  
#10 #1 DO  
.codigo-ciclo..  
LOOP  
;
```

El programa anterior ejecuta 10 veces el código-ciclo; nótese que DO opera al contrario, es decir, toma primero el valor final y luego el inicial. Al llamar DO se crea el entorno DoLoop y se procede a ejecutar el código-ciclo; luego, al llamar LOOP, la variable de índice se aumenta en 1 y si es menor que el valor final, en este caso 10, entonces se ejecuta el código-ciclo otra vez hasta que la variable de índice alcance el valor final.

Para usar +LOOP en vez de LOOP, el programa quedaría de la siguiente forma:

```
:::  
#10 #1 DO  
.codigo-ciclo..  
2 +LOOP  
;
```

En este caso, el valor del índice se incrementa de 2 en 2 ya que este argumento alimenta al comando +LOOP. Es posible hacer que el código-ciclo suministre este valor y que el mismo lo cambie dependiendo del caso. Ahora bien, existen ciertas utilidades que permiten alterar y monitorear los valores del índice y de parada durante la ejecución de los ciclos haciendo más flexible este entorno que su contraparte en UserRPL.

#### INDEX@ (#07221h)

Devuelve el valor de la variable de índice del entorno DoLoop mas cercano, es decir devuelve un bint que indica en qué número va el contador.

#### INDEXSTO

Permite alterar el valor de la variable de índice del entorno DoLoop más próximo tomando un bint como parámetro de entrada.

Los comandos JINDEX@ y JINDEXSTO permiten ejecutar las mismas operaciones respectivamente, pero referidas al entorno DoLoop anterior, en el caso de que se usen

ciclos anidados. Para los valores de parada también existen comandos especiales:

#### JSTOP@ (#07249h)

Devuelve un bint que indica el valor de parada del entorno DoLoop más próximo.

#### JSTOPSTO (#07295h)

Almacena un nuevo valor de parada en el entorno DoLoop más cercano tomando un bint como parámetro de entrada.

JSTOP@ y JSTOPSTO cumplen las mismas funciones respectivamente pero aplicadas al entorno anterior.

En el siguiente programa, usaremos DO y +LOOP para hacer un barrido en frecuencia utilizando el comando setbeep.

```
:::  
#5000 #800 DO  
#10 INDEX@ setbeep  
#100 +LOOP  
;
```

#### setbeep (#141B2h)

Genera un tono de una duración y frecuencia determinadas y toma estos dos valores como parámetros de entrada. En el nivel 2 la duración en milisegundos, y en el nivel 2 la frecuencia en Hz; ambos argumentos deben ser bints.

En el programa anterior podemos observar que se utilizó INDEX@ para tener la variable de índice como parámetro de frecuencia de setbeep, ya que esta es variable y así se genera el efecto sonoro. También se utilizó +LOOP usando incrementos de 100 Hz en la frecuencia con el fin de hacer corto el programa; si se hubiera utilizado LOOP simple, se hubiera hecho un setbeep por cada frecuencia, ya que el incremento hubiera sido de uno en uno, trayendo como resultado 4200 beeps que harían el programa algo extenso en cuanto a ejecución se refiere.

#### Bucles indefinidos

Son una variación de los comandos de UserRPL while y do until y permiten realizar un ciclo un número de veces que está dado por el comportamiento

de una condición booleana; es decir, requiere como parámetro el resultado verdadero o falso de una comparación que permite decidir si el ciclo se realiza o no. Esto es muy útil ya que no siempre se va a saber con anterioridad el número de veces que debe repetirse una rutina determinada.

Como ejemplo, veremos dos estructuras básicas de ciclos indefinidos, usando WHILE y UNTIL. Ambas estructuras necesitan iniciarse con un operador que cumple una función similar a la de DO en los ciclos definidos; ese operador se llama BEGIN y se encarga de iniciar el entorno del ciclo. La sintaxis básica de estos comandos es:

```
::... BEGIN condicion-  
booleana WHILE cuerpo  
del ciclo REPEAT ...;
```

Esta estructura contiene dos pequeñas rutinas: condicion-booleana y cuerpo del ciclo. La condicion-booleana puede ser cualquier rutina que devuelva al final un FLAG como resultado de la evaluación de la situación que se esté haciendo de forma que si el FLAG es TRUE, se ejecuta el cuerpo del ciclo que puede ser cualquier rutina; REPEAT marca el final del cuerpo del ciclo y lleva al apuntador nuevamente hacia la condicion-booleana para ser evaluada otra vez y así sucesivamente hasta que esta última sea FALSE que es cuando se termina la ejecución cíclica y se continua con la ejecución del secundario.

Con WHILE es posible que no se ejecute el cuerpo del ciclo ni siquiera una vez que sería el caso que de entrada el FLAG que devuelve condicion-booleana, sea FALSE.

Sintaxis usando UNTIL:

```
:: ... BEGIN cuerpo del  
ciclo condicion-booleana  
UNTIL ... ;
```

Al usar este tipo de bucle, se presentan algunas diferencias con respecto a WHILE; la primera es que la comparación se hace después de haberse ejecutado el cuerpo del ciclo forzando a que este se ejecute siem-

pre al menos una sola vez. Notese también que el comando UNTIL tiene dos funciones: marcar el final del ciclo y además evaluar la condición-booleana que en este caso funciona al contrario, es decir, si es FALSE se ejecuta el ciclo nuevamente hasta que sea TRUE cuando se finaliza el ciclo. Otra forma de ver el modo de operación de esta estructura es viendo el código entre BEGIN y UNTIL como un todo que incluya el código del ciclo y la condición-booleana. En otras palabras, que el código del ciclo arroje un FLAG para ser evaluado por UNTIL y decidir si se repite o no el cuerpo del ciclo.

Puede parecer algo complejo el uso especialmente de UNTIL, por lo que ilustraremos con un ejemplo el uso de esta estructura:

```
:::  
BEGIN  
    #100 %RAN  
    %1000 %*  
    COERCE setbeep  
    %RAN % .5 %<  
UNTIL  
;
```

Este programa ilustra el uso de UNTIL y lo que hace es generar sonidos de frecuencia aleatoria entre 0 y 1Khz; luego hace otro random y si el número es menor que 0.5, se sale del ciclo. Nótese cómo el cuerpo del ciclo y la condición-booleana están en un mismo trozo de código.

### Manejo de variables locales

En UserRPL veímos cómo usar variables locales que obligatoriamente tenían que ser definidas al inicio de un programa. Estas nos servían para evitar la manipulación de datos en las diferentes posiciones de la pila, de forma que podíamos llamarlas por sus nombres en cualquier momento del programa, y este al finalizar, simplemente desechaba esas variables temporales. En UserRPL esto se hacia así:

```
<< -> a b c  
    << 5 a * 6 + c / b MOD >>  
>>
```

Este programa de UserRPL tomaba 3 argumentos de la pila y realizaba una operación algebraica con ellos, de forma que bastaba con llamar los nombres de las variables a, b y c que fueron definidas en un comienzo, para luego trabajar con ellas. Lo malo de esto es que era totalmente indispensable definirlas desde el principio y ello traía muchas limitaciones. En el mundo de SysRPL, el procedimiento análogo trae varias ventajas, ya que su flexibilidad es mucho mayor puesto que las variables locales pueden ser creadas y modificadas en cualquier punto del programa, no sólo en el principio del código.

En SysRPL lo que sucede es que se crea un entorno especial de memoria temporal dedicada exclusivamente al manejo de este tipo de variables, así que los comandos relacionados con este tema se centran en la directa manipulación de ese entorno de memoria.

Hay algunas consideraciones básicas que es necesario conocer antes de iniciar el manejo de estas variables y que difieren un poco de sus parientes de UserRPL; primero que todo estas variables están en una memoria temporal que hace que solo existan durante la ejecución del programa. Cuando estas se llaman, simplemente se ponen en la pila pero no son ejecutadas. Por último, una gran ventaja es que el proceso de almacenamiento de estas variables es mucho más rápido gracias a que residen en espacios de memoria temporales.

Para usar los entornos temporales de memoria se usan varias convenciones para darle nombre a esas variables, ya sea usando LAM o usando NULLLAM. Realmente no son comandos de SysRPL sino directivas del compilador que lo guían para hacer el uso de estas. LAM felipe, por ejemplo se refiere a un llamado a la variable local felipe, sin importar qué operación se vaya a realizar con dicha variable, ya sea para crearla, actualizarla o ver su contenido.

NULLLAM cumple exactamente la misma función pero está diseñado para salvar un poco de espacio, ya que al usar esta directiva no se referencian las variables por nombre, sino por su orden de creación. En otras palabras, si uso 3

NULLLAM's significa que tendré que referirme a las variables por un número de identificación que va de acuerdo a su orden de creación. Más adelante veremos ejemplos ilustrando estos casos.

### BIND (#074D0h)

Se encarga de crear un entorno temporal y requiere los siguientes parámetros en la pila:

```
obN ... ob2 ob1 { LAM nombreN  
... LAM nombre2 LAM nombre1 }
```

o usando NULLLAM:

```
obN ... ob2 ob1 {NULLLAMn ...  
NULLLAM2 NULLLAM1}
```

Donde cada NULLLAM corresponde a los objetos anteriores

### DOBIND (#074E4h)

Crea un entorno temporal usando un formato sin lista, de la siguiente forma:

```
obN ... ob2 ob1 LAM nombreN ...  
LAM nombre2 LAM nombre1 #N
```

Es casi igual a BIND pero en vez de usar la lista usa los nombres de las variables y el número de ellas, y su uso con NULLLAM:

```
obN ... ob2 ob1 NULLLAMn ...  
NULLLAM2 NULLLAM1 #N
```

### ABND (#07497h)

Abandona el entorno temporal más cercano, ya que al igual que en los ciclos, se pueden usar estructuras anidadas entre sí y no requiere ningún argumento en la pila. Para empezar a familiarizarnos con el tema, veamos un ejemplo sencillo que ilustre los comandos vistos hasta ahora.

El siguiente programa es muy simple: calcula la ganancia de una etapa de emisor común de un transistor bipolar (BJT); requiere 3 datos en la pila, IC (corriente de polarización), RE(Resistencia en el emisor) y RC(Resistencia en el colector). Como sabemos, esto se calcula con la expresión:

$$Av = \frac{-RC}{RE + Vt/IC}$$

Tomaremos de la pila los valores de RC, RE e IC respectivamente, para mantener este orden.

```
::
  ØLASTOWDOB!
CK3NOLASTWD
CK&DISPATCH1 3REAL
::
{
  LAM RC
  LAM RE
  LAM IC
}
BIND
::
%0 LAM RC %-
LAM RE %0.025
LAM IC %/ %+%
;
ABND
;
```

Lo que se hizo aquí fue: primero chequear que haya 3 argumentos, luego insistir en que fuesen números reales y de ser así pasar a la ejecución del programa que se inicia leyendo los tres datos de la pila y creando un entorno temporal con BIND que toma como parámetros los nombres de las variables locales y los valores de la pila y luego de ser creado, entramos a la parte operativa del programa donde se hacen los cálculos. Note que el llamado a las variables se hace usando LAM nombre de igual forma y finalmente usamos ABND para liberar la memoria.

Por ejemplo, si queremos alterar el contenido de una de estas variables durante el programa, es necesario usar el comando STO que permite almacenar un nuevo valor en una variable temporal o local. Para usar STO con variables locales, lo hacemos de la siguiente forma:

```
:: ... objeto ' LAM nombre
STO ... ;
```

El operador ' pone el siguiente objeto en la pila pero no lo evalúa de esta forma cuando se pone la orden LAM nombre y no se llama el contenido de la variable local nombre, sino se pone en la pila LAM nombre de forma que

STO se ejecuta tomando como parámetros el objeto en el nivel 2 y la variable en el nivel 1.

Ahora bien, si queremos usar NULLLAM, es necesario usar otros comandos para realizar los procedimientos de lectura y almacenamiento de estas variables.

#### PUTLAM (#075E9h)

Almacena en una variable y toma dos parámetros de la pila, un objeto y un bint que significa el número de la variable a donde se va a guardar el objeto del nivel 2.

#### GETLAM (#075A5h)

Llama el contenido de una variable cuyo número se toma como un bint del nivel 1 de la pila.

Existen comandos resumidos en una sola pieza que abrevian el uso de GETLAM y PUTLAM, incorporando el número de referencia y la orden GETLAM o PUTLAM.

Algunos de estos comandos son los siguientes:

```
1PUTLAM, 2PUTLAM, ... 22
PUTLAM y 1GETLAM, 2GETLAM,
... 22GETLAM
```

Por ejemplo 2PUTLAM solo requiere como parámetro un objeto cualquiera que va a ser almacenado en la variable 2 del entorno temporal.

Reescribiendo el programa anterior con NULLLAM quedaría:

```
::
  ØLASTOWDOB!
CK3NOLASTWD
CK&DISPATCH1 3REAL
::
{
  NULLLAM
  NULLLAM
}
BIND
::
%0 ResCol %-
ResEmis %0.025
corriente %/ %+%
;
ABND
;
```

```
3GETLAM IC %/ %+%
%/
;
ABND
;
;
```

En un programa largo que requiere el uso de muchas variables temporales, se puede volver muy complicado el manejo de estas ya que se convertiría en un rompecabezas de GETLAMs y PUTLAMs para manejar estas variables. Imagínese usted un programa con 20 variables locales que no es mucho; tocaría llevar aparte la cuenta del significado de cada variable para no enredarse uno mismo con su propio código.

Existe en SysRPL una utilidad del compilador que permite llevar la pista de todas las variables y de su operación usando un nombre suministrado por el usuario; esto se hace con el comando DEFINE que permite darle nombres a GETLAM o PUTLAM, de forma que se simplifica el proceso de manipulación de variables, y además se hace más fácil la depuración. Apliquemos DEFINE a nuestro programa anterior.

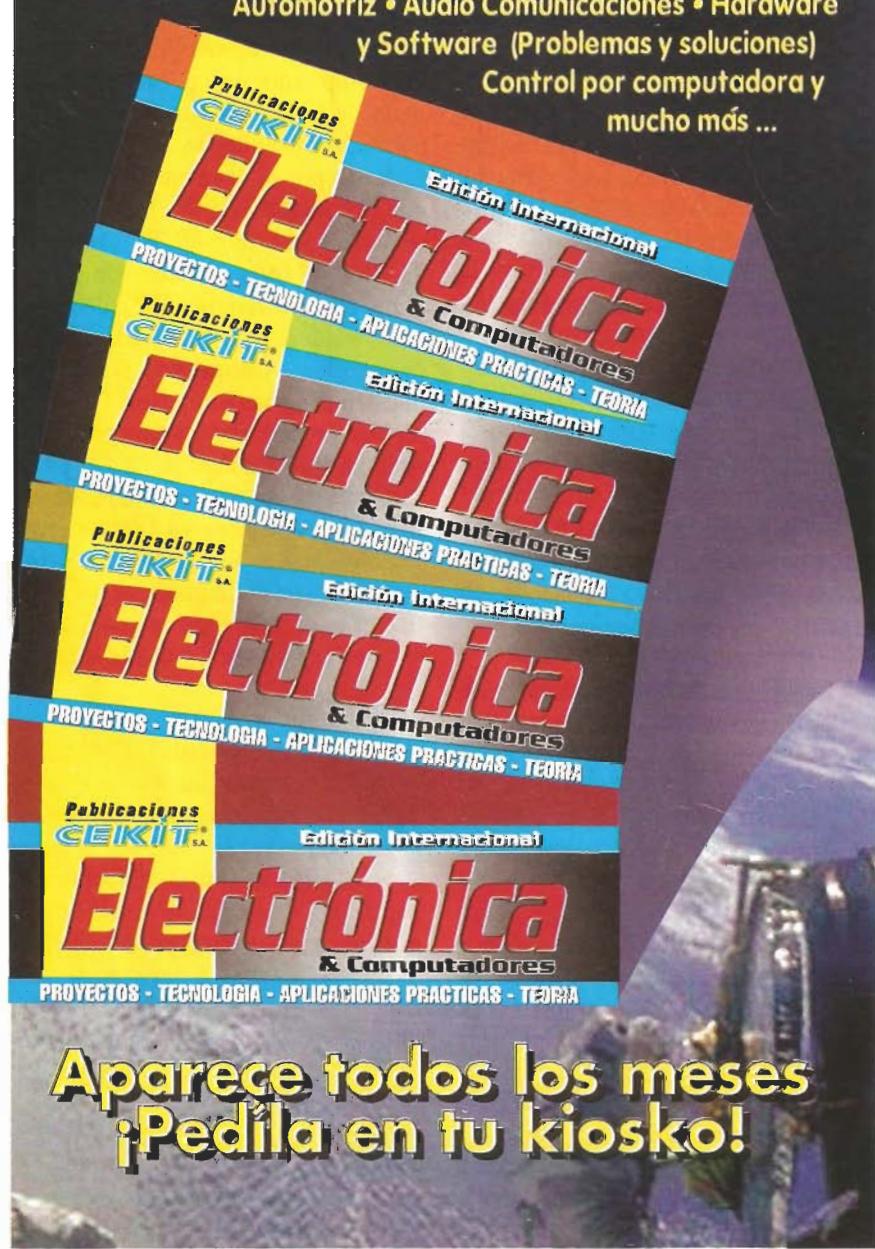
```
DEFINE ResCol 1GETLAM
DEFINE ResEmis 2GETLAM
DEFINE corriente 3GETLAM
::
ØLASTOWDOB!
CK3NOLASTWD
CK&DISPATCH1 3REAL
::
{
  NULLLAM
  NULLLAM
  NULLLAM
}
BIND
::
%0 ResCol %-
ResEmis %0.025
corriente %/ %+%
;
ABND
;
```

**Sólo el SABER te lleva  
a dónde tú quieras llegar...**

**Lo último en tecnología  
a su alcance !**

Proyectos • Tecnología • Internet Práctico • Automatización Industrial • Robótica • Bioelectrónica • Electrónica

Automotriz • Audio Comunicaciones • Hardware y Software (Problemas y soluciones)  
Control por computadora y mucho más ...



Aquí usamos DEFINE para hacer los llamados a las variables; nótese que el uso de DEFINE se hace al principio del programa inclusive antes de iniciar el secundario, es decir, antes de abrir delimitadores (:) de inicio de programa. DEFINE se puede usar también con PUTLAM y al hacer el llamado del nombre que se uso con DEFINE, se ejecuta PUTLAM; de esta forma, se lleva la pista de las variables a lo largo de un programa extenso sin mayor dificultad. A continuación veremos otros comandos relacionados con el manejo de variables locales:

#### 4NULLLAM{} (#52D26h)

Devuelve una lista que contiene 4 NULLLAMs

#### @LAM (#07643h)

Busca una variable tomando como parámetro un nombre; si la variable con ese nombre existe, entonces devuelve el contenido y TRUE; si no existe, devuelve FALSE.

#### CACHE (#61CE9h)

Toma n objetos de la pila y crea un nuevo entorno temporal con ellos guardando cada uno con su nombre apropiado; sirve para reemplazar a DOBIND. Su sintaxis es la siguiente:

objn ... obj1 n nombre

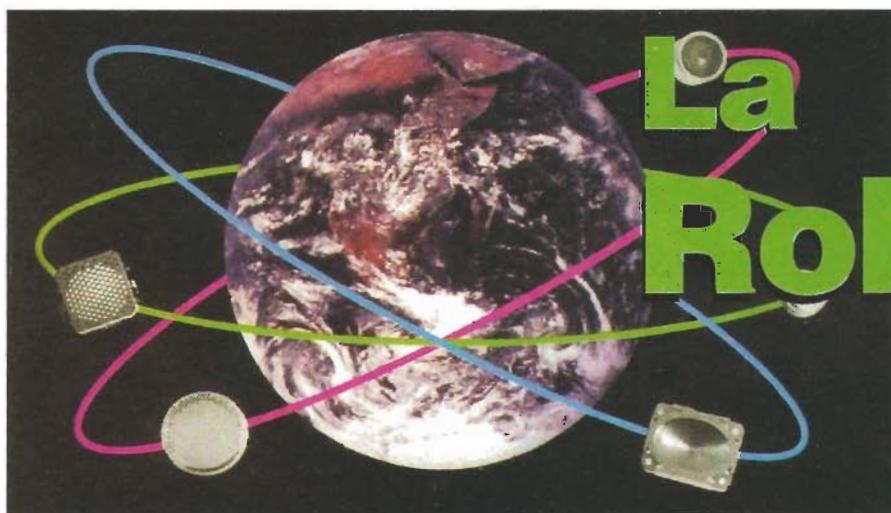
#### 1GETABND (#634B6h)

Resume dos comandos en uno reduciendo el tiempo de procesamiento, es equivalente a 1GETLAM ABND.

En este artículo se vió el uso de ciclos y de manejo de memoria con variables temporales que es muy importante no sólo para hacer compactos los programas en SysRPL, sino también para irse familiarizando con el manejo de memoria que va a ser pieza clave cuando veamos programación en ASSEMBLER. En el siguiente artículo nos dedicaremos a concluir el manejo de memoria de la HP48 tratando temas que no se ciñen exclusivamente al manejo de variables y también entraremos a operar el modo gráfico que es donde se empezarán a ver las grandes bondades de SysRPL comparado con UserRPL.

Preguntas, Dudas ?

fgonzale@openway.com.co



# La Robótica

FELIPE GONZÁLEZ G.

Para que los robots puedan detectar el ambiente físico en el cual actúan, requieren unos elementos especiales llamados sensores. Estos pueden ser tan simples como una fotocelda hasta un sensor de posición por satélite (GPS) o una cámara de video miniatura de alta resolución. En este artículo veremos algunos de los principales tipos de sensores y varios de sus modelos específicos.

## Sensores para los Robots. Parte 1

### Introducción

Hasta ahora hemos visto algunas de las principales partes mecánicas y eléctricas de los robots y algunos circuitos electrónicos utilizados para manejarlas. Sin embargo, estas partes por sí solas no cumplen una función propiamente dicha de robot. Como los robots incluyen acciones y movimientos, inclusive con desplazamientos largos, se deben tener ciertos elementos que establezcan y determinen si estas acciones y movimientos se están realizando de acuerdo a lo planeado o a un comportamiento previamente establecido. Además, se debe conocer de cierta forma, cuál es el ambiente en el cual se

encuentra el robot y ante qué condiciones debe responder.

Esta capacidad de cierta "inteligencia" o conocimiento se debe iniciar en alguna o algunas partes del robot. Es por eso que los robots deben incluir una serie de "sensores" que como su nombre lo indica, sensan o establecen qué pasa a su alrededor con el fin de tomar ciertas determinaciones ya sean manuales o programadas. Es en este momento cuando los robots van tomando ciertas características, que aunque rudimentarias, se asemejan a los sentidos propios de los seres vivos.

### Qué es un sensor

Los sensores utilizados para los robots, y en electrónica en general, son elementos electromecánicos o electrónicos que pueden medir parámetros físicos o de índole similar y entregan una señal eléctrica en forma de corriente o voltaje que representa ese parámetro, figura 1. En muchas ocasiones los sensores reciben el nombre de transductores ya que convierten un tipo de energía en otro. Por ejemplo, un sensor de luz simple convierte la energía luminosa que recibe, en una corriente eléctrica proporcional a su intensidad.

Los órganos de los sentidos de los seres vivos, aunque mucho más sofisticados, cumplen la misma función llevando señales de corriente muy débiles a través del sistema nervioso al cerebro, el cual, dependiendo de su valor y naturaleza, toma una decisión ya sea consciente o inconsciente.

Desde este punto de vista, debemos diferenciar entonces entre el hecho de sensar y el hecho de tomar una decisión. Los sensores, por lo tanto, solamente detectan una variable o fenómeno físico y entregan una señal equivalente a esa variable, dejando a otra par-

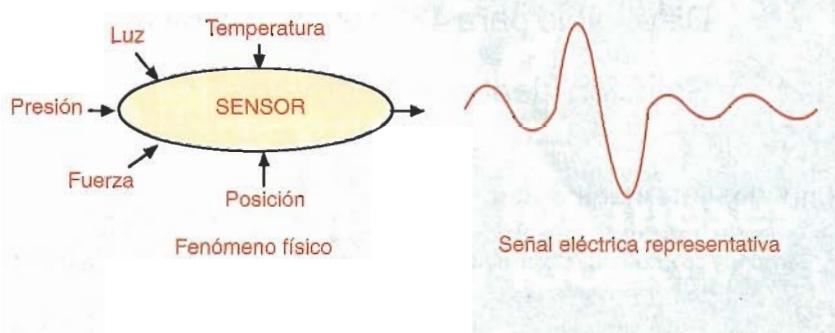


Figura 1. Principio básico de un sensor

te del robot, en este caso al control, la tarea de ejecutar las acciones correspondientes de acuerdo a un programa. De la cantidad y calidad de los sensores y de la capacidad de control (hardware y software), depende en gran parte la “inteligencia” de un robot.

Por lo general, entre los sensores y el control, existe un circuito adicional llamado interface o acondicionador de señal, figura 2, ya que cada tipo de sensor produce una señal diferente ya sea en amplitud, forma, etc. y el control solamente recibe señales de tipo digital y preferiblemente bajo un mismo protocolo. Es ahí donde aparecen los convertidores análogo/digitales (A/D), digitales/análogos (D/A), los eliminadores de rebote, los filtros, los amplificadores de instrumentación, etc., temas que trataremos en otro artículo.

### Principales tipos de sensores para robots y sus características

Existe una gran diversidad de sensores casi como fenómenos físicos y sus variaciones existan y de cada tipo también hay una buena variedad según el sistema o principio que utilicen para convertir lo que reciben en las señales apropiadas para que sean útiles al control. En este caso sólo veremos los principales tipos y algunas de sus variaciones que consideramos aptas para su aplicación en la robótica experimental. Como ya lo mencionamos, los circuitos de interface los analizaremos más adelante. Entre estos tenemos los sensores de luz, de sonido, de tacto, de calor, de posición, de visión artificial, de distancia o proximidad, de obstáculos y de elongación o estiramiento, entre otros.

### Sensores de luz

Como su nombre lo indica, los sensores de luz entregan una señal eléctrica directa o indirectamente, correspondiente a la cantidad de luz que incide o llega sobre su superficie. Por medio de esta propiedad es posible detectar si es de día o de noche o si el robot se acerca a un objeto, a una línea blanca en el piso u otras aplicaciones que veremos más adelante.

Hay diferentes tipos de sensores de luz desde el más simple como la fotocel-

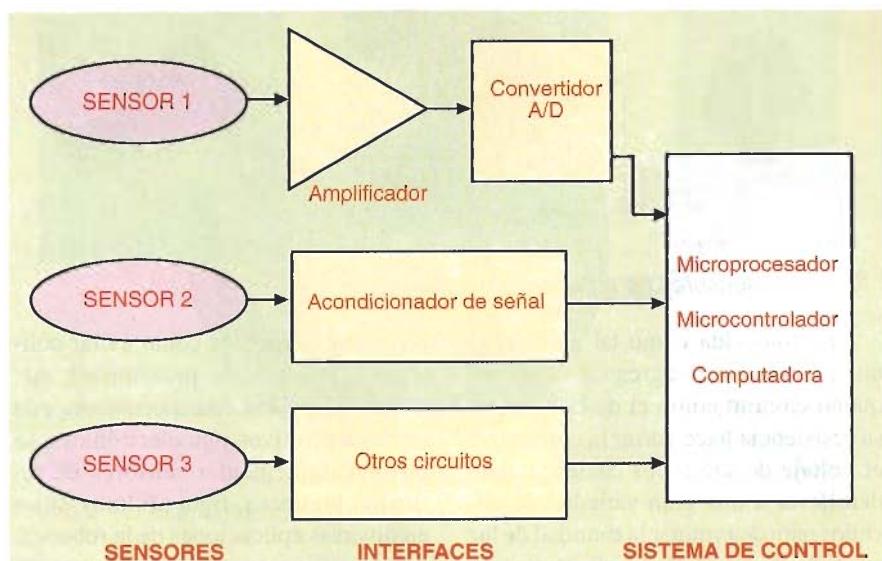


Figura 2. Conexión de los sensores al circuito de control

da o sensores modernos que pueden determinar con gran precisión el color y la intensidad de un rayo luminoso que les llegue. Un tipo de sensor de luz ya muy sofisticado es la cámara de video tipo CCD (Charged Coupled Device) y de la cual hablaremos más adelante, que entrega una señal digital correspondiente a una imagen completa con gran resolución.

### Las photoceldas

Una photocelda, figura 3, es un dispositivo electroquímico cuya resistencia en ohmios depende de la cantidad de luz que le llegue a su superficie la cual está construida de Sulfuro de Cadmio. Por este comportamiento se dice entonces que es una resistencia variable cuyo valor en ohmios es muy alto, del orden de los megohmios ( $M\Omega$ ) cuando no hay luz y muy bajo, del orden de los ohmios o cientos de ohmios ( $\Omega$ ) cuando recibe una luz intensa en su superficie.

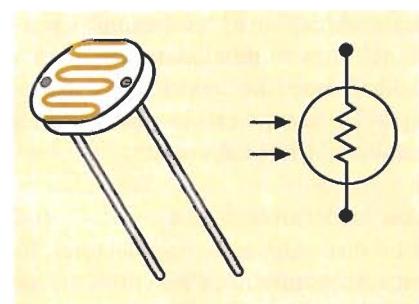


Figura 3. Aspecto físico y símbolo de una photocelda

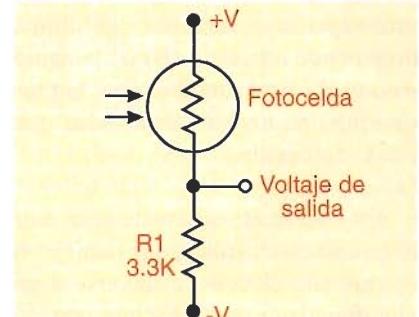


Figura 4. Circuito básico para una photocelda

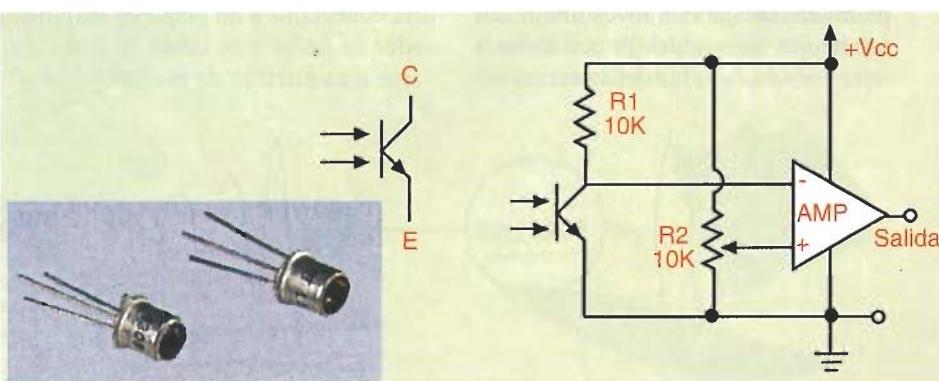
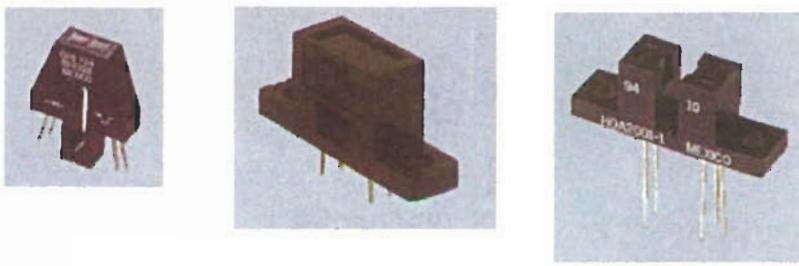


Figura 5. Aspecto físico, símbolo y circuito básico de un fototransistor



**Figura 6.** Sensores de reflexión luminosa

La fotocelda como tal no entrega una corriente pero agregándole un pequeño circuito como el de la figura 4, su resistencia hace variar la corriente o el voltaje de salida los cuales se pueden llevar a una gran variedad de circuitos para determinar la cantidad de luz recibida. En un determinado momento podemos implementar un ojo electrónico rudimentario utilizando una matriz de fotoceldas cuya "resolución" depende del número de ellas instaladas. La salida de este "ojito" podría llevarse a un circuito que convierta las señales en un patrón de detección visual.

### Los fototransistores

Estos dispositivos semiconductores, figura 5, permiten un mayor o menor paso de corriente entre sus terminales emisor y colector (E y C) dependiendo de la cantidad de luz que llega a su parte superior o ventana. Esta última corresponde a la base (B) o elemento de control y posee un lente que le proporciona una mayor sensibilidad que la de la fotocelda.

Esta corriente se puede convertir fácilmente en un voltaje que maneje un determinado circuito o llevarse a un valor digital que pueda ser interpretado por un microprocesador o un microcontrolador. Los fototransistores también permiten trabajar con rayos luminosos infrarrojos no visibles lo que evita la interferencia de la luz del ambiente so-

bre ciertos procesos como evitar colisiones, sensores de proximidad, etc. Combinando los fototransistores con otros dispositivos optoelectrónicos, se pueden implementar sensores de reflexión luminosa, figura 6, muy útiles en diversas aplicaciones de la robótica.

### Los sensores de sonido (Reconocimiento de la voz)

Uno de los grandes deseos de los diseñadores de robots es que éstos nos puedan oír y ejecutar órdenes habladas. La primera parte, o sea la de escuchar ya está resuelta hace mucho tiempo por medio de los micrófonos y para los efectos de la voz humana los hay de muchas variedades y calidades. Como sabemos, un micrófono recibe las ondas sonoras (presión de aire variable) y las convierte en señales eléctricas proporcionales a ellas, figura 7.

Para este proceso se utilizan diferentes técnicas que no es el momento de explicarlas y dependiendo de ellas los micrófonos reciben el nombre de dinámicos, de carbón, electret, etc. Para el uso en los robots experimentales, se pueden utilizar sin ningún problema micrófonos tipo electret, figura 8, que son pequeños, livianos, de bajo costo, muy sensibles y fáciles de utilizar. La salida de estos micrófonos podría conectarse a un pequeño amplificador de audio y la salida de éste llevarse a un circuito de reconocimiento

de voz, por ejemplo el cual, a su vez, entregaría las señales correspondientes al circuito de control.

### Sensores de tacto

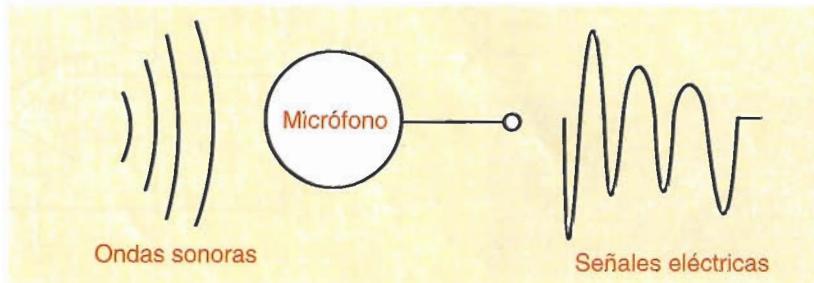
El sentido del tacto es uno de los más complejos en los seres vivos ya que por medio de él podemos determinar un tipo de superficie o material, por ejemplo, así como la fuerza que debemos ejercer sobre algo para moverlo o levantarla. En este caso, reemplaza o complementa muchas veces el sentido de la vista.

En robótica, la implementación de este tipo de sensores, llamados también de presión, es muy importante ya que podemos con ellos detectar la presión en un sistema de agarre o la presencia de una determinada superficie u objeto. Una vez que el control tenga esta información, puede establecer una mayor o menor fuerza sobre el objeto que se está manipulando.

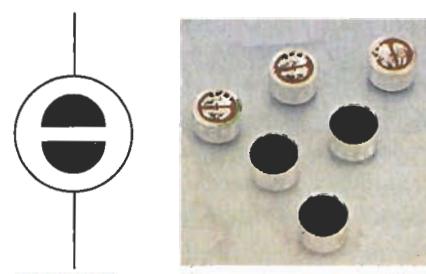
Existen en el mercado varios tipos de sensores de tacto o presión pero su costo es alto, por lo que podemos tratar de fabricar inicialmente, sensores de este tipo experimentales como el que se muestra en la figura 9. En este modelo, el elemento sensor es una pieza de espuma conductora cuya resistencia eléctrica varía de acuerdo a la presión ejercida por las placas metálicas que la sujetan en forma de sandwich. La salida de la resistencia se toma en las dos láminas conductoras las cuales van aisladas por dos láminas de plástico o algún material similar.

### Sensores de posición

Establecer la posición de un robot en un determinado momento es una de las operaciones que debemos realizar prioritariamente en un sistema de control de este tipo. Hay dos tipos de posición,



**Figura 7.** Principio básico de un micrófono

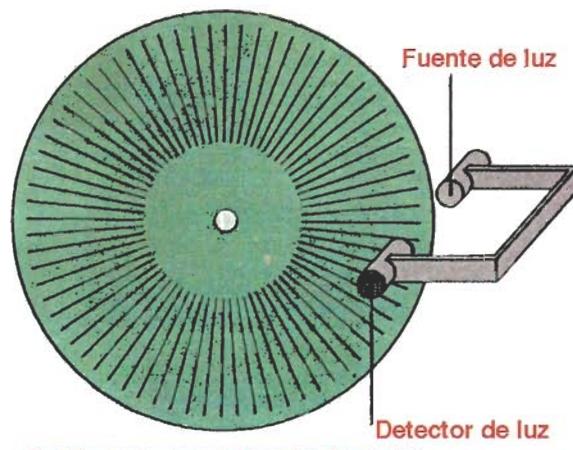


**Figura 8.** Micrófono electret. Aspecto físico y símbolo

la relativa que está ligada a una posición inicial, es decir cuánto avanzó hacia adelante, hacia atrás, a un lado, en cuanto a longitud y ángulo, etc., con relación a esa posición inicial, o una posición absoluta, es decir, determinar en qué coordenadas o sitio se encuentra el robot en un momento dado.

La primera medida es más fácil de establecer simplemente llevando una cuenta en el circuito de control de cuantas vueltas han dado las ruedas y que ángulos de dirección ha girado las ruedas de dirección. Si se han utilizado motores paso a paso la medida puede ser todavía más fácil contando el número de grados que se han hecho girar esos motores. Si hay reducciones por medio de engranajes, se debe tener en cuenta que relación se ha establecido entre las ruedas y el motor.

Si se utilizan motores DC, se deben utilizar circuitos detectores de posición. Estos últimos se pueden implementar por medio de codificadores ópticos (shaft encoders), formados básicamente por unas ruedas o círculos que tienen pintadas o dibujadas una serie de líneas o divisiones en color negro sobre fondo blanco, las cuales pueden reflejar o no la luz



**Figura 10.** Elementos básicos de un codificador

de una fuente luminosa. Estas variaciones de luz se detectan por medio de fototransistores generando una serie de pulsos que corresponden a las vueltas giradas. En la figura 10 se muestran los principales elementos de uno de estos sistemas.

También podrían utilizarse discos perforados similares a los de los ratones de las computadoras por los cuales se hace pasar un rayo luminoso el cual al interrumpirse genera unos pulsos.

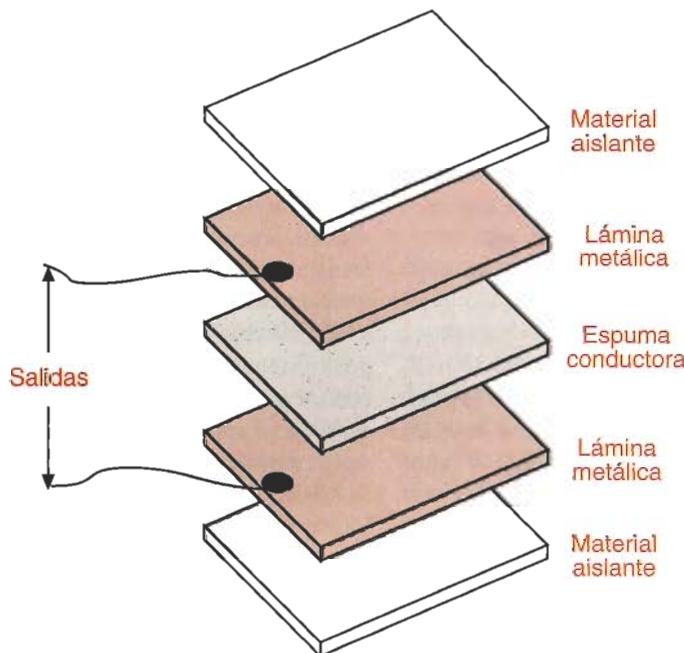
### Compases electrónicos

Otra forma moderna de establecer la posición de un robot, por lo menos

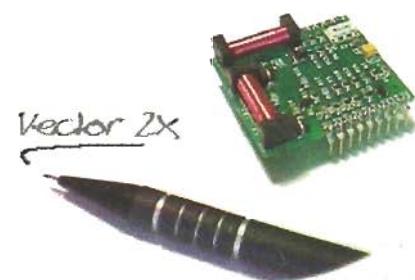
en cuanto al ángulo se refiere, son los compases o brújulas electrónicas, figura 11, que ya se están popularizando en el mercado. Estos sensores, entregan una señal digital correspondiente a la orientación geográfica actual (Norte, sur, oeste, este y sus posiciones intermedias) así como los grados exactos en los modelos más sofisticados.

### El sistema GPS o de posicionamiento global

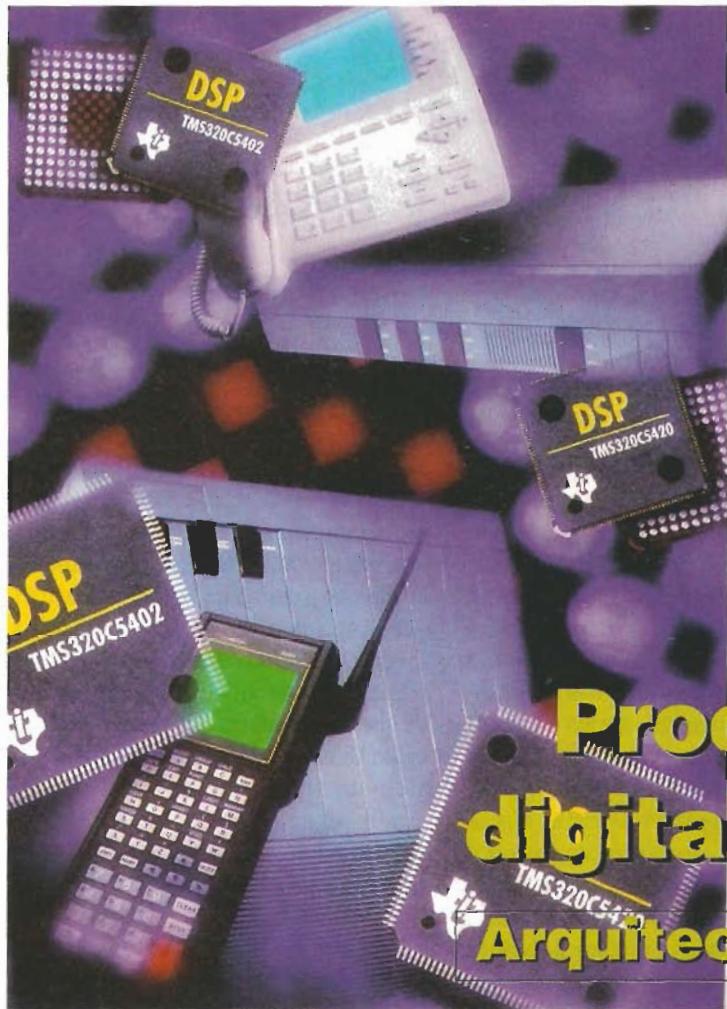
Este sistema, derivado de la electrónica militar, establece por medio de una serie de satélites la posición con una exactitud bastante buena en grados de latitud de un objeto. Hace pocos años esta tecnología estaba muy limitada y era costosa, pero actualmente se ha ido popularizando y los costos han bajado por lo que podríamos pensar que un robot más o menos sofisticado podría incluir un sistema de GPS para establecer en todo momento cuál es su posición absoluta, lo que sería muy útil. Este tema se ha tratado en entregas anteriores de esta revista en cuanto a sus conceptos básicos y lo ampliaremos en próximas ediciones.  $\Omega$



**Figura 9.** Sensor de tacto experimental



**Figura 11.** Compás electrónico



# Procesadores digitales de señal

**Arquitectura y Desempeño**

MARIO ANDRÉS CÓRDOBA G.

*Continuando con nuestra serie de artículos sobre DSP, en esta oportunidad vamos a referirnos a lo que es el procesador digital de señal como tal, su arquitectura, desempeño, y esbozaremos un análisis comparativo entre ellos y los procesadores convencionales.*

## Introducción

Los DSP se han utilizado principalmente en aplicaciones de avanzada tecnología, por lo que tal vez no sean sistemas tan convencionales como los microprocesadores. Actualmente, los desarrollos basados en estos procesadores están creciendo cada vez más, pues ahora se incluyen dentro de equipos muy "familiares" como televisores, equipos de sonido, e incluso juguetes.

Los DSP se caracterizan por su gran capacidad computacional en el manejo de algoritmos de proceso digital, alto grado de paralelismo entre sus elementos funcionales y por tener arquitectura Harvard, tema que trataremos más adelante. Una de las tendencias actuales de los DSP es incluir cada vez, más rasgos propios de microprocesadores generales como son: gran capacidad de direccionamiento de memoria, puertos I/O, ti-

mers y un amplio conjunto de registros, entre otros. Ellos han mejorado los tiempos de respuesta a las interrupciones y el tiempo de conmutación se ha disminuido considerablemente, en algunos casos, mediante la incorporación de más bancos de registros; también uno de los avances cruciales ha sido el aumento de la memoria interna. Todas estas características permiten la incorporación de los DSP a sistemas dedicados (*Embedded*), posibilitando combinar funciones de control y proceso en tiempo real sobre el mismo dispositivo.

## Arquitectura de los DSP

La arquitectura de los DSP permite que ellos posean características muy especiales, la primera de ellas es la capacidad de resolver rápidamente ecuaciones de la forma:  $a = bX + b$ , manipulando grandes cantidades de datos a través de los buses. La segunda característica

de un DSP es su configuración de memoria, incorporando dentro de si módulos que funcionan a gran velocidad. Como una tercera característica podemos citar su bajo consumo de energía, lo que permite utilizar baterías convencionales (pilas) como fuente de alimentación sin que esto limite la autonomía de operación de los dispositivos.

Los DSP basan su organización interna en lo que se denomina *Arquitectura Harvard*, figura 1, la cual emplea dos sectores de memoria por separado: uno para los datos y otro para programas. De igual manera hace uso de dos buses diferentes: el primero para el tráfico entre la unidad central de proceso CPU y los datos, y el segundo para la transferencia de información entre la memoria de programas y la CPU, permitiendo así mover instrucciones y datos simultáneamente.

Los DSP contienen cinco elementos o unidades básicas: la unidad aritmética lógica ALU, la unidad de memoria, la unidad de control y las unidades de entrada y salida. En la figura 2 podemos observar la interconexión de estos elementos, indicando con las flechas el sentido en el cual fluyen los datos e información, al igual que las señales de control. Apoyándonos en la misma figura describiremos en forma breve y concisa cada una de las partes que la conforman:

**Unidad aritmética lógica o ALU.** Es el sector del procesador en donde se ejecutan las operaciones aritméticas y lógicas entre los datos, generalmente trabaja usando palabras de 16 bits. El tipo de operación que se realizará se determina a través de las señales provenientes de la unidad de control. Los datos utilizados por la ALU podrán provenir tanto de los bancos de memoria como de las interfaces de entrada. Una vez se realizan las operaciones sobre los datos, la ALU puede transferir los resultados al acumulador, figura 3.

**La unidad de memoria.** Aquí se guarda el código binario (grupos de dígitos) que representa las instrucciones, las cuales serán ejecutadas por el sistema DSP, y los datos que serán procesados

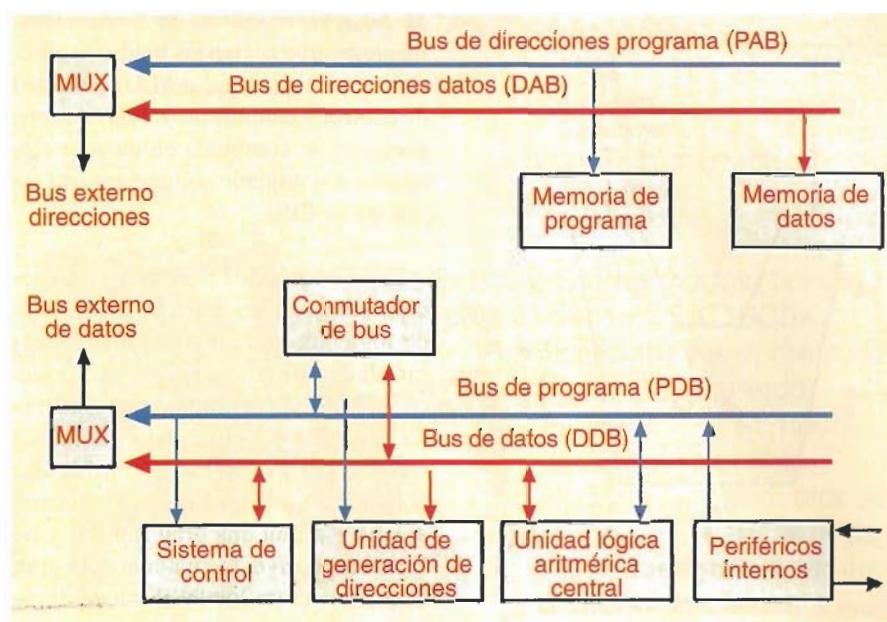


Figura 1. Diagrama en bloques de la arquitectura Hardware

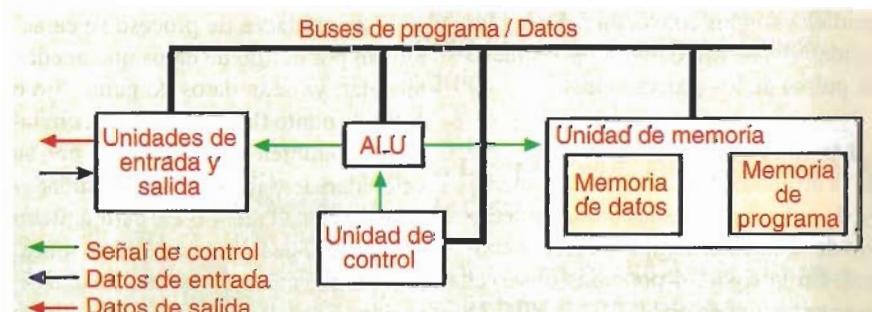


Figura 2. Elementos básicos constitutivos de un DSP

Memoria de programa	Memoria de datos
Espacio para vectores de interrupción	Espacio para registros asociados a periféricos
Memoria interna	Memoria interna
Memoria externa	Memoria externa

Tabla 1. Memoria de datos y programa

por el programa. La operación de la memoria es manejada por la unidad de control, seleccionando la operación a realizar (lectura/escritura). En la tabla 1 podemos apreciar la configuración del sistema de memoria, tanto de datos como de programa, para un procesador digital de señales.

**Unidades de Entrada y Salida.** La unidad de entrada está conformada por los dispositivos que le permiten adquirir datos al sistema DSP. A través de estos elementos se hace posible la captura de datos de cualquier fenómeno físi-

co (previo acondicionamiento de señal), para ser procesados. Al igual que en los anteriores casos, la unidad de control juega un papel importante pues determina hacia donde debe dirigirse la información leída. Algunos dispositivos de entrada muy comunes en los sistemas DSP son los conversores A/D, los timers, y los puertos de comunicación.

Por otro lado, la unidad de salida consta de elementos utilizados para transferir los datos hacia el exterior del sistema. Estos dispositivos son igualmente manejados por la unidad de con-

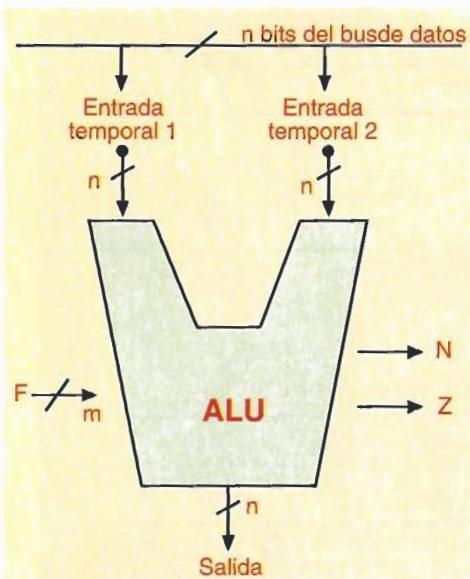


Figura 3. Esquema de una unidad lógica aritmética ALU

trol. Los ejemplos más claros de estas unidades son los conversores D/A y las salidas PWM (modulación por mncho de pulso) de los procesadores.

**La unidad de control.** Es parte vital de la arquitectura de un DSP, se encarga de gobernar todas las unidades a través de señales de temporización y control. En la figura 4 podemos observar la arquitectura de un DSP TMS320C25

de *Texas Instruments*, en la que claramente se diferencian las unidades anteriormente descritas. La ALU, la unidad de control y algunos otros registros importantes se combinan en un solo elemento denominado *unidad central de proceso* o CPU.

No podríamos concluir esta sección sin tocar un aspecto importante de los DSP: su unidad de multiplicación/acumulación, mejor conocida como *MAC*. Esta unidad es considerada el núcleo del procesador digital de señal y gracias a ella es posible dar solución a las ecuaciones de la forma:  $a = bc + d$  con una gran rapidez y de forma repetitiva, lo cual marca la gran diferencia entre los DSP y los microprocesadores convencionales, pues éstos últimos carecen de dicha unidad.

Las unidades de proceso se caracterizan por el tipo de datos que pueden manejar, ya sean datos de punto fijo o datos de punto flotante. Aunque, obviamente, también se diferencian por su velocidad de trabajo y por las unidades especializadas que posea para agilizar las operaciones. En la tabla 2 se muestran algunos elementos de esta clasificación. Entre los DSP de punto fijo se

encuentran el TMS320C2X o C5X de *Texas Instruments* y el DSP56XXX de *Motorola*, en la clase de punto flotante el TMS320C3X de *Texas Instruments* y el DSP96002 de *Motorola*.

Podemos referirnos a la velocidad de un DSP mediante la especificación en MIPS (millones de instrucciones por segundo), lo que equivale a medir la cantidad de instrucciones que es capaz de realizar el procesador en un segundo de tiempo. De igual manera, y gracias al alto grado de paralelismo que ofrecen los DSP (lo que implica la realización de operaciones simultáneas en una unidad de tiempo), podemos también expresar la velocidad como función del número de operaciones en MOPS (millones de operaciones por segundo). Para aclarar lo anterior, y como complemento informativo, podemos referirnos a la tabla 3, en donde encontraremos algunos valores característicos de velocidad y desempeño de algunos DSP de diferentes fabricantes.

#### Desempeño de un DSP

Cuando un DSP soporta una combinación de funciones de control y proceso, los requerimientos se hacen divergentes. Por un lado, ha de procesar un gran número de interrupciones con el mínimo tiempo de retardo entre la entrada y el instante en que los resultados estén disponibles, algo propio de un tratamiento en tiempo real; por otro lado, ha de manejar funciones de control a nivel de sistema.

Para manipular adecuadamente ésta situación, se ha recurrido al uso de sistemas operativos o *microkernel* de tiempo real. Estos normalmente reúnen un núcleo multitarea con un conjunto de servicios que controlan los recursos del sistema. Gracias a éste núcleo, se pueden ejecutar múltiples procesos en forma jerárquica, designando en cada tarea un cierto nivel de prioridad, según su importancia, permitiendo una adecuada utilización de la CPU.

En general, la necesidad de un sistema operativo depende de la(s) tarea(s) que se realice(n). En tareas simples, donde se ejecuta siempre una sola función repetitiva o donde las

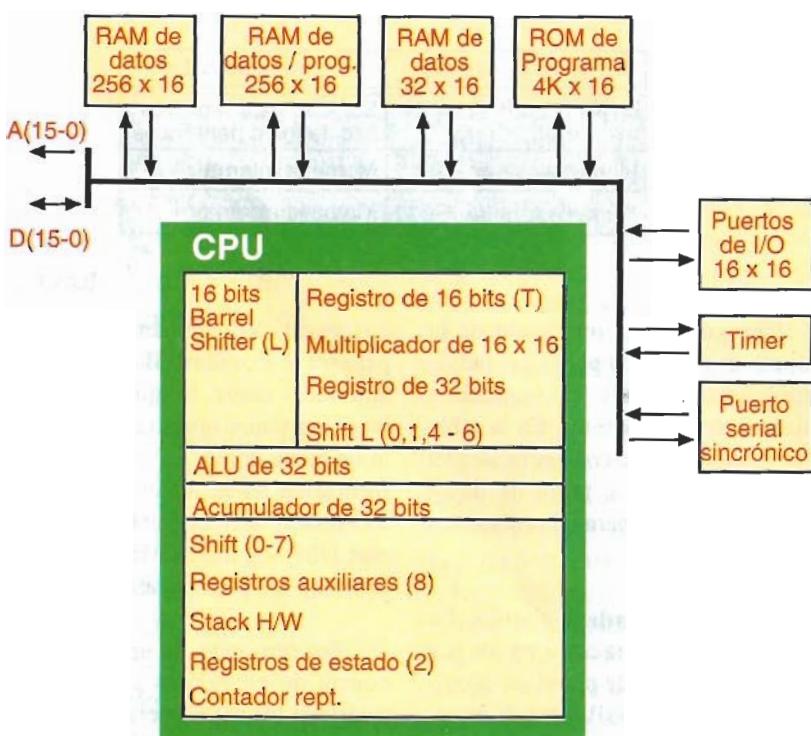


Figura 4. Diagrama en bloques de un DSP TMS320C2x

DSP	TMS320C2X	TMS320C3X	TMS320C4X	TMS320C5X	DSP96002
MIPS	12	20	30	50	16
CICLO(ns)	80	50	33	20	33

**Tabla 3.** Algunas cifras cararcterísticas de velocidad y desempeño de los DSP's

prestaciones computacionales del DSP se optimizan al máximo, la utilización de sistemas operativos supondría una sobrecarga. Sin embargo, cuando el número de tareas y la complejidad se incrementan en un desarrollo basado en DSP, los sistemas operativos se podrán emplear para asignar los recursos del sistema y permitir la funcionalidad en modo multitarea.

En las aplicaciones de proceso digital en tiempo real se requieren altas prestaciones computacionales, las cuales se combinan con altos índices de interrupción, gran ancho de banda para datos y/o mínimo retardo entre el instante de adquisición y el momento en que los resultados estén disponibles. En sistemas dedicados (*embedded*), además se han de manejar funciones de control y planificación de procesos.

Basados en lo anterior, si manejamos un estricto concepto de lo que es tiempo real, entonces no sólo importarán los resultados computados, sino también el instante en que éstos se producen. Por ello, cada aplicación tiene unos límites absolutos que deben ser satisfechos para su correcto funcionamiento. Así, debemos tener en cuenta conceptos tan importantes como el **tiempo de respuesta** de una interrupción, que es el que transcurre desde el momento en que se señala un evento hasta que se ejecuta la prime-

ra instrucción de rutina. También el **retardo entrada/salida**, pues dependiendo de la aplicación, existe un límite máximo de retardo entre el momento del muestreo y el instante en el que los resultados están disponibles. Este valor de retardo nunca deberá sobrepasar el tope máximo existente, para así asegurar el correcto funcionamiento de la aplicación.

### DSP vs. Microprocesadores

Para que una arquitectura no basada en DSP sea apta para el proceso de señales en forma digital se deben tener en cuenta las siguientes características básicas:

1. Aritmética de alta velocidad y precisión, requerida en los sistemas que deben responder en tiempo real, siendo características vitales la velocidad de cálculo y disponer de formatos especiales para los datos.
2. Flujo de datos rápido y constante ya que es importante tener en todo momento el mayor grado de utilización posible de las unidades de cálculo.
3. No sobrecargar los bucles dado que un programa para una aplicación DSP es en ocasiones un algoritmo repetitivo y con una cantidad considerable de datos a manejar.
4. Descargar la CPU del trabajo de controlar los saltos y decrementos de los punteros, pasando esta función a otras unidades, lo cual aumentará el rendimiento del sistema.

A otras arquitecturas como la RISC, o por ejemplo los procesadores en paralelo, se les puede suponer una gran velocidad en la ejecución de instrucciones, pues esa es su finalidad. Así, la tecnología RISC surge como una nueva opción ante los convencionales procesadores CISC, intentado desechar la creciente complejidad que estos presentan en cuanto a direccionamiento y tipos de instrucciones distintas, para mediante herramientas más sencillas potenciar su rendimiento.

Es así entonces que surge un paralelo entre estos procesadores (RISC) y los DSP. En un procesador RISC sus diseñadores consideran la instrucción de multiplicar como algo redundante ya que se puede obtener mediante sumas sucesivas. Esto podría pasar desapercibido en un sistema computacional de propósito general, donde esta operación no se presenta muy a menudo, pero en una aplicación DSP, es una operación básica ya que se requiere en numerosas ocasiones. Así pues, mientras los RISC intentan introducir en sus nuevos modelos la instrucción de multiplicar (pues en los antiguos no existía), los procesadores digitales de señal llegan a tal punto que integran multiplicadores para desarrollar varios cálculos en un solo ciclo.

Vemos como es importante saber cuándo y dónde utilizar un procesador digital de señal, pues es un elemento muy ventajoso en el cálculo de complejas operaciones matemáticas y en el manejo de datos a un bajo costo. Además, presenta una amplia gama de posibilidades en el momento de escoger el procesador DSP que más se ajuste a los requerimientos del sistema que deseamos desarrollar.

En nuestro próximo artículo estudiaremos una familia muy especial de procesadores digitales de señal: los TMS320 de *Texas Instruments*, veremos con detalle su arquitectura particular, conjunto de instrucciones, hardware para aplicaciones y en general, los tópicos mas importantes que conllevan el análisis de un procesador específico.

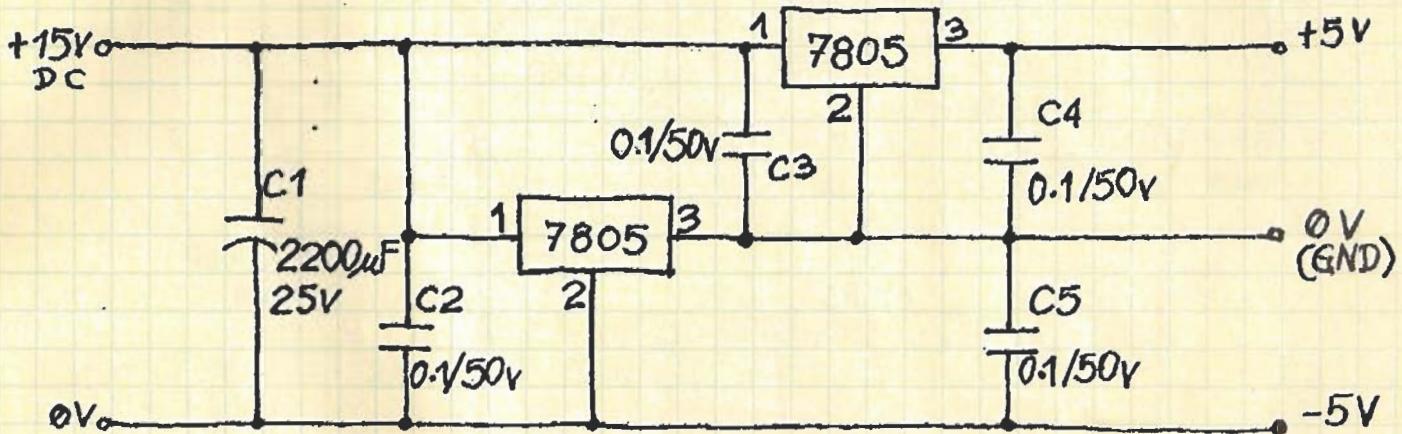
Punto fijo	Punto flotante	Multiprocesador
Seguridad para comunicaciones	Acelerador de gráficos 3D	Reconocimiento de imágenes
Modems	Procesamiento de datos para arreglos en paralelo	Pre-procesamiento de señales de radar
Transmisión de datos	Análisis de señales para equipos Radar y Sonar	Procesamiento de señales para equipos Radar y Sonar
Navegación y control de vuelo	Mapeo digital	Video conferencia
Sistemas de control en lazo cerrado	Reconocimiento de voz	

**Tabla 2.** Aplicaciones según el tipo de datos manejado por el procesador

# Cuaderno de experimentos

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

## Fuente Dual a partir de una fuente simple

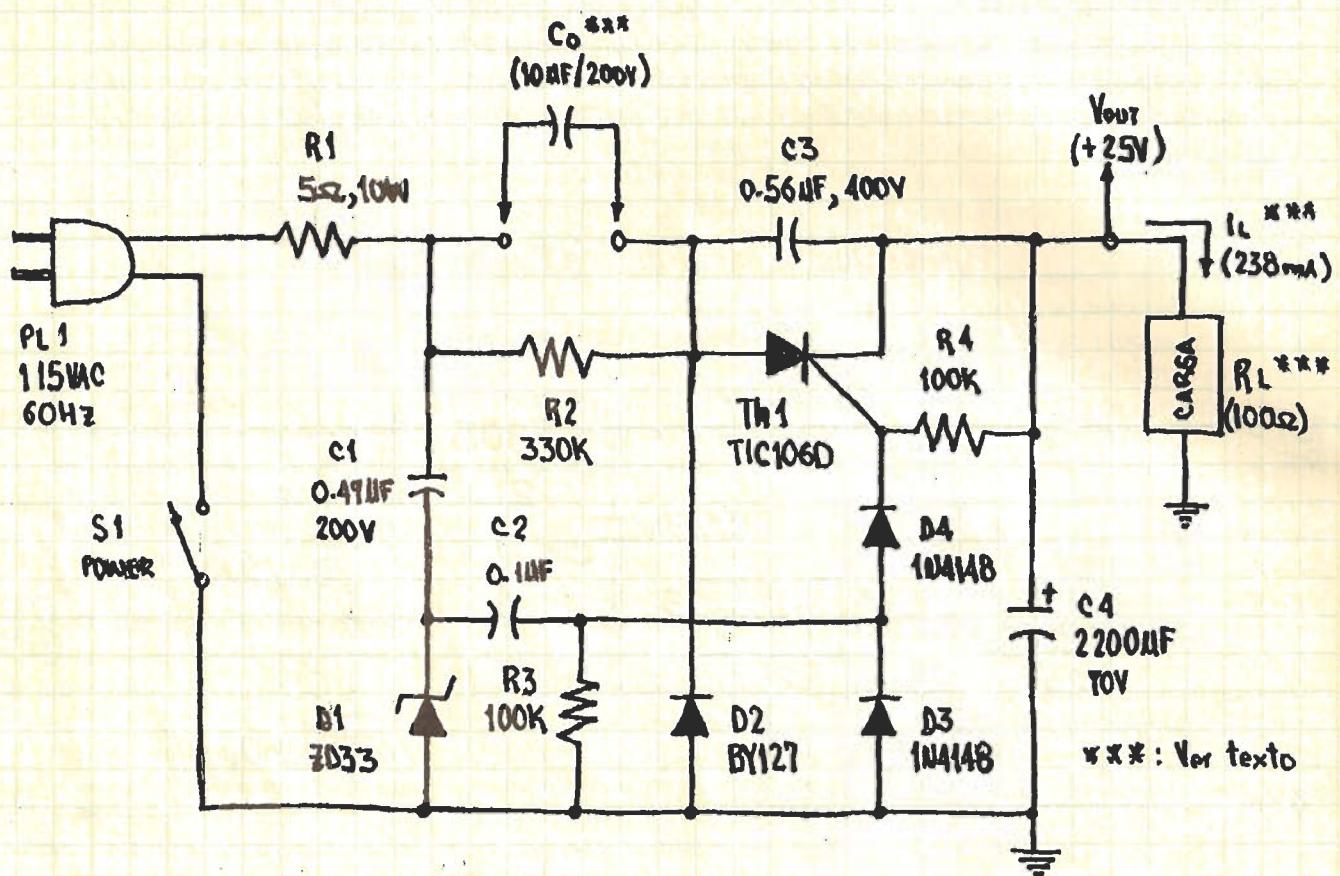


Muchos circuitos requieren de alimentación doble para su funcionamiento, por ejemplo los circuitos con amplificadores operacionales, pero no siempre se tiene a la mano un fuente de doble polaridad. Con este práctico circuito podemos obtener un voltaje negativo haciendo uso de una tierra virtual. La principal diferencia con otros circuitos generadores de voltajes inversos es la capacidad de corriente, donde en este caso se pueden alcanzar valores hasta de 1 amperio (depende de la fuente simple y de los reguladores utilizados).

El funcionamiento del circuito es sencillo. Con el primer regulador obtenemos 0 y 5 voltios. Estos 5 voltios se convierten luego en referencia para el siguiente regulador. Por lo tanto tendremos 10 voltios en la salida superior. Si los 5 voltios (la salida del centro) los convertimos en la tierra del circuito a alimentar, la salida inferior mostrará -5V y la superior +5V. Observe que la tierra de la fuente simple y de la fuente dual son diferentes.

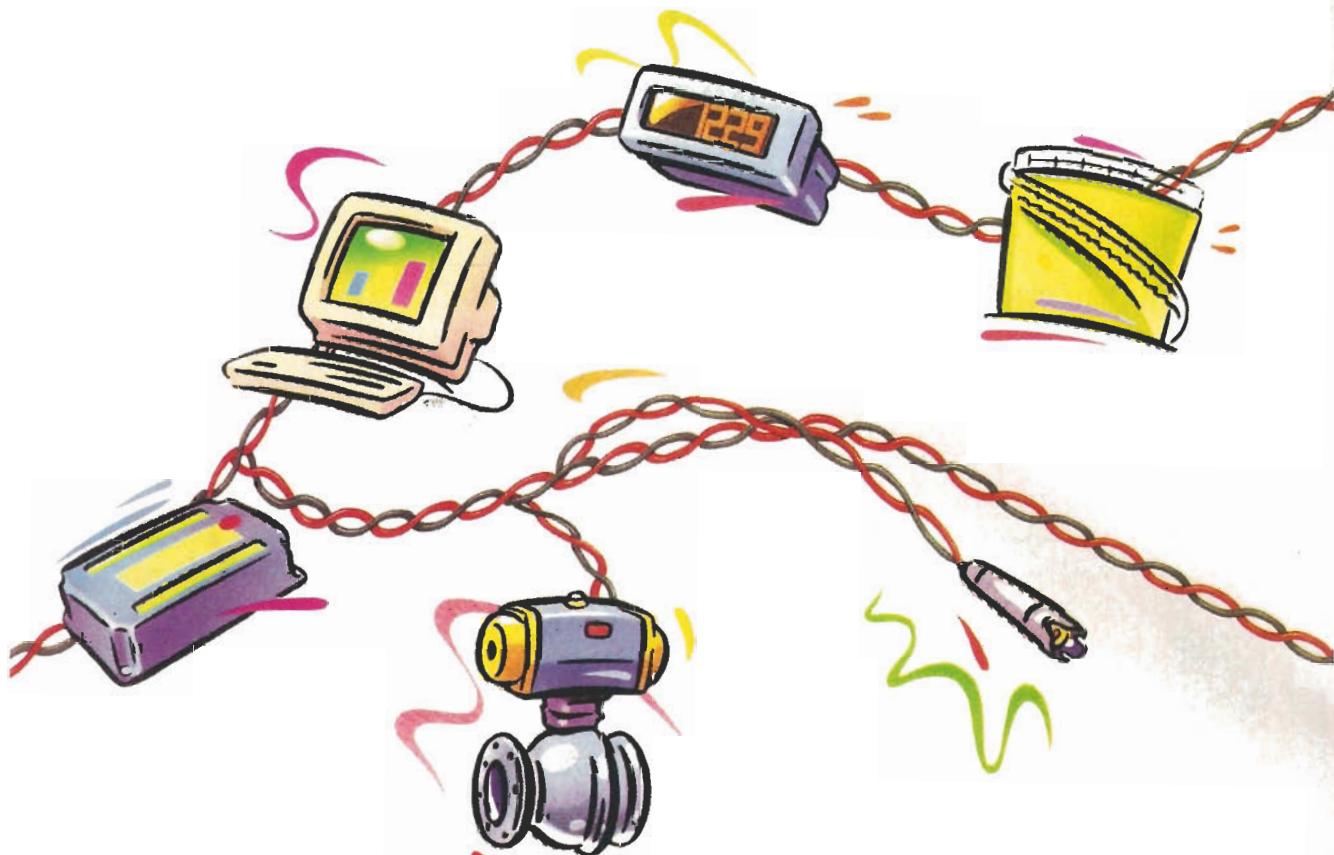
Es de anotar que el voltaje de la fuente simple debe ser al menos 3 voltios superior al total de los voltajes de salida (en este caso 13 voltios). Puede adaptarse con reguladores diferentes para obtener +/-9V, +/-12V, etc.

## Fuente DC sin transformador



El circuito de la figura, alimentado directamente de la red pública de 115VAC, permite obtener voltajes DC desde menos de 3V hasta más 70V sin necesidad de utilizar un transformador. Para un valor determinado de la resistencia de carga ( $R_L$ ), la tensión de salida ( $V_o$ ) depende exclusivamente del valor de  $C_0$ . Por ejemplo, para obtener una salida de 9V con una carga de 100 Ohm, el valor de  $C_0$  debe ser del orden de  $3\mu F$ . Experimente con otros valores. En general,  $V_o$  aumenta cuando se aumenta  $C_0$  y/o  $R_L$ . Note que  $C_0$  y  $C_2$  deben ser condensadores electrolíticos no polarizados con voltajes de trabajo del orden de 200V. Estos últimos pueden ser del mismo tipo de los utilizados como condensadores de arranque de motores AC.

**Importante:** Debido a que no utiliza transformador, este circuito no está aislado de la red pública de corriente alterna. Por tanto, existe el riesgo de recibir descargas eléctricas si no se manipula y utiliza convenientemente. Sea cuidadoso en este aspecto. En particular, una vez armado y probado, hospede el circuito en una caja plástica. Por seguridad, no intente montar este circuito en un protoboard. Si es el caso, utilice una tarjeta universal preperforada. Realice las conexiones punto a punto utilizando alambre aislado N° 16 o más grueso.



# Sistema de control *(Control Area Network)* CAN

**EDISON DUQUE C.**

**Este protocolo, diseñado originalmente para aplicaciones automotrices, está extendiendo su uso en forma vertiginosa hacia otros campos diferentes de los que se plantearon inicialmente. Su principal característica, es la confiabilidad para el envío de cadenas de información con la garantía de retransmitir aquellas que no se reciban satisfactoriamente.**

## Qué es CAN ?

El CAN (*Control Area Network*) es un protocolo que sirve para la comunicación serial de datos. También es conocido como el estándar ISO 11898. Este protocolo fue desarrollado inicialmente para aplicaciones automotrices, pero dadas sus características ha sido adoptado en automatización industrial y en todo tipo de máquinas móviles. El estándar CAN incluye un nivel físico y un nivel de enlace de datos, los cuales definen unos pocos tipos de mensajes, reglas de arbitramento para acceso al bus y métodos para detección y corrección de fallas.

## Propiedades del CAN

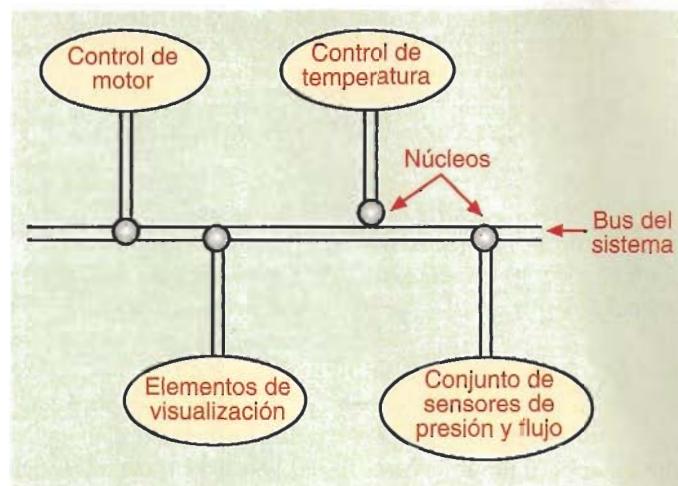
- CAN es un sistema de bus serial con capacidad para múltiples maestros, esto quiere decir que todos los nodos de una red CAN pueden transmitir

datos. Por lo tanto, muchos de ellos pueden hacer un requerimiento del bus al mismo tiempo. El sistema de bus serial, con capacidad para trabajar en tiempo real, es el objeto del estándar internacional ISO 11898, este cubre los dos niveles más bajos del modelo de referencia OSI (*Open System Interconnect*).

- En redes CAN no existe un direccionamiento de suscriptores o de estaciones como en los sistemas convencionales, pero en cambio, se transmiten los mensajes con unas prioridades especiales. Cuando un transmisor envía un mensaje por el bus, todos los nodos de la red CAN lo escuchan, pero cada nodo decide, sobre la base del identificador recibido, si puede o no procesar el mensaje. Dicho identificador, también de-

termina la prioridad que el mensaje envuelve para competir por el bus en caso de que se intenten varios accesos al mismo tiempo.

- La relativa simplicidad del protocolo CAN hace que se requiera un bajo costo y esfuerzo para comprender todo lo concerniente al tema y al desarrollo de aplicaciones. Además, los circuitos integrados de interface, especiales para CAN, realizan casi todas las tareas y son fáciles de programar. Este aspecto se ve favorecido por el gran número de empresas y de fabricantes involucrados en esta área, los cuales han desarrollado chips especializados para conectar microcontroladores con redes de este tipo. El uso del sistema CAN por parte de la mayoría de fabricantes de automóviles Europeos y su utilización en aplicaciones domésticas y de control industrial, garantizan la aceptación de dicho estándar y facilitan su implementación por parte de otros sectores.
- Una de las principales características del protocolo CAN es su alta confiabilidad para las transmisiones. Cada vez que el controlador CAN registra un error, lo evalúa estadísticamente para tomar las medidas del caso. Esta propiedad puede llegar incluso, a desconectar de la red los nodos que produzcan los errores y que están afectando al resto del sistema.
- Cada mensaje puede transmitir desde 0 hasta 8 bytes de información del usuario. Por lo tanto, si se dese enviar mensajes grandes, este se debe segmentar en tramos pequeños. La máxima velocidad de transmisión se especifica para 1 Mbit/s, para distancias no superiores a 40 metros. Para transmitir a distancias de hasta 500 metros, la velocidad baja a los 125 kbit/s; para transmisiones hasta 1 km de distancia, la velocidad permitida es de 50 kbit/s.
- Un nodo de la red puede empezar a transmitir en cualquier momento en que el bus esté en silencio (igual que Ethernet con su protocolo CSMA). El bus tiene la propiedad de que si al-



**Figura 1.** Estructura típica de una red CAN

gún nodo transmite un cero (llamado un bit dominante), entonces todos los nodos leerán un cero. La primera parte del mensaje transmitido es el campo del identificador, empezando por el bit más significativo. Si un nodo detecta una colisión (por ejemplo si envía un 1 y lee un 0), se desactiva por un período de tiempo y prueba de nuevo más tarde.

### Aplicaciones CAN

Las redes CAN pueden ser utilizadas como un sistema de comunicación embebido para microcontroladores o en sistemas de comunicación abiertos para dispositivos inteligentes. El sistema de bus serial CAN, desarrollado originalmente para uso en automóviles, está siendo utilizado en automatización industrial, equipos médicos y equipos marítimos electrónicos.

Si los requerimientos de redes en vehículos de pasajeros son comparados con los sistemas del campo industrial, se encuentran algunas semejanzas. En ambos casos los principales requerimientos son: bajo costo, habilidad para funcionar en ambientes hostiles, gran capacidad para trabajar en tiempo real y facilidad de uso. Algunos usuarios, por ejemplo los del campo de la ingeniería médica, optan por el sistema CAN ya que cumple con exigentes requerimientos de seguridad. Igual sucede con profesionales de otras áreas.

Las redes CAN también son muy utilizadas en pequeñas subredes que

desempeñan tareas específicas como el control de elevadores y de escaleras eléctricas, entre otros. Se calcula que en el mundo ya se han instalado alrededor de 60 millones de nodos CAN.

### Características del protocolo CAN

- El nivel físico utiliza transmisión diferencial sobre un par trenzado
- Un método no destructivo es utilizado para controlar el acceso al bus (de esta forma se evita que el choque de información altere las tramas originales)
- Los mensajes son pequeños y protegidos por un checksum (para detección de errores)
- No hay direccionamiento en los mensajes, cada uno lleva un valor numérico que indica su prioridad y su identificación
- Posee un elaborado esquema de manejo de errores que conlleva una retransmisión de mensajes cuando estos no se han recibido satisfactoriamente

### CAN estándar vs. CAN extendido

El protocolo CAN viene en dos versiones: CAN 1.0 y CAN 2.0. CAN 2.0 es compatible con CAN 1.0, además, los nuevos controladores disponibles son CAN 2.0.

Por su parte, el sistema 2.0 se divide en dos categorías: A y B. En CAN 1.0 y CAN 2.0A, los identificadores del mensaje o trama de información tienen una longitud de 11 bits. Con CAN 2.0B los identifica-

Distancia	Velocidad máxima	Tipo de cable
40m	1 Mbit/s	UTP
500m	125 Kbit/s	UTP
1Km	50 Kbit/s	UTP

**Figura 2.** Capacidad de transmisión de una red CAN

dores pueden ser de 11 bits (identificador estándar), o de 29 bits (identificador extendido).

Para cumplir con CAN 2.0 un controlador debe ser un elemento 2.0B pasivo o 2.0B activo. Si es pasivo, entonces debe ignorar las tramas extendidas (los controladores CAN 1.0 generan tramas de error cuando encuentran identificadores de 29 bits). Si es activo, entonces debe permitir que sean recibidas y transmitidas tramas extendidas. Algunas reglas de compatibilidad para el manejo de tramas estándares y extendidas son las siguientes:

- Los controladores activos CAN 2.0B enviarán y aceptarán tramas estándares y extendidas
- Los controladores pasivos CAN 2.0B enviarán y recibirán tramas estándar y descartarán tramas extendidas sin

generar errores

- Los controladores CAN 1.0 generarán errores cuando reciban tramas extendidas

Lo anterior implica que si en una red existe un controlador CAN 1.0, esa red sólo puede manejar tramas estándar (con identificadores de 11 bits).

### Arquitectura de los controladores

La arquitectura de los controladores no es cubierta por el estándar CAN, esto hace que puedan existir diferencias sustanciales entre ellos. Las dos categorías principales son los *BasicCAN* y *FullCAN*, los cuales se distinguen por el manejo de los mensajes. Esta división no debe confundirse con las categorías CAN 1.0 y 2.0, ni con las categorías de CAN estándar y extendido.

En un controlador *BasicCAN*, la arquitectura es similar a un simple

*UART* (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*: Receptor-transmisor universal asíncrono), excepto que las tramas se envían completas en lugar de hacerlo por bytes. Esto implica que el buffer de transmisión es único y que el de recepción sea doble. La CPU pone una trama en el buffer de transmisión y recibe una señal de interrupción cuando esta ha sido enviada; la CPU recibe una trama en el buffer de recepción y al aceptar la interrupción vacía el buffer. La CPU debe entonces manejar la transmisión y recepción al tiempo que controla el almacenamiento de las tramas.

En un controlador *FullCAN*, las tramas son almacenadas por el mismo (típicamente hasta 16 tramas). Esto gracias a que el controlador posee un buffer lo suficientemente grande para ello.

### Cables y conectores

El estándar ISO 11898 únicamente especifica un manejo de señal diferencial sobre un par trenzado, con resistencias en ambos extremos representando la impedancia característica de la línea. En general, es el integrador del sistema quien tiene la libertad de escoger el tipo de conector según sus requerimientos de costos y de compatibilidad electromagnética. La solución de cableado va desde cable UTP (*Unshielded Twisted Pair*: Par trenzado sin chaqueta) con 0,25 mm<sup>2</sup> de sección hasta 1,0 mm<sup>2</sup>. En automatización se recomienda el uso de conectores de 9 pines tipo subD.

### Controladores disponibles

En el mercado se encuentran controladores de muchos fabricantes, en la figura 3 presentamos algunos de ellos y las características de sus chips más representativos. Se estima que son más de 50 las empresas que están trabajando en desarrollos sobre este tema a nivel mundial.

Las personas que deseen investigar sobre este tema lo pueden hacer en las siguientes direcciones en Internet:

<http://www.can-cia.de>

<http://www.kvaser.se/can/> 

Fabricante	Nombre	Tipo	Arquitectura	Notas
Intel	82527	2.0B	FullCAN Stand-alone	Reemplaza el 82526 Interface vía SPI Incorporada en el 80196
Philips	82C200	1.0	BasicCAN Stand-alone	Pionero de los controladores CAN Próximamente en versión CAN2.0B Incorporada en el 80C598
Philips	82C150	1.0	SLIO	
NEC	μPD72005	2.0B	FullCAN Stand-alone	Decontinuado (NEC abandonó el mercado CAN en 1994)
National	COP884	2.0A	BasicCAN On-chip	CPU de 8 bits con CAN incorporado También disponible como SLIO
Siemens	81C90	2.0A	FullCAN Stand-alone	
Siemens	SABC167C	2.0B	FullCAN On-chip	Incluida con un procesador núcleo 167 Casi idéntico al 82527 Difícil acceso a palabras
Motorola	TOUCAN	2.0B	FullCAN On-chip	Disponible en dispositivos 683XX
Motorola	MSCAN	2.0B	BasicCAN On-chip	Disponible con CPU 68HC08 (Versiones AZ0 y AZ32)
Motorola	MCAN	1.0	BasicCAN On-chip	Disponible con CPU 68HC05 (Versiones X4 y X16)

**Figura 3.** Controladores CAN disponibles en el mercado

# Seguridad eléctrica en la Instrumentación Biomédica

CARLOS A. LÓPEZ ACOSTA

*Magister en física*

*Profesor Universidad Tecnológica de Pereira*

LUIS E. LLAMOSA RINCÓN

*Magister en física*

*Especialista en Instrumentación Biomédica  
Profesor Universidad Tecnológica de Pereira*

*En este artículo se hablará de los aspectos generales de la seguridad eléctrica en pacientes en los cuales se esté utilizando equipo biomédico. No se restringirá esta sección únicamente a los equipos de detección de potenciales bioeléctricos, pues es necesario que el diseñador de ellos, posea una visión global de las diferentes variables que intervienen en esta área tan importante dentro del campo de la instrumentación biomédica.*

## EL riesgo de electrocución: Modelo físico

El riesgo de electrocución consiste en la posibilidad de circulación de una corriente eléctrica a través del cuerpo humano. Surge cuando éste entra a formar parte de un circuito eléctrico cerrado, donde exista una diferencia de potencial. Las consecuencias de este riesgo dependen de las características del cuerpo humano y de la duración del paso de la corriente. El efecto fisiológico producido se denomina choque eléctrico y depende de la intensidad, mejor, de la densidad, de la corriente. Se habla de macrochoque cuando el contacto se produce con la superficie del cuerpo, mientras que si se trata de un contacto con el interior (bajo la piel), se habla de microchoque.

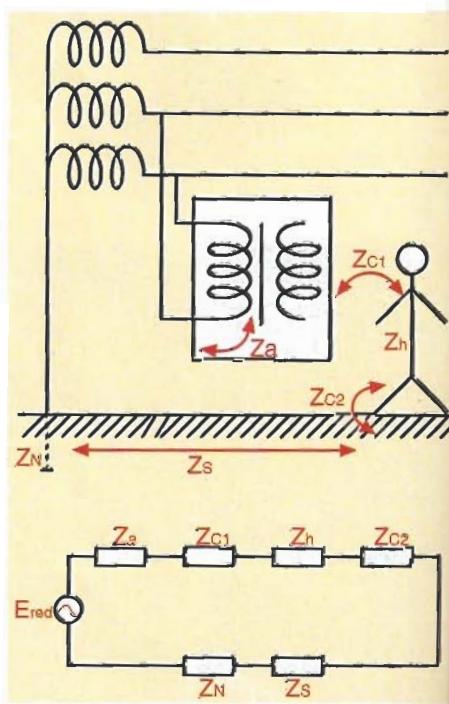
En la figura 1 se presenta un modelo físico y su circuito equivalente, donde se señalan los parámetros que

determinan la intensidad de la corriente de contacto (a través del cuerpo), cuando la fuente del riesgo es directamente la red de distribución eléctrica. Si se denomina  $Z_a$  a la impedancia de aislamiento,  $Z_{c1}$  y  $Z_{c2}$  a las impedancias de contacto,  $Z_h$  a la impedancia del cuerpo humano,  $Z_s$  a la impedancia del suelo, y  $Z_n$  a la de toma de tierra del neutro, dicha corriente viene dada por:

$$I = \frac{E_{red}}{Z_a + Z_{c1} + Z_h + Z_{c2} + Z_s + Z_n} \quad (1)$$

A la frecuencia de 60 Hz, la impedancia del cuerpo humano, la del suelo y la de toma de tierra del neutro, son resistivas.

Las impedancias de aislamiento y las de contacto dependen de la situación: un contacto franco reduce el aislamiento a una resistencia de pocos ohmios, mientras que si no hay contacto



**Figura 1.** Modelo y circuito eléctrico equivalente para el riesgo de electrocución

con el suelo  $Z_{c2}$  viene determinada por la capacidad cuerpo-tierra ( $100 \text{ pF}$  a  $1 \text{ nF}$ ). La resistencia del cuerpo humano no es constante sino que depende de la trayectoria de la corriente, de la superficie de contacto (zona, área), de la humedad de la piel, de la magnitud y frecuencia de la tensión, de la edad, del peso, y también del estado fisiológico. En función de la tensión, los valores de la resistencia para corriente continua y para corriente alterna hasta  $100 \text{ Hz}$ , con piel húmeda y para la trayectoria mano-mano, o mano-pie son:  $2500 \Omega$  a  $25 \text{ V}$ , que se reducen a  $2000$  y  $1000 \Omega$ , respectivamente, a  $50 \text{ V}$  y  $250 \text{ V}$ . El valor asintótico para tensiones mayores es de  $650 \Omega$ .

Con la piel seca, los valores mínimos son del doble. También aumentan si el área de contacto es pequeña (y no está húmeda). Por el contrario, si la trayectoria no es a través de las extremidades, la resistencia es menor.

Si el contacto es con el interior del cuerpo (bajo la piel) la resistencia es mucho menor, incluso para tensiones muy pequeñas. Esto se debe a que, mientras la piel es aislante, el interior del cuerpo no lo es, debido a la presencia de electrolitos. Se toma como valor límite  $1000 \Omega$ , con independencia de la tensión. Hay que destacar que un contacto que inicialmente sea externo puede convertirse en interno si por una quemadura u otra causa se rompe la barrera que ofrece la piel.

### Efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano

Las corrientes eléctricas producen tres tipos de efectos en el cuerpo humano: alteraciones funcionales por estimulación de células excitables (tejidos nervioso y muscular); destrucción irreversible de tejidos por efecto Joule; y quemaduras químicas. Los dos primeros suelen ser los más graves, y no dependen del origen de las corrientes (por contacto o inducidas por campos eléctricos o magnéticos variables). Las quemaduras químicas se producen al reaccionar con la piel los electrolitos liberados por el paso de una corriente continua o de muy baja frecuencia (menos de  $0,1 \text{ Hz}$ ). Para evitarlas hay que limitar su valor a  $10 \mu\text{A}$ .

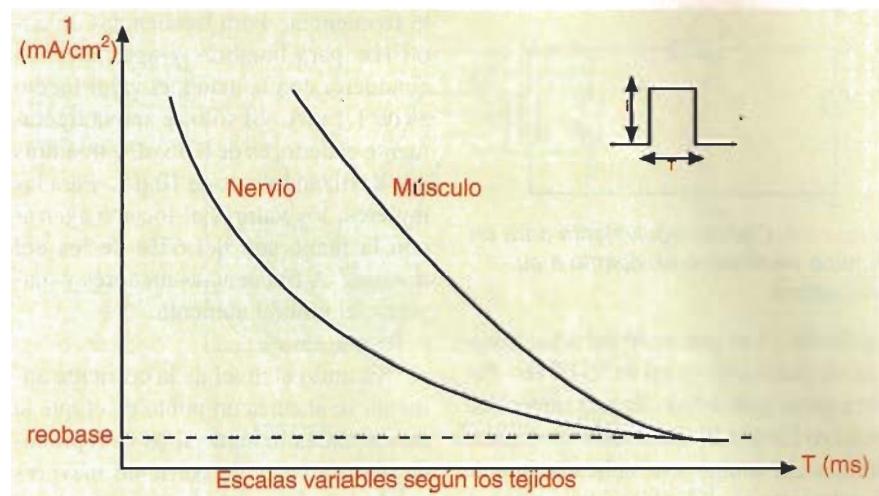


Figura 2. Curvas intensidad - duración.

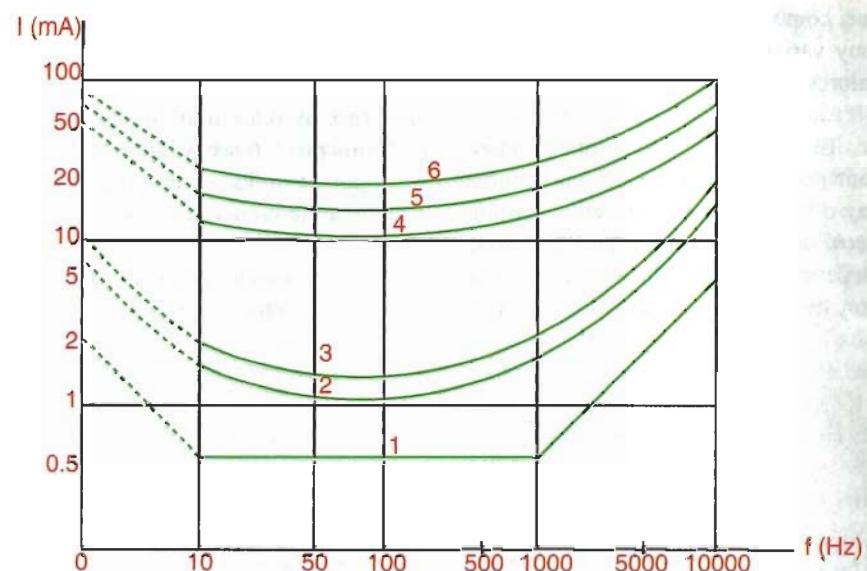
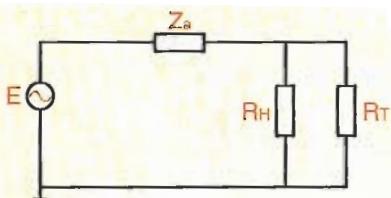


Figura 3. Relación entre el efecto de una corriente y su frecuencia. Curva 1: Límite convencional de los valores de corriente que no dan lugar normalmente a ninguna reacción. Curva 2: Umbral de percepción para un 50% de las personas examinadas, es decir, que las otras no han percibido nada. Curva 3: Umbral de percepción para un 99,5% de las personas examinadas, es decir, que las otras no han percibido nada. Curva 4: Corriente límite para un 99,5% de las personas examinadas, es decir, que un 0,5% no pueden soltar el electrodo. Curva 5: Corriente límite para un 50% de las personas examinadas, es decir, que el 50% no pueden soltar el electrodo. Curva 6: Corriente límite para un 0,5% de las personas examinadas, es decir, que el 99,5% no pueden soltar el electrodo.

En los tejidos excitables se ha encontrado experimentalmente que hay una relación entre la intensidad y la duración de la corriente necesarias para que se produzca la estimulación, y que varía según los tejidos. En la figura 2 se presenta un ejemplo. Se observa que el umbral para el nervio es mucho menor, por lo que en pocas ocasiones se produce la activación directa del múscu-

lo. Además, y a diferencia de lo que sucede en una contracción voluntaria, la activación de las diversas unidades motrices puede ser aquí síncrona, resultando en contracciones mayores.

Se observa también que para estímulos cortos hace falta más corriente, y por ello al aumentar la frecuencia es mayor la amplitud necesaria para lograr la esti-



**Figura 4.** Circuito equivalente para un equipo electrónico en cuanto a su seguridad.

mulación. Las peores frecuencias resultan ser precisamente las de 50-60 Hz. Por otra parte, por debajo de una intensidad mínima (denominada reobase) no hay estimulación aunque esté aplicada durante mucho tiempo. Por último, hay que destacar que el parámetro de interés no es la tensión sino la densidad de corriente, aunque, como el área de contacto puede ser muy variable, los límites se dan como valores de intensidad de corriente.

El nivel mínimo en el que una persona puede detectar conscientemente si hay o no un estímulo presente (cosquilleo), define el umbral de percepción. Depende sobre todo de la zona del cuerpo y del área de contacto, del sexo y de

la frecuencia. Para frecuencias de 50-60 Hz, para hombres y agarrando un conductor con la mano, el valor medio es de 1,1 mA. Si sólo se apoya ligeramente el dedo, es de 0,36 mA, mientras que deslizándolo es de 10 µA. Para las mujeres, los valores al tocar o agarrar con la mano son del 67% de los del hombre. A frecuencias menores y mayores, el umbral aumenta.

Cuando el nivel de la corriente aumenta se alcanza un punto en el que la sensación es irritante si se va repitiendo. Con niveles de corriente mayores se producen contracciones musculares involuntarias. Si el estímulo ocurre de forma inesperada, produce un reflejo muscular involuntario (susto). Como resultado, se deja de hacer contacto, y esto es de por sí una protección. Sin embargo, algunos movimientos involuntarios pueden ser peligrosos. Piénsese, por ejemplo, en un cirujano durante una intervención.

Con intensidades mayores se alcanza la corriente límite de control muscular

(let-go current). Para estos valores, una persona no puede soltar un conductor agarrado mientras persista el estímulo. Se queda agarrado, y no se suelta, porque los músculos flexores son más potentes que los extensores. Como resultado, se prolonga el tiempo de paso de la corriente. Para corrientes de 60 Hz, el valor medio de la corriente necesaria en hombres es de 16 mA. En sí no es un peligro, pero, si se prolonga, puede producir asfixia. Para corrientes de 23 mA, aparecen dificultades respiratorias en el 50% de los hombres.

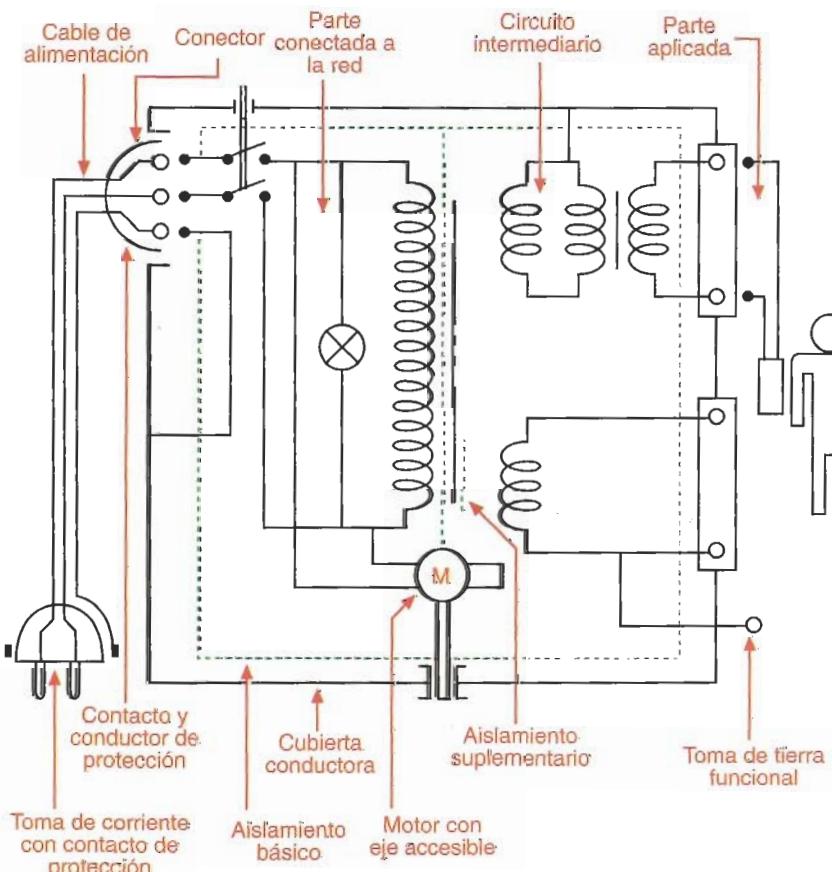
La frecuencia de la corriente influye en los niveles necesarios para tener los efectos anteriores. En la figura 3 se presentan las gráficas en función de la frecuencia. Para la corriente continua, la intensidad  $I_{c.c.}$  que produce el mismo efecto que una corriente alterna (50-60 Hz)  $I_{c.a.}$ , para tiempos entre 10 ms y 10 s, es:

$$I_{c.c.} = I_{c.a.} \times \log t \quad (2)$$

Cuando la corriente es mayor, si el camino de la corriente incluye al corazón hay peligro de fibrilación auricular o ventricular, con la consiguiente pérdida de eficiencia en el bombeo. A diferencia de los efectos anteriores, la fibrilación no desaparece al cesar el estímulo, y sólo se puede detener mediante una descarga intensa. Los umbrales de la intensidad necesaria han sido extrapolados a partir de experimentos en animales. Se ha encontrado que el umbral de fibrilación es aproximadamente proporcional a la raíz cuadrada del peso (de hecho, la desfibrilación es también más difícil en pacientes obesos), y que decrece al aumentar el tiempo de aplicación de la corriente. Para 70 kg. y 3 s, el percentil 0,5% se estima en 100 mA. En el caso de un contacto directo con el miocardio, 100 µA pueden ser ya fatales.

### Aspectos de la seguridad en el equipo

Para reducir el riesgo de electrocución hay que adoptar, en primer lugar, una serie de precauciones en el diseño, utilización y mantenimiento de los equipos. Las alternativas en el diseño de los equipos, en cuanto a su seguridad, pueden comprenderse fácilmente examinando el circuito de la figura 5.



**Figura 5.** Ejemplo de equipo de clase I.

nando el circuito de la figura 4, que es una versión simplificada del de la 1 y con una resistencia  $R_T$  adicional. Las resistencias del cuerpo humano y de contacto se han agrupado, y las del suelo y de toma de tierra del neutro se han considerado muchos menores que ésta. En ausencia de  $R_T$  la corriente a través del cuerpo viene dada por:

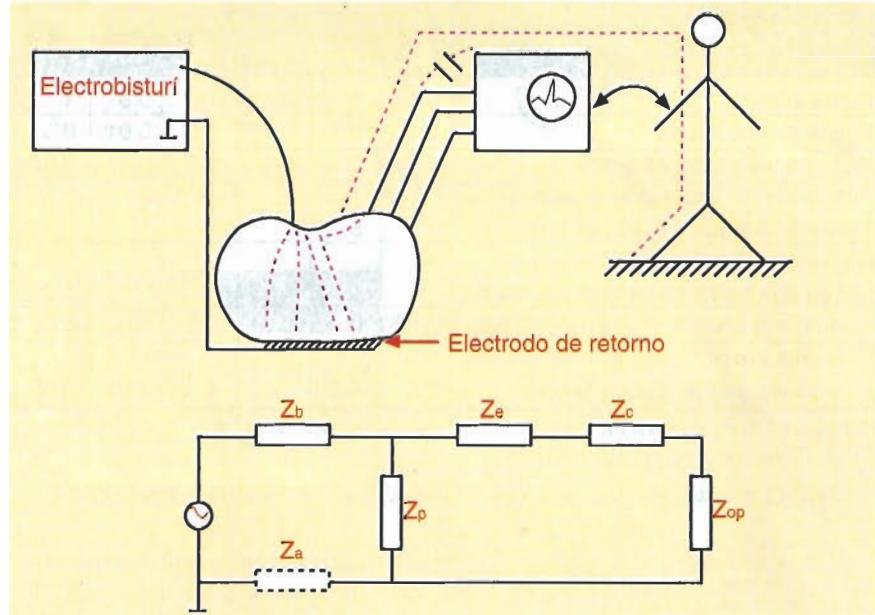
$$I = \frac{E}{Z_a + R_H} \quad (3)$$

Habiéndose supuesto que la impedancia de aislamiento viene determinada por la resistencia de los materiales aislantes. Un **fallo en éstos** puede reducir el valor de  $Z_a$  a menos de  $1 \Omega$ , por lo que, si la cubierta externa del equipo es metálica, el **valor de la corriente** vendrá fijado por la resistencia del cuerpo humano. Con  $E=220 \text{ V}$  y  $R_H=1000 \Omega$ , se obtiene  $I \approx 220 \text{ mA}$ , suficiente para provocar una fibrilación cardíaca.

De la ecuación 3 y la figura 4, se deducen directamente las vías de solución. La corriente se puede reducir aumentando  $Z_a$  o disminuyendo  $E$ . Como alternativa, si se conecta la cubierta del equipo a tierra mediante un conductor con baja resistencia,  $R_T$ , en caso de defecto la fracción de corriente que pasa por  $R_H$  (usuario o paciente) es pequeña, y el valor total es suficiente para activar un cortacircuito fusible.

Cada una de estas formas de realizar la seguridad caracteriza a las distintas clases de equipos definidas en las normas internacionales (Norma CEI 601-1. Safety of medical equipment. Part 1: General requirements): clase I, clase II, clase III y equipos con alimentación interna.

Un equipo de clase I tiene como medida de protección, además del aislamiento básico, un medio para conectar a tierra todas sus partes conductoras accesibles (figura 5), por medio del conductor de protección de la instalación eléctrica. Esta conexión drena a tierra las corrientes de fugas debidas a los acoplamientos capacitivos entre las partes internas sometidas a tensión y las partes conductoras accesibles. Por esta razón, su integridad es muy importante ya que puede ser una fuente de microchoque incluso en ausencia de otros defectos.



**Figura 6.** Accidente de un cardioscopio alimentado con baterías

Un aparato de electromedicina se considera clase II cuando su protección se basa en la presencia de un aislamiento doble o reforzado, además del aislamiento básico, sin necesidad de una puesta a tierra de seguridad. Pueden tener, eso sí, un borne para realizar una conexión de equipotencialidad cuando su cubierta no sea totalmente aislante.

En los equipos de clase III la seguridad se realiza a base de emplear una tensión de alimentación pequeña (hasta 24V si es alterna y 50V si es continua), sin que se generen tensiones mayores en su interior. Se tiene así una reducción de  $E$  en la figura 4. Su cable de alimentación debe ser fijo y especial.

Un equipo se considera con alimentación interna cuando no requiere una conexión a la red para su funcionamiento, o bien cuando no puede funcionar si se conecta la fuente de alimentación interna a la red (durante la recarga de baterías). En términos de la figura 5, esto supone "abrir" el circuito, ya que la fuente interna no está puesta directamente a tierra. No obstante, no hay que olvidar que todo conductor tiene un acoplamiento capacitivo con el plano de tierra, por lo que en alterna siempre hay una impedancia finita entre ambos. En la figura 6 se presenta una situación que ilustra claramente el peligro en un equipo a baterías, en este caso un cardioscopio. Su diseño incluye filtros de ra-

diofrecuencia para evitar la entrada de corrientes elevadas cuando se utiliza conjuntamente con un electrobisturí o un desfibrilador. Pero si el operador, o el propio paciente, entran en contacto con su cubierta metálica, pueden ofrecer un camino a tierra de baja impedancia para las corrientes funcionales (o de fugas) de los otros instrumentos. Con el circuito equivalente de la figura 6, si el acoplamiento capacitivo es de  $50 \text{ pF}$  ( $3 \text{ k}\Omega$  a  $1 \text{ MHz}$ ), con los valores supuestos para las demás impedancias, resulta una corriente a través del operador de unos  $35 \text{ mA}$ , suficiente para producir una reacción o quemaduras. La solución estriba en reducir el valor de  $C$  a base de emplear cubiertas aislantes bien separadas de las partes activas internas, y sin elementos externos metálicos.

Los medios de realización de la seguridad expuestos no son en sí una garantía total, pues no dicen nada del nivel de seguridad obtenido. Desde este punto de vista, los equipos pueden ser tipo B, BF, CF o H (Norma CEI 601-1. Safety of medical electrical equipment). Estos tipos no deben confundirse con los establecidos para los aparatos de baja tensión en general (A, B, C. Norma UNE 20314). Pueden considerarse equipos de tipo B aquellos de clase I, II, III, o con alimentación interna, que ofrezcan un grado de protección contra los choques eléctricos adecuados. Si tienen una parte aplicada al paciente flo-

Camino de la corriente	Tipo B		Tipo BF		Tipo CF	
	CN	CPD	CN	CPD	CN	CPD
Fugas a tierra	0.5	1	0.5	1	0.5	1
Fugas de la cubierta	0.1	0.5	0.1	0.5	0.01	0.5
Fugas a través del paciente	0.1	0.5	0.1	0.5	0.01	0.05
Fugas a través del paciente con la red en la entrada y salida de señal		5				
Fugas a través del paciente con la red en una parte aplicada al paciente				5		0.05
Corriente auxiliar a través del paciente	0.01	0.5	0.01	0.5	0.01	0.05
Corriente auxiliar a través del paciente en pleismografía de impedancias	0.1	0.5	0.1	0.5	0.01	0.05

CN: Condiciones normales

CPD: Condición de primer defecto

Tabla 1. Corrientes de fuga y auxiliares permitidas a través del paciente (mA)

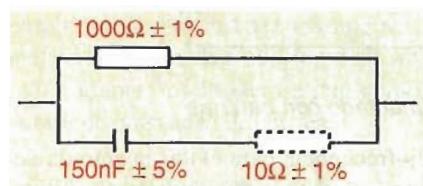


Figura 7. Red de simulación del paciente para la medida de las corrientes de fugas

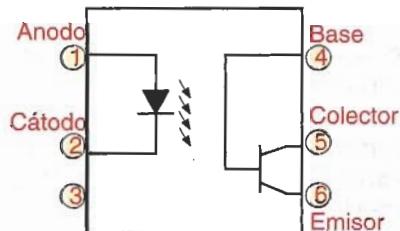


Figura 8. Optoaislador MCT2

tante, se considera tipo BF. Una conexión es flotante si al conectar la tensión de red a la parte aplicada no fluye por el paciente una corriente excesiva.

Para que un equipo pueda ser considerado de tipo CF, debe ser de clase I, o II, o con alimentación interna (pero no de clase III), con una parte aplicada flotante y un alto grado de protección.

Los equipos de tipo B y BF pueden emplearse en pacientes para aplicaciones externas o internas excluyendo el corazón; por ejemplo, en hemodiálisis. Para aplicaciones cardíacas directas (electrodos, catéteres, micrófonos y termistores intracardíacos), hay que emplear equipos tipo CF.

El grado de seguridad alcanzado se evalúa a partir de las corrientes de fugas que posee finalmente el equipo, es

dicho, aquellas que circulan a través de los aislamientos. Se definen para ello las corrientes de fugas a tierra, de la cubierta y del paciente, y las corrientes auxiliar y funcional de paciente. Sus valores máximos se indican en la tabla 1, tanto en condiciones normales como en presencia de un primer defecto. Las circunstancias que se consideran un "primer defecto" están descritas en las normas, pues no se trata simplemente de una primera avería de cualquier tipo.

La medida de las corrientes de fugas se hace de acuerdo con lo indicado en la normativa propia de cada instrumento. El paciente se simula con una red como la de la figura 7 o similar, que tiene en cuenta la diferente peligrosidad de la corriente según sea su frecuencia. Para facilitar el conjunto de mediciones necesarias durante los programas de mantenimiento, se comercializan equipos que las automatizan en mayor o menor grado.

#### Aislamiento eléctrico de paciente

Es importante por seguridad del paciente, aislar el circuito electrónico que compone el sistema de medición de potenciales bioeléctricos, del computador con el cual se van a monitorear las señales. Una de las opciones que se ha utilizado es la del optoaislador. Este dispositivo consta esencialmente de un diodo que transmite la señal por medio de rayos luminosos a un fototransistor. Uno de los circuitos integrados de esta clase que hemos utilizado con éxito ha sido el "MCT2" (optoaislador/fototransistor) mediante este dispositivo se obtiene un voltaje de aislamiento de 7500 voltios.

En la figura 8, se observa la distribución de pines del MCT2.

Las características técnicas del circuito integrado MCT2 son las siguientes:

- Voltaje de aislamiento 7500 voltios
- Potencia total (mw): 250 MW
- Forward current:: 60mA
- Reverse voltage: 3 voltios (led)
- DC current transfer ratio: 20%

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

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

Otros aspectos relacionados con el diseño y la implementación del circuito utilizado en la detección de señales electrocardiográficas, serán tratados en un artículo posterior. Q

#### Bibliografía

**ASTON RICHARD.** Principles of Biomedical Instrumentation and Measurement. Merrill Publishing Company, 1990.

**CROMWELL LESLIE.** Instrumentación y medidas biomédicas. Marcombo, Boixareu editores. Barcelona, 1980.

**GOMEZ,LARA,LLAMOSA.** Monitoreo de potenciales bioeléctricos. Revista "SCIENTIA ET TECHNICA". # 2, sept. 1995

**MOMPÍN POBLET JOSÉ et al.** Introducción a la bioingeniería. Marcombo, Boixareu editores. Barcelona 1988.

**WEBSTER JOHN G.** Medicine and Clinical Engineering. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1985.

**WEBSTER G. JOHN ,Editor.** Medical Instrumentation, Application and design. Houghton Mifflin Company, Boston, 1978.

**WILCHES MAURICIO.** Bioingeniería, Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, 1988.

**BURR-BROWN;** Integrated Circuits Data Book; Burr-Brown Corporation, 1986.

# MAX6818

## Eliminador de rebote octal



Introducido oficialmente al mercado a finales de Julio de 1998 y proclamado por Maxim Integrated Products como el eliminador de rebote más robusto del mundo, el **MAX6818** proporciona una interface limpia, libre de ruido, entre interruptores mecánicos y sistemas digitales. Este artículo explica cómo opera y cómo se utiliza este novedoso dispositivo.

JORGE E. HERNÁNDEZ M.

El **MAX6818**, de Maxim Integrated Products, es un circuito integrado especialmente desarrollado para permitir la interface de interruptores mecánicos con buses de datos de microprocesadores y otros sistemas digitales. El dispositivo acepta hasta 8 entradas con rebote provenientes de igual número de interruptores, produciendo salidas digitales perfectamente limpias después de un período de cualificación de 20 ms. Todas las entradas cuentan con protección contra descargas electrostáticas (ESD) hasta de  $\pm 15\text{kV}$  y pueden manejar excursiones de la señal de rebote hasta  $\pm 25\text{V}$ . Sus principales aplicaciones están en los campos de la instrumentación industrial, la electrónica automotriz, los teclados de membrana y los instrumentos basados en PC.

En este artículo examinaremos a grandes rasgos las características generales del **MAX6818** y otros dispositivos similares de la misma familia como el **MAX6816** y el **MAX6817**. Antes de entrar en materia, es instructivo examinar en qué consiste el fenómeno del rebote.

### El fenómeno del rebote

Los interruptores electromecánicos, por su misma naturaleza, nunca realizan commutaciones limpias. De hecho, cuando un interruptor se abre o se cierra, sus superficies de contacto oscilan varias veces entre un estado y el otro antes de unirse o separarse definitivamente, figura 1a. Este fenómeno se denomina **rebote** y puede causar serios problemas cuando se utilizan interruptores como dispositivos de entrada de sistemas digitales sensibles a cambios de nivel como *flip-flops*, contadores, microprocesadores, etc.

Normalmente, el rebote dura sólo unos pocos milisegundos, dependiendo de la robustez mecánica del interruptor. Sin embargo, debido a la rapidez de respuesta de los circuitos digitales, este tiempo es suficiente para que muchos de estos pulsos de ruido sean interpretados como pulsos válidos, causando una respuesta errática. El problema se acentúa si los contactos no están limpios, es decir, si tienen rastros de polvo, grasa, óxido o cualquier otro agente extraño que impida una commutación limpia.

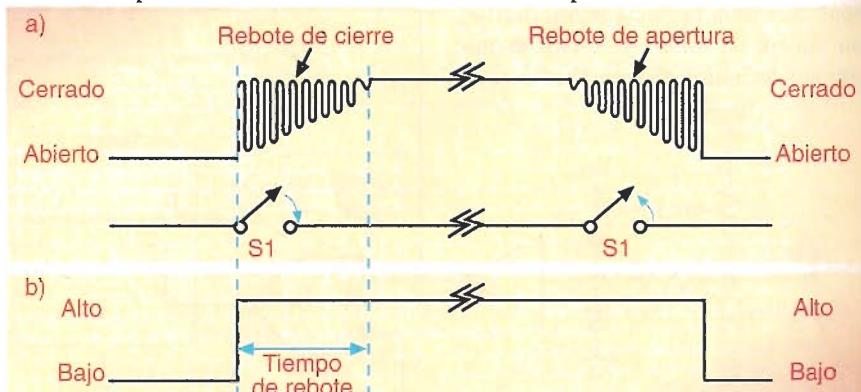


Figura 1. El fenómeno del rebote.

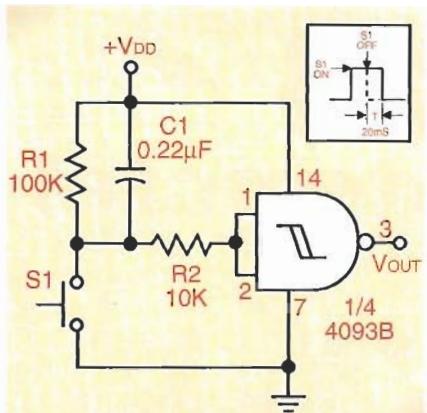


Figura 2. Eliminador de rebote clásico

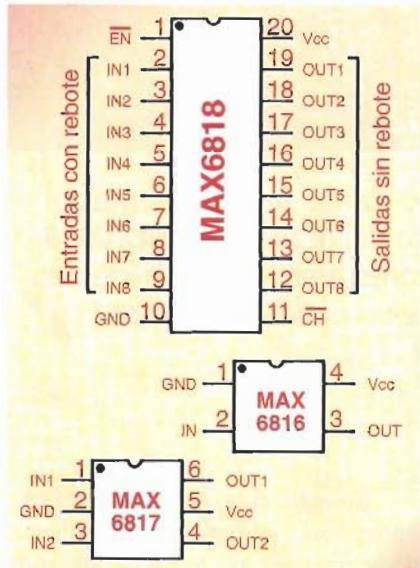


Figura 3. Configuración de pines

Por tanto, para que un interruptor pueda ser utilizado como una fuente confiable de señales digitales, el rebote inherente al mismo debe ser **enmascarado**, es decir ocultado al circuito de utilización. La solución a este problema es interponer entre este último y el interruptor algún tipo de "filtro" que convierta la entrada con rebotes en una señal de salida perfectamente digital, con flancos de subida y de bajada claramente definidos, figura 1b.

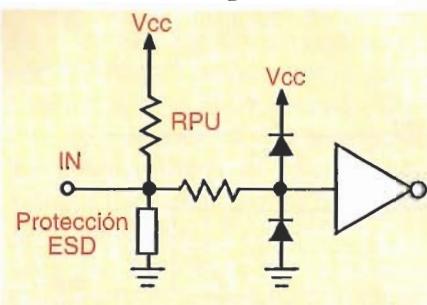


Figura 5. Diagrama interno de bloques

Un método clásico de enmascaramiento de rebotes es utilizando un detector de flancos como el mostrado en la **figura 2**. En este caso, la acción combinada del filtro R1C1 y la histéresis propia de la compuerta Schmitt trigger causa que la salida pase inmediatamente de **bajo a alto** cuando se cierra S1 y de **alto a bajo** unos 20 ms después de haberse liberado el interruptor. Las pulsos de rebote generados durante el cierre y la apertura son ignorados. Otras soluciones incluyen el uso de flip-flops asincrónicos, temporizadores, etc. El **MAX6818** propone una alternativa más elegante y eficiente, eliminando la necesidad de componentes externos.

### El circuito integrado MAX6818

El **MAX6818** es el miembro más reciente de una potente familia de eliminadores de rebote CMOS de Maxim, complementada por el **MAX6816** y el **MAX6817**. En la **figura 3** se muestra la distribución de pines de estos chips. El **MAX6818** provee enmascaramiento para ocho interruptores, el **MAX6817** para dos y el **MAX6816** para uno solo. Todos estos dispositivos operan con tensiones de alimentación entre 2.7V y 5.5V y tienen en común las siguientes características:

- \* Eliminan tanto rebote de apertura como de cierre, proporcionando salidas digitales limpias con un retardo de 20 ms (período de cualificación).
- \* Entradas protegidas contra descargas electrostáticas hasta de  $\pm 15\text{kV}$  y con capacidad de manejo de  $\pm 25\text{V}$ .
- \* Operan en el rango de temperaturas desde  $-40^\circ\text{C}$  hasta  $+85^\circ\text{C}$ .

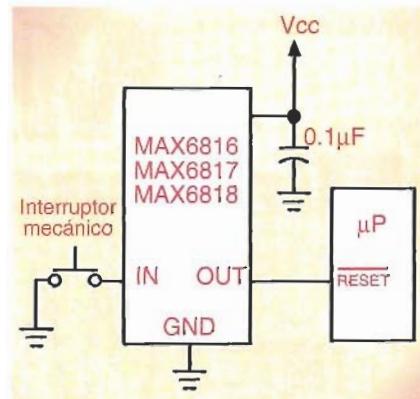
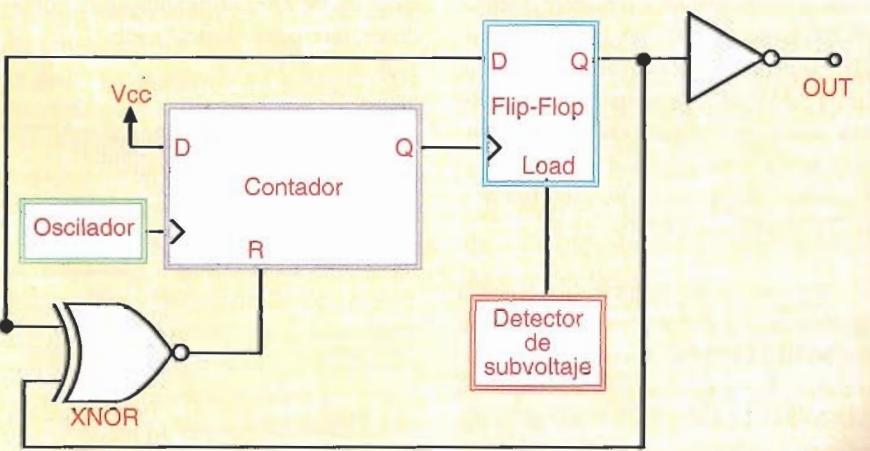


Figura 4. Circuito típico de aplicación

Además de las entradas para los interruptores (IN1-IN8), las salidas libres de rebote (OUT1-OUT8) y los terminales de alimentación (VCC, GND), el **MAX6818** provee también una salida de confirmación de cambio de estado (CH) para simplificar interrupciones y tareas de encuesta (*polling*) en sistemas basados en microprocesador y una entrada de habilitación (EN). Esta última permite situar todas las salidas en estado de alta impedancia (*tri-state*). Además, es compatible pin por pin con el latch octal **74LS573**. Su presentación actual es en cápsula SSOP de 20 pines..

En la **figura 4** se muestra el circuito típico de aplicación de cualquiera de los eliminadores de rebote que constituyen un **MAX6818/17/16**. Note que no se necesitan resistencias de pull-up ni otros componentes externos, con excepción de un condensador de  $0.1\mu\text{F}$  para desacoplar la fuente de alimentación. Si no se requiere la función tri-state en las salidas, la línea de control EN debe ser conectada a tierra (GND). El consumo de corriente es típicamente de  $6\mu\text{A}$ .



En la figura 5 se muestra el diagrama de bloques de cada uno de los circuitos eliminadores de rebote que constituyen un MAX6818/17/16. La compuerta XNOR compara la salida con la entrada, aplicando una señal de reset al contador cuando no son iguales. Una vez estabilizada la entrada, el contador comienza a trabajar, inyectando pulsos de reloj al flip flop durante el período de cualificación de 20 ms. Al final de este último, se actualiza el estado de la salida. En la figura 6 se resume la dinámica del proceso durante la apertura y el cierre del interruptor. Note que la señal de cambio de estado ( $\overline{CH}$ ) se actualiza simultáneamente con las salidas, es decir una vez ha finalizado el período de cualificación ( $t_{DP}$ ).

La circuitería de detección de subvoltaje asociada al flip-flop asegura que las salidas estén en el estado correcto en el momento de aplicar potencia por primera vez al circuito. Mientras el voltaje de alimentación esté por debajo de 1.9V, la circuitería de antirrebote permanece transparente y los estados de los interruptores están presentes en las salidas sin retardo. Los diodos asociados a las entradas protegen el circuito contra condiciones de falla, permitiendo que las entradas puedan excusiónar hasta  $\pm 25V$  con respecto a tierra.

Note también la existencia en las entradas de resistores de pull-up (RPU) de  $63k\Omega$  y de estructuras de protección contra descargas electrostáticas. Estas últimas

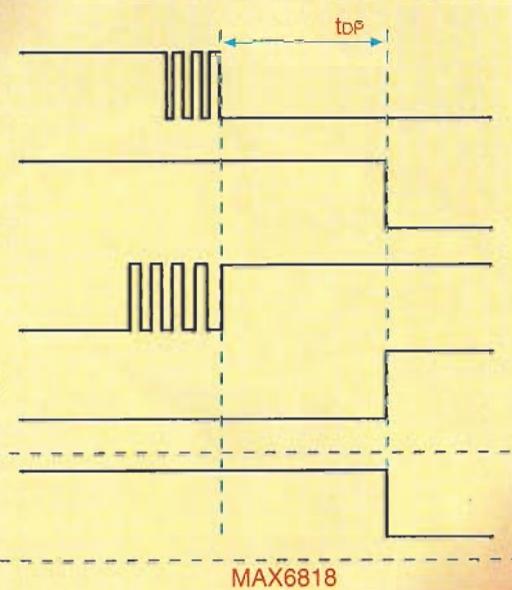


Figura 6. Características de entrada

pueden soportar niveles de ESD hasta de  $\pm 15kV$ ; no solamente durante la operación normal del dispositivo, sino también durante su manipulación y montaje. Después de una descarga electrostática dentro de los niveles permitidos, el MAX6818/17/16 continúa operando normalmente, sin encallarse. Otras soluciones producen un efecto de enclavamiento similar al de los tiristores, obligando a suspender el suministro de potencia para su remoción.

### Interface con microprocesadores

El MAX6818 es particularmente adecuado para proporcionar interface entre interruptores electromecánicos y buses de datos de microprocesadores. La disponibilidad de una línea de habilitación (EN) permite que las salidas puedan ser fácilmente situadas sobre el

bus de datos en estado de alta impedancia hasta que sean encuestadas. Además, como el circuito detecta los cambios de estado en las entradas y la salida  $\overline{CH}$  se hace baja después del período de rebote, resulta muy sencillo realizar interrupciones.

Para finalizar, en la figura 7 se muestra un circuito típico de interface de un MAX6818 con un microprocesador y en la figura 8 el diagrama de tiempos correspondiente para la habilitación de salidas y la lectura de datos. Recuerde que si no se utiliza la función tri-state, la entrada EN debe ser conectada a tierra (0V) para que las salidas estén siempre habilitadas. Bajo esta condición, la salida  $\overline{CH}$  permanece siempre alta. Los valores de los tiempos relacionados en los diagrama de la figura 6 y 8 son los siguientes:

$t_{DP}$ : 20 ms a 60 ms. Típico: 40 ms  
 $t_{EN}$ : 200 ns, mínimo  
 $t_{PE}$ : 100 ns, máximo  
 $t_{PD}$ : 100 ns, máximo  
 $t_{PC}$ : 100 ns, máximo

Para más información sobre el MAX6818, se recomienda visitar el sitio web de Maxim Integrated Products en la siguiente dirección de Internet:

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

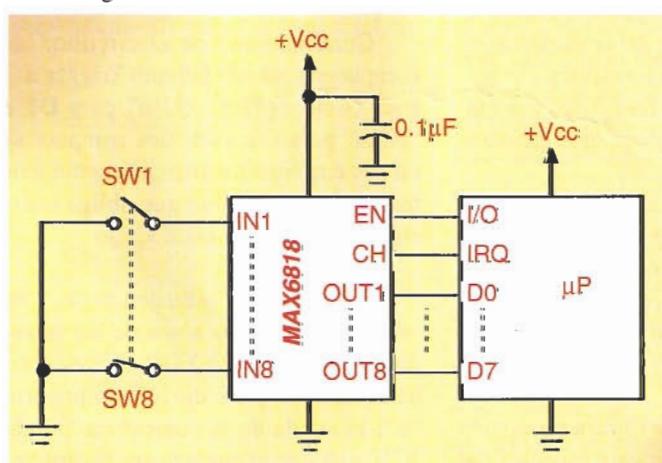


Figura 7. Circuito típico de interface con  $\mu P$

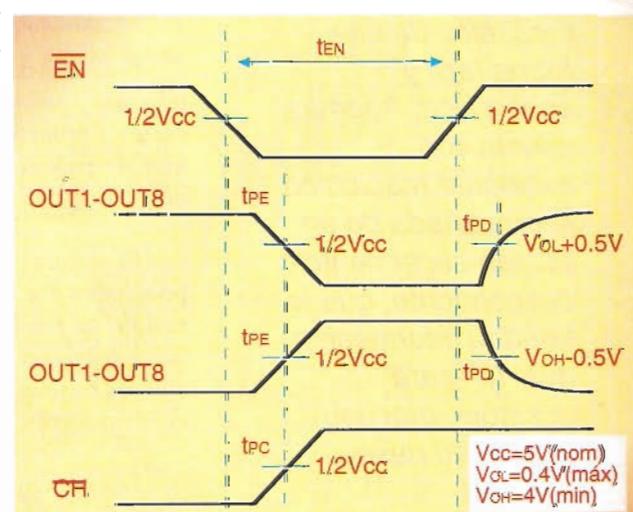
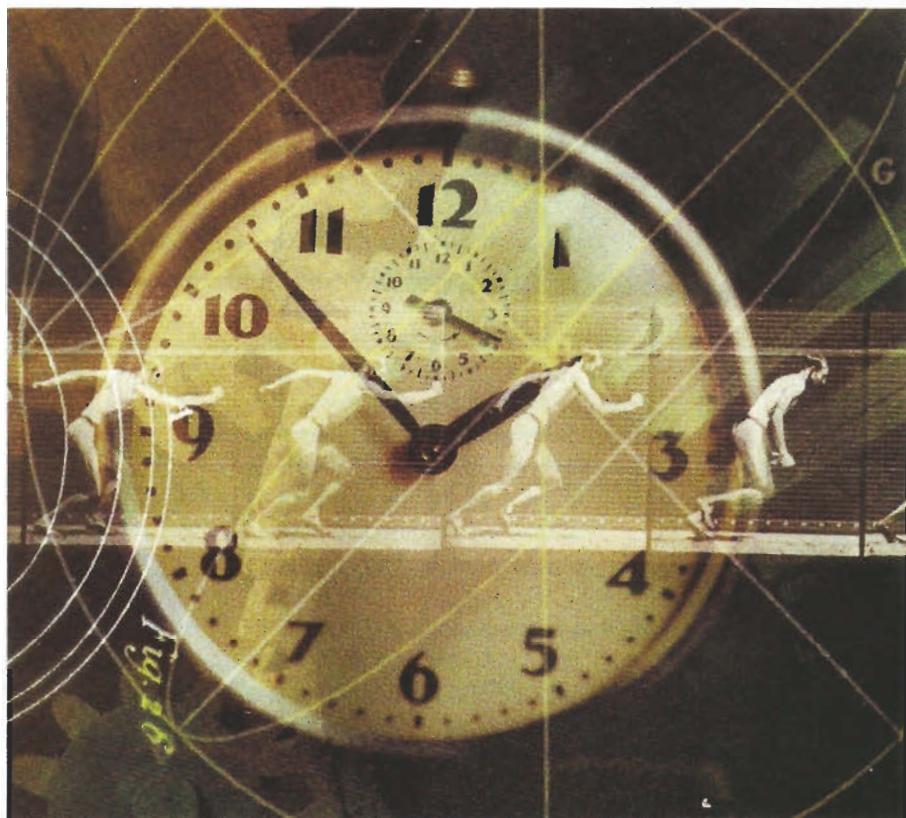


Figura 8. Diagrama de tiempos para interface con  $\mu P$



## Contador Up/Down discreto

JUAN MANUEL RUIZ

*Este práctico circuito le permite controlar las vueltas de cualquier sistema mecánico de una forma fácil y económica. Además, cuenta con excelente resolución acompañada de un conteo ascendente o descendente, que le brindan información muy útil para cualquier proceso que usted desee realizar.*

**E**l sistema está conformado por dos etapas; la primera es la interface mecánica, compuesta por un disco dentado y la segunda el circuito propiamente dicho. Ambas partes deben trabajar en conjunto para que el circuito funcione de forma adecuada y acoplarse a un contador up/down como el 4029B con display digital.

Con el fin de comprender fácilmente el funcionamiento del circuito, explicaremos primero la estructura electrónica, después el diseño del disco dentado y por último la interacción de estos.

El circuito tiene como elementos principales dos sensores infrarrojos de ranura, un par de compuertas NAND Schmitt Trigger, dos compuertas XOR, además de unas cuantas resistencias y condensadores, figura 1.

Los sensores de ranura contienen un emisor infrarrojo y un receptor del mismo tipo. Para la alimentación de

los emisores infrarrojos utilizamos a R1 y R4 respectivamente. Estas resistencias están conectadas a +12V y limitan la corriente a cada uno de ellos. La corriente para los sensores infrarrojos está determinada por R2 y R3; es útil saber que si se aumenta hasta cierto punto el valor de estas últimas resistencias, la sensibilidad del elemento se incrementa.

Continuando con el circuito, las compuertas NAND Schmitt Trigger actúan como Buffer; "IC1a" para D1 e "IC2a" para D2; estas dos compuertas en sus entradas reciben constantemente un nivel de voltaje que obliga a sus salidas a tomar un estado bajo.

IC1a tiene su salida en el pin 3, la cual está conectada a una de las entradas de la compuerta XOR, en este caso utilizamos el pin 1 de IC2 compuerta "a"; la salida de la compuerta "b" de IC1(pin4), se encuentra unida directamente al pin 2 de "IC2a". Esta última

**Señales lógicas**

Cuando la parte mecánica y la electrónica se encuentran asociadas perfectamente, se obtienen esta serie de datos, los cuales deben cumplirse como se muestra en la figura 3 y 4.

**Cuenta ascendente**

Al observar la gráfica de funciones para la cuenta progresiva, se puede notar que las salidas de las compuertas "a" y "b" de IC1 entregan una serie de datos lógicos que se inician en fase. Estos datos, al llegar a la entrada de IC2 "a", dan como resultado un tren de pulsos sobre la salida de dicha compuerta, que como se puede notar en la figura 3, comienza en un estado alto. Además, esta misma señal se encuentra en alto precisamente cuando en la salida de IC2 "b" se genera un pulso, esto obligará al contador a incrementar el dato que se encuentre presente.

**Cuenta descendente**

En este proceso las compuertas "a" y "b" de IC1 inician generando trenes de pulsos que se encuentran en desfase; esta señal da como resultado una serie de datos en la salida de la compuerta IC2a, de este modo la compuerta se presenta en estado bajo en el preciso momento en que la compuerta "b" de IC2 entrega un pulso para el contador, permitiendo que se produzca la cuenta descendente.

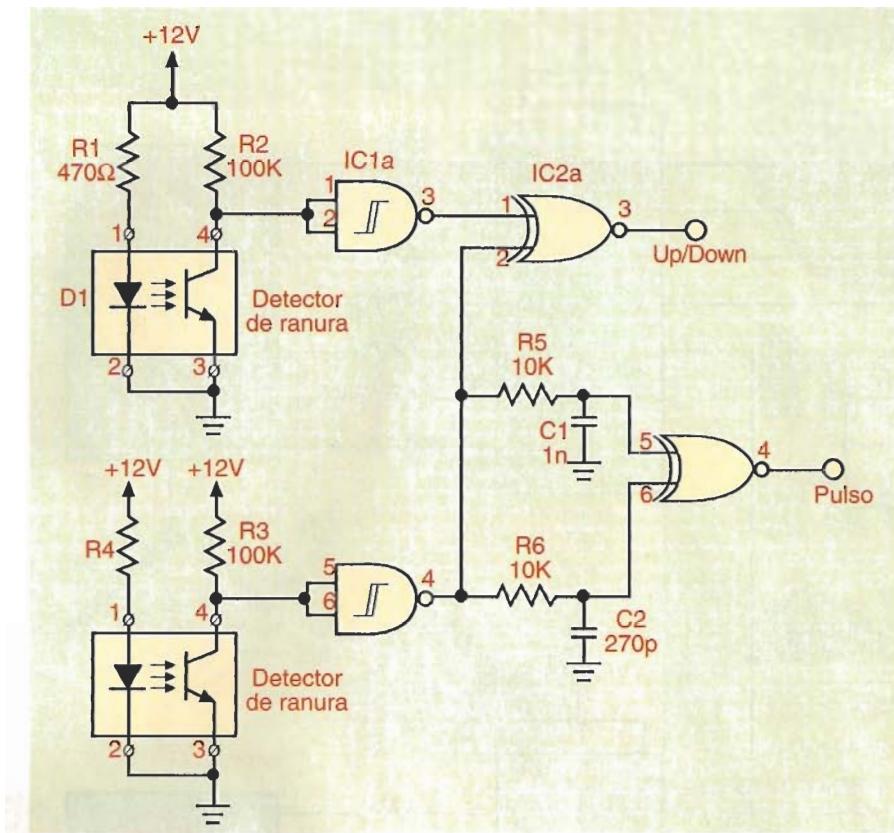


Figura 1. Diagrama esquemático

compuerta es la encargada de entregar en su salida (pin 3) una señal que nos permitirá efectuar una cuenta progresiva o regresiva según los datos visualizados en sus entradas.

Del pin 4 de IC1 que está unido al pin 6 de IC2, salen dos resistencias R5 y R6. Estos elementos limitan el flujo de corriente sobre los condensadores C1 y C2 respectivamente. De allí continúan hacia la entrada de la compuerta XOR "b" en los pines 5 y 6. Si nos fijamos en los condensadores C1 y C2 se puede observar una diferencia de potencial, lo

cual permite generar un cambio de tiempo sobre las entradas de IC2b, logrando que en su salida "pin 4" se presente un pulso que activará el contador.

**Disco**

El disco que nos permitirá efectuar el conteo consiste en una rueda dentada que tiene unas propiedades especiales, y debe estar instalado tal como se muestra en la figura 2.

El sistema basa su funcionamiento en las diferencias que visualiza sobre el disco. Por tal razón, este elemento tiene como mínimo cinco ranuras las cuales deben ser del mismo tamaño de los dientes, es decir los claroscuros del disco deben ser proporcionales.

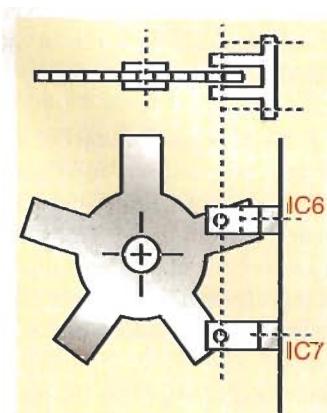


Figura 2. Disco dentado

Este diseño de disco permite contar décimas de vuelta. Ahora, si necesitamos mayor precisión en el proceso, es posible obtener centésimas de vuelta construyendo un disco de las mismas características, pero en este caso con cincuenta ranuras, lo cual entrega como resultado cien diferencias, señales que son necesarias para lograr el conteo de centésimas.

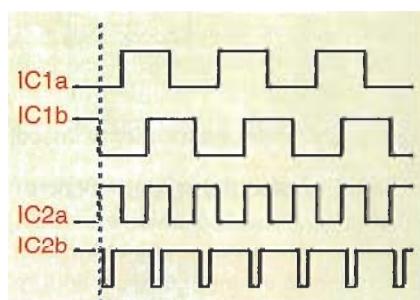


Figura 3. Conteo ascendente

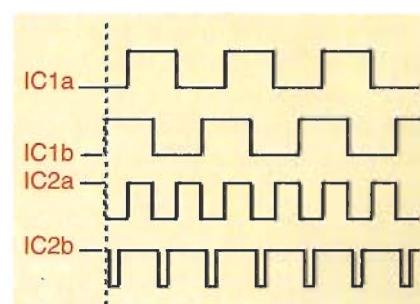


Figura 4. Conteo descendente

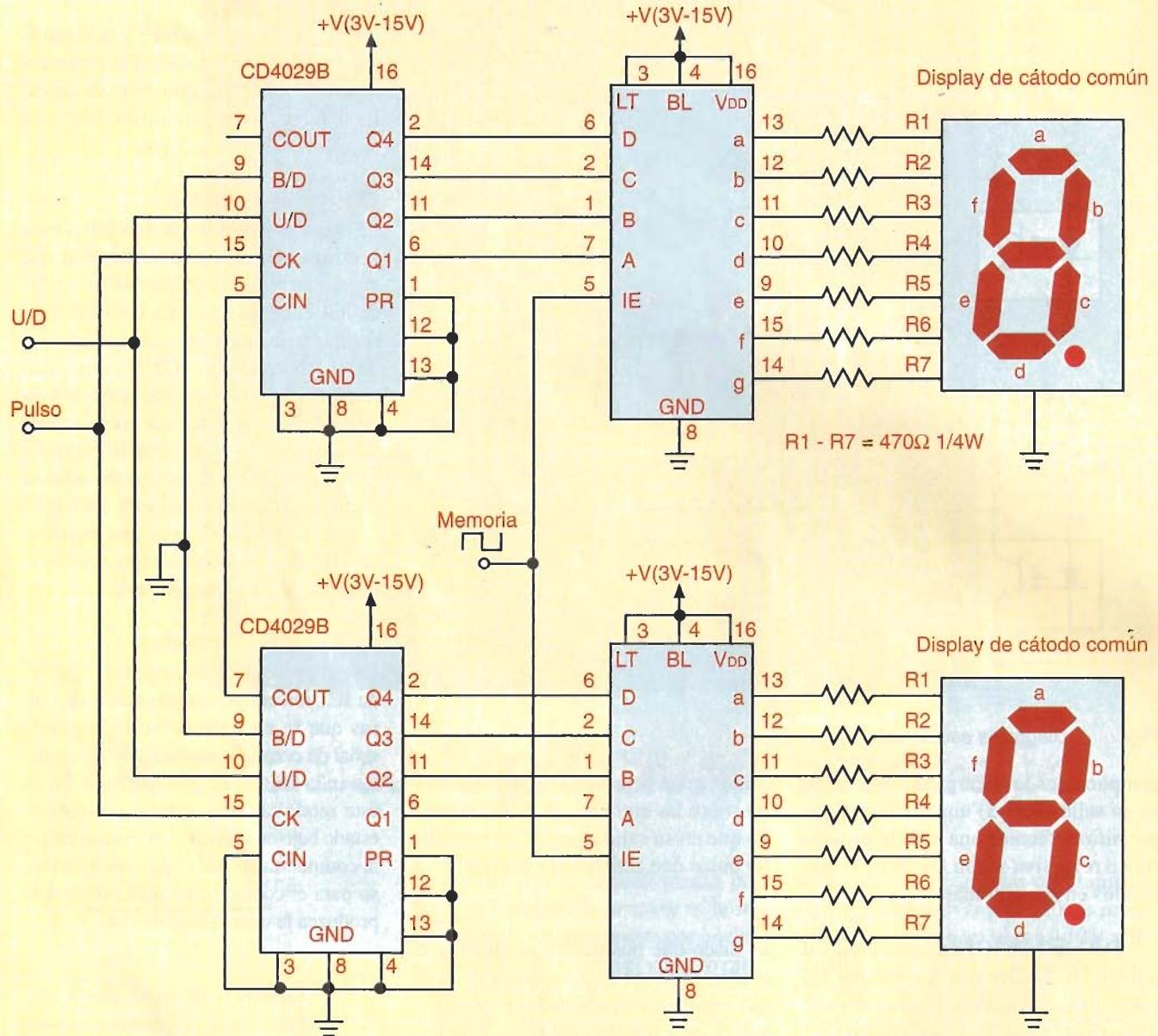


Figura 5. Contador ascendente descendente para el circuito de la figura 1.

Al comienzo del artículo mencionábamos el contador up/down 4029, el cual se debe asociar con el integrado 4511; este último recibe un código BCD entregado por el 4029 y lo convierte a una presentación de siete segmentos, es decir permite visualizar el número decimal correspondiente en un display de cátodo común. Fuera de esto el circuito integrado 4511 es capaz de memorizar el último código y mantenerlo en el display.

En la figura N° 5, se observa el circuito complemento que se debe utilizar para la visualización de datos del contador up/down, usando dos display de catodo común.

Es muy posible que usted tenga problemas en la fabricación del disco para el contador, debido a esto le recomendamos utilizar materiales de fácil manejo y que se oponen con efectividad al paso de la luz, tales como hojas de aluminio que no presentan demasiada dificultad en el momento de efectuar cortes o perforaciones. También es posible utilizar materiales sintéticos de color oscuro, como pueden ser las tapas de algunos productos que normalmente se desechan en nuestros hogares.

Ahora, si después de armado el circuito no funciona, asegúrese que todo está ensamblado tal como se muestra en los diagramas y que fuera de ello no

reciban demasiada luz externa; verificado esto y el circuito aún no funciona, revise la posición de los sensores infrarrojos con respecto al disco. Experimente colocándolos en torno al disco en diferentes posiciones.

Cuando el circuito comience a trabajar haga girar el disco en el sentido contrario de las manecillas del reloj y este debe incrementar los datos en el display, si por el contrario los datos se tornan regresivos ubique las salidas de los sensores ópticos adecuadamente.

Gire ahora el disco en el sentido de las manecillas del reloj y en este caso el conteo debe ser regresivo. ☺

# Qué hay de nuevo en...

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

## SENSORES

**Sensor de proximidad resuelve problemas de espacio**



El sensor inductivo *Picoprox*, de la empresa *Turck*, es capaz de manejar cargas hasta de 100mA. Viene en encapsulados de 4.0, 5.0, 6.5 y 8.0 mm de diámetro lo que permite que pueda ser instalado en casi cualquier parte. Posee un conector especial que facilita su conexión y desconexión en caso de tener que reemplazarlo, evitando así el manejo de cables.

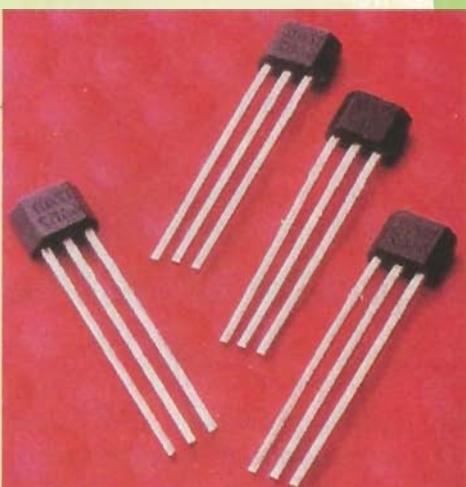
Estos sensores están protegidos contra cortocircuitos, sobrecargas y polarización inversa. Además, su encapsulado es altamente seguro. Para obtener mayor información se puede consultar en:

<http://www.turck.com>

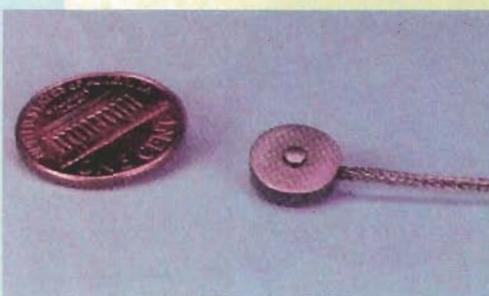
### Sensor de efecto Hall con salida digital

El sensor de efecto Hall *MLX90217*, de la empresa *Melexis*, posee una salida digital, mediante la cual puede indicar velocidad, distancia o rpm de algún aparato giratorio. Este dispositivo posee un convertidor A/D interno de 10 bits y una lógica de control que permite realizar todas las funciones en un sólo chip de 3 pines. Su salida, en colector abierto, está protegida contra cortocircuitos. El rango de temperatura en que puede operar este elemento va hasta los 155° C. Para obtener mayor información se puede consultar en:

<http://www.melexis.com>



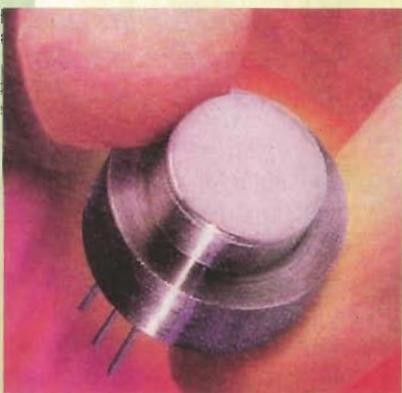
## Celda de carga miniatura



Este dispositivo, conocido como celda de carga Modelo 13 de la empresa Sensotec, es una unidad miniatura de bajo perfil para medir cargas desde 50 g hasta 1.000 libras. Está disponible en diámetros de 0,38 a 0,75 pulgadas, con alturas de 0,13 a 0,25 pulgadas. El Modelo 13 ofrece una histéresis de 0,25%. Este componente pesa menos de 2 onzas y es de acero inoxidable. Para obtener mayor información se puede consultar en:

<http://www.sensotec.com>

## Transductor de presión para medios corrosivos



Construido en acero inoxidable serie 300, el transductor de presión *Modelo BX* de la empresa *Data Instruments*, viene en un encapsulado diseñado para resistir una gran variedad de ambientes corrosivos sin correr ningún riesgo. La unidad tiene un diámetro de 0,5 pulgadas.

Este sensor provee una salida de 50 mV produciéndos con 4 mA de excitación. La precisión en la máxima escala es del 1%. El rango de temperatura estándar es de -40° C hasta +100° C y mide presiones desde 15 hasta 100 psi. Para obtener mayor información se puede consultar en:

<http://www.datainstruments.com>

## Transductor de presión inmune a la Interferencia Electromagnética

Este sensor posee un muy buen nivel de inmunidad contra la EMI dado su conector metálico especial y que posee un circuito de filtrado y supresión de señales



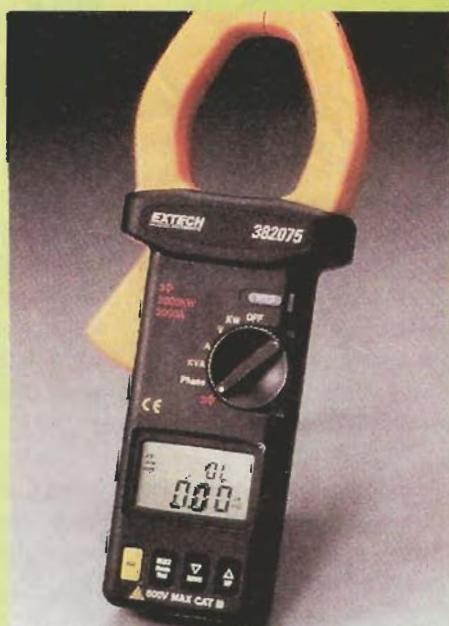
indeseadas. Posee rangos absoluto, diferencial y en vacío para cubrir escalas totales entre 0 y 1 psi y entre 0 y 500 psi. Todos los modelos de este sensor poseen salida analógica y salida serial digital. Para obtener mayor información se puede consultar en:

<http://www.ssec.honeywell.com>

## Pinza para medidas de potencia trifásica

La pinza modelo 382075, de la empresa *Extech*, permite realizar medidas en circuitos trifásicos de 3 ó 4 hilos, con cargas balanceadas o desbalanceadas. Sus medidas incluyen voltaje hasta 600 V; corriente hasta 2 kA; potencia real, reactiva y aparente hasta 1.200 kW; frecuencia, factor de potencia y ángulo de fase. El medidor posee un display de cristal líquido de hasta 3,999 conteos. Para obtener mayor información se puede consultar en:

<http://www.extech.com>



# Computadoras Industriales

*Las computadoras han invadido todos los campos de acción del ser humano y la industria es precisamente uno de ellos. Conozcamos algunas particularidades de las computadoras diseñadas para aplicaciones industriales.*

**GUILLERMO RAMOS RAMOS**

Las computadoras industriales, figura 1, son máquinas muy similares a las computadoras de escritorio, sólo que cumplen funciones de control y están acondicionadas con formas y especificaciones técnicas especialmente diseñadas para un ambiente pesado, ruidoso y toso, como lo son las plantas industriales.

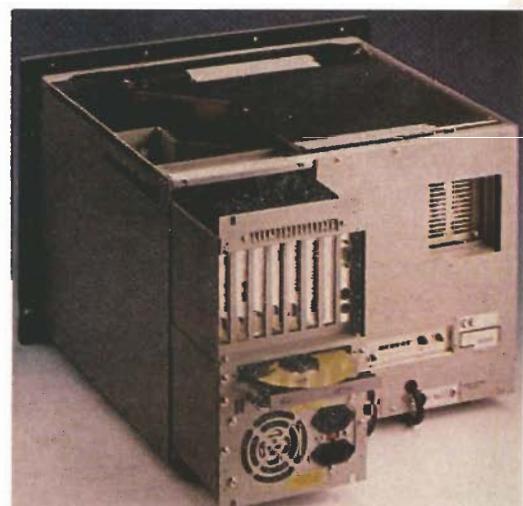
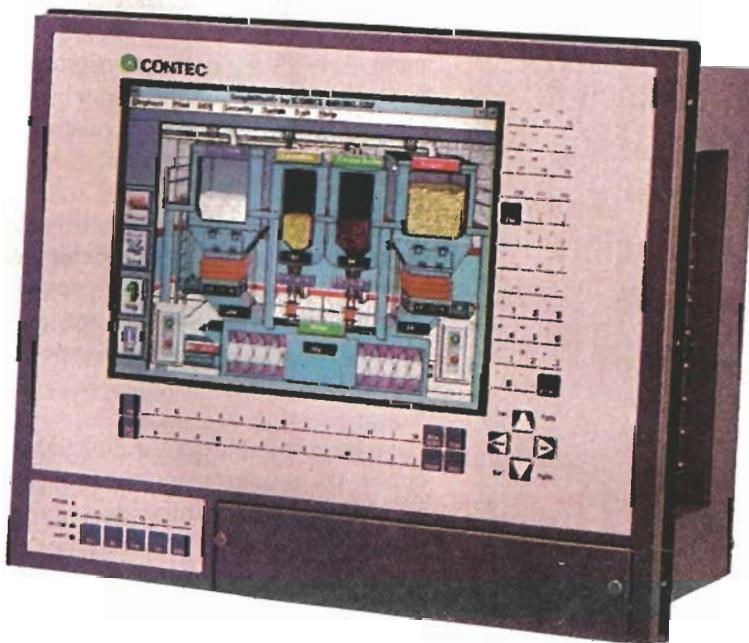
Igual que una computadora de la plataforma PC, muchas computadoras

industriales actuales están elaboradas con el sistema de tecnología abierta, es decir con gran flexibilidad, con la cual se pueden elegir diferentes configuraciones e instalar tarjetas de interface que se acomoden de acuerdo a determinada labor específica de una planta industrial.

En cuanto al precio que se debe pagar actualmente por una computadora industrial, éste es sumamente bajo,

convirtiéndolas aquí en sistemas de fácil adquisición; esto gracias al aumento de la automatización industrial, lo que incrementa la oferta de este tipo de productos y por ende contribuye a la disminución del valor con el que se ofrecen al público.

**Propiedades a tener en cuenta con computadoras industriales**  
**Confiabilidad.** En las computadoras



*Figura 1. Computadoras industriales*



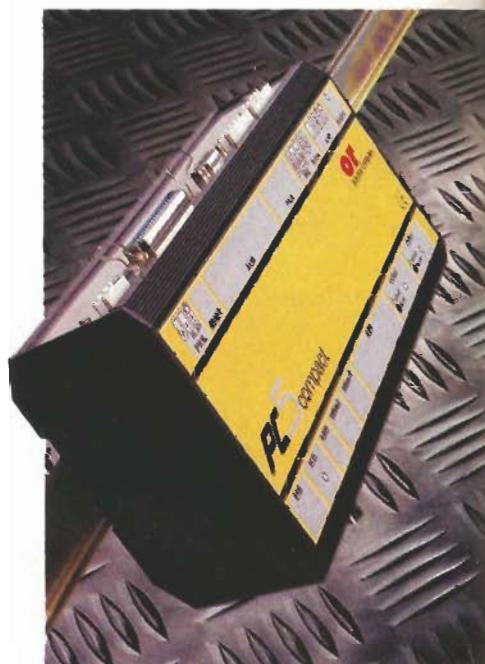
**Figura 2.** Disco de silicio

industriales este parámetro es de suma importancia ya que interviene directamente con los procesos de producción, los cuales son los que finalmente le interesan a cualquier empresa. Como cualquier computadora, las de control industrial dependen del hardware que contienen internamente y de la estabilidad del sistema operativo que tengan instalado. Por ejemplo, no sería nada agradable que durante el proceso de determinado producto en serie, nos encontramos con que la computadora se encuentra congelada, es decir, que se haya bloqueado. Este problema es aceptable en cierta forma en una oficina, donde se puede solucionar simplemente reiniciando la máquina,

pero es inaceptable en una compañía donde el proceso de producción de un producto quede a medias. Por tal motivo, los dispositivos y programas deben ser de altas capacidades.

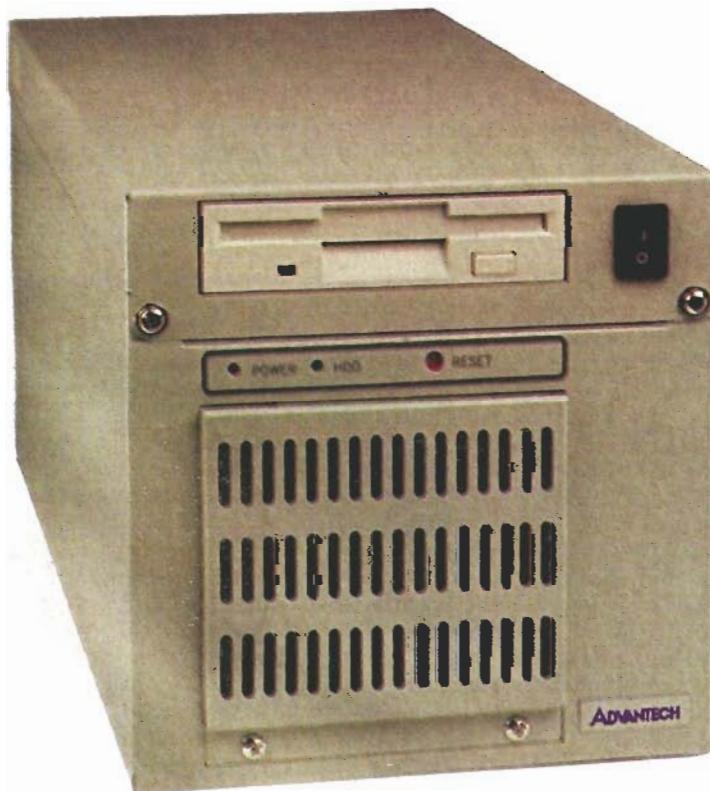
Algunas computadoras industriales reemplazan los discos duros tradicionales por discos hechos a partir de piezas sin movimiento, específicamente de semiconductores, lo que permite que puedan ser manejados bruscamente y en ambientes complicados. Observe en la figura 2 un disco de silicio para tales propósitos.

**Tolerancia a fallas.** Las computadoras son tolerables a fallas comunes sin necesidad de detener el proceso que estén ejecutando. A nivel de hardware existen computadoras con sistemas dobles, es decir, doble microprocesador, memoria duplicada (datos), fuentes de poder de respaldo, etc., los cuales pueden estar funcionando simultáneamente o bien, permiten el intercambio del dispositivo en caliente (hot swapping), o sea sin tener que apagar las máquinas ni detener los procesos de la planta donde se encuentren instaladas.



**Figura 4.** Computadora industrial compacta

A nivel de software, el sistema operativo suele tener una sección de vigilancia denominado *watch dog* (perro guardián), el cual supervisa permanentemente el sistema de proceso y cuando detecta alguna anomalía, informa inmediatamente al operario en forma de alarma para que se tomen las medidas correspondientes o para que el mismo sistema corrija la posible falla de manera automática.



**Figura 3.** La seguridad que debe brindar la computadora depende específicamente de la labor que ella realice. Esta por ejemplo es diseñada para ambientes corrosivos

Así mismo, en caso de presentarse problemas, las computadoras llevan un registro de todas las tareas y acciones con su respectiva hora en forma de reporte, de tal manera que posteriormente pueda descifrarse la causa del problema y así ejecutar las correcciones y tomar las medidas respectivas.

**Seguridad.** Este es un parámetro que depende estrictamente del ambiente en el cual se desempeñará la computadora, del tipo de producto que ella esté controlando y de la tarea específica que cumple.

Las computadoras industriales deben responder a los estándares NEMA, que son normas de seguridad para dispositivos eléctricos y electrónicos. Por ejemplo, en una planta donde se manejen componentes explosivos, si se desea introducir una computadora a tal sistema, ésta

Montaje	Riel metálico DIN
Microprocesador	Pentium MMX 166-233 MHz K5 PR-166 MHz K6 166-300 MHz
Software	Windows NT, MS DOS y QNX
RAM	DRAM 64MB
Disco Flash ROM	140 MB
EEPROM	Serial para datos de usuario
Video	VGA o Pantalla Plana LCD o TFT
Disquete	Unidad de 3.5 pulgadas
Red	Adaptador Ethernet 10Base T
Puertos seriales	4 asincrónicos
	2 USB de 12 Mb/s
Puertos paralelos	2 EPP
Entradas	2 opto aisladas
Salidas	3 opto aisladas
Módulos	Hasta 64 E/S
Teclado	Estándar
Pantalla	LCD
Temperatura	0° a 55°C
Carcasa	Aluminio
Protección	Interferencia electromagnética (EMI)

debe tener una carcasa y conexiones seguras de tal forma que no vayan a ocasionar una explosión debida a una chispa generada por algún roce o por un corto circuito interno.

Adicionalmente, deben estar selladas de tal modo que eviten el ingreso de partículas nocivas o líquidos a la círcuitería electrónica, lo que seguramente estropearía los elementos físicos de la computadora. Sin embargo, algunas características de los procesos no suelen ser tan exigentes permitiendo la instalación de computadoras similares a las de escritorio, como la que observamos en la figura 3.

Por estas y otras razones, las computadoras industriales presentan diseños especializados buscando eli-



Figura 5. Algunas características de las computadoras compactas

minar todos estos riesgos y poder entregar al empresario un producto confiable y seguro.

#### Tipos de computadoras industriales

**Computadoras industriales compactas.** Las computadoras compactas para control industrial tienen como principales cualidades su rigidez, figura 4, y excelente desempeño. Por ser sistemas poco flexibles, una vez se les haya asignado una tarea específica cumplen con ella sin mayores riesgos ni contratiempos.



Figura 6. Computadora industrial de montaje en panel

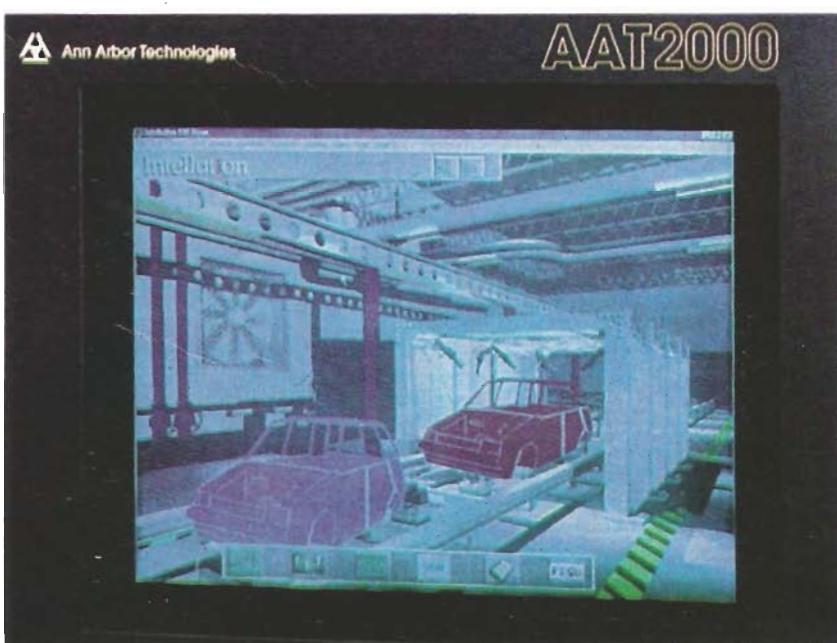
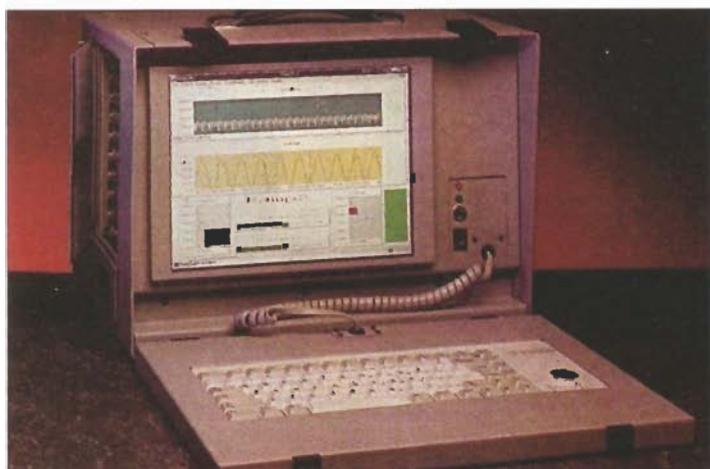


Figura 7. Algunas características de una computadora de montaje en panel



**Figura 8.** Pantalla LCD. De uso común en computadoras de montaje en panel



**Figura 11.** Computadora industrial de tipo portátil



**Figura 9.** Computadora industrial de montaje en racks (rack mount)

Antes de adquirir una computadora de este tipo se debe estudiar cuidadosamente el proceso que realizará ya que seguramente será un poco difícil asignarle posteriormente otra tarea debido precisamente a la carencia de flexibilidad, por lo que no se ajustará fácilmente a una nueva labor. Observe en la figura 5 un resumen de características típicas en una computadora de este tipo.

**Montaje en forma de panel o sistemas panel mount.** El montaje de panel, figura 6, es quizás el más común a nivel industrial gracias a su flexibilidad y a su excelente presentación final. Generalmente las salas de control industrial constan de una serie de ar-

marios metálicos en los cuales se incrustan todos los controladores e indicadores de los procesos que se efectúan en la planta. Una computadora de montaje en panel puede acondicionarse fácilmente a este tipo de armarios permitiendo una gran maniobrabilidad por parte del usuario de la sala de control, además, por la posición de la pantalla, ésta brinda alta visibilidad de tal forma que se puedan detectar rápidamente los sucesos o alarmas del sistema. Observe en la figura 7 un listado de características típicas de una computadora de este tipo.

Las computadoras de montaje en panel permiten el uso de las pantallas de tacto o *touch screen*, por lo que la interfaz máquina-usuario es supremamente ágil. De igual manera, las pantallas LCD son también de gran utilidad en este tipo de computadoras, figura 8.

**Montaje en racks.** El sistema de montaje en racks, figura 9, permite una capacidad variable del dispositivo ya que puede ensamblarse de forma modular. Estos poseen una carcasa removible con la cual se tiene acceso a los slots o ranuras ISA y PCI de la computadora. Están habilitadas para aceptar variados microprocesadores, al igual que diferentes discos duros, memoria RAM, módulos de entrada/salida, módulos de compatibilidad con sistemas de redes, etc.

Observe en la figura 10 algunas de las características típicas en este tipo de computadoras.

Entre las posibilidades podemos mencionar computadoras con microprocesadores Intel Pentium y de doble microprocesador, hasta 20 slots para tarjetas de interface, Pantallas tipo CRT (*Cathode Rayo Tube*) y pantallas planas o de cristal líquido, fuentes de poder intercambiables en caliente, o sea durante operación normal (hot swappable), etc.

Montaje	Racks
Microprocesador	Pentium MMX
Pantalla	Plana TFT
Slots	5-20 ISA/PCI
Software	Windows NT
Teclado	4 IDIN
Ventiladores	4 a 6 internos
Bahías	8 de 3.5 pulgadas o 2 de 5.25 y 6 de 3.5 pulgadas
Carcasa	Aluminio
Agarraderas	Acero inoxidable
Fuente de poder	300W
Temperatura de operación	0-55°C
Humedad relativa	5-95%
Protección	Interferencia electro-magnética (EMI)



**Figura 10.** Algunas características de una computadora de montaje en racks

**Computadoras industriales Portátiles.** Son aquellas que además de cumplir tareas de control industrial, son transportables y permiten mayor maniobrabilidad por parte del usuario, figura 11. Realmente, este tipo de computadoras sólo tiene cierto grado de portabilidad ya que sus características como el peso y el tamaño no son tan amigables como sucede con las portátiles personales. Algo que si es común en todas es la protección que ofrecen a la maniobrabilidad normal que acarrea el hecho de ser portátiles. Esto ayuda a que

no se vean seriamente afectadas por golpes, vibración, campos magnéticos, y en general, tratamiento un poco tosco.

Algunas computadoras pueden tener características especiales para la recolección de información proveniente de datos suministrados por determinadas máquinas, a las cuales queda difícil adaptarles computadoras convencionales debido a la complejidad que dichas máquinas representan. Así mismo, pueden tener capacidades para la medición de variables físicas como temperatura, voltaje, corriente o aplicaciones para telefonía, entre otras.

Otras computadoras portátiles están dotadas de bahías o compartimientos que permiten flexibilidad para la instalación de diferentes discos duros, módulos o tarjetas PCMCIA, unidades de CD-ROM, unidades de disquete y baterías adicionales.

Diferente de las computadoras personales portátiles, las portátiles industriales son de superior tamaño, el cual depende principalmente de la cantidad de slots ISA y PCI que tenga disponibles para tarjetas de aplicaciones especiales.

### Software

Las computadoras de control industrial pueden usarse con sistemas operativos tales como Windows CE, el cual tiene como principal propiedad el no necesitar de grandes características de Hardware, inclusive, es apto para máquinas que no usen discos duros, los cuales son reemplazados por otro tipo de memoria.

Así mismo, algunas computadoras permiten el uso de sistemas operativos de alta capacidad como lo es Windows NT, figura 13, Windows 95/98., entre otros.

Adicional al sistema operativo, debe usarse determinado software de control, el cual generalmente de tipo SCADA o supervisor, figura 14.

Con estos sistemas, la computadora presenta compatibilidad para ser conectada en red a través de toda la empresa, permitiendo así compartir recur-

Tipo	Portátil
Microprocesador	Pentium MMX de 233 MHz
Memoria RAM	Hasta 128 MB
Pantalla	LCD de matriz activa
Batería	LCD
Slots	Fluorescente TFT
Peso	Activa por 8 horas
Espesor	Hasta 2 PCI/ISA
	15 libras aprox.
	8 cm aprox.



Figura 12. Algunas características de una computadora portátil de control industrial

sos como impresoras y demás dispositivos externos ubicados en diferentes sitios de la planta. Todo esto además de la característica de transporte de información desde y hacia computadoras dedicadas al procesamiento de datos.

### Conclusiones

La arquitectura abierta de las computadoras industriales hace que se incremente cada vez más el uso de estos sistemas, esto gracias a la compatibilidad que ofrecen con los sistemas de información convencionales o de oficina.

El inconveniente de este sistema abierto consiste en que disminuyen las soluciones exactas para determinada aplicación industrial, como son los PLC y los controladores, por lo cual, podemos decir simplemente que las computadoras industriales son un intermedio entre los sistemas informáticos convencionales y las soluciones concretas que ofrece un dispositivo



Figura 13. Windows NT, sistema operativo de gran desempeño, montado en una computadora industrial

programable como los PLC y Controladores especializados.

Muchas empresas diseñan sus sistemas de control en forma híbrida, es decir usando controladores rígidos para determinados procesos y a la vez comunicados con computadoras que suministran información de los procesos en general de la planta, todo en tiempo real.  $\Omega$

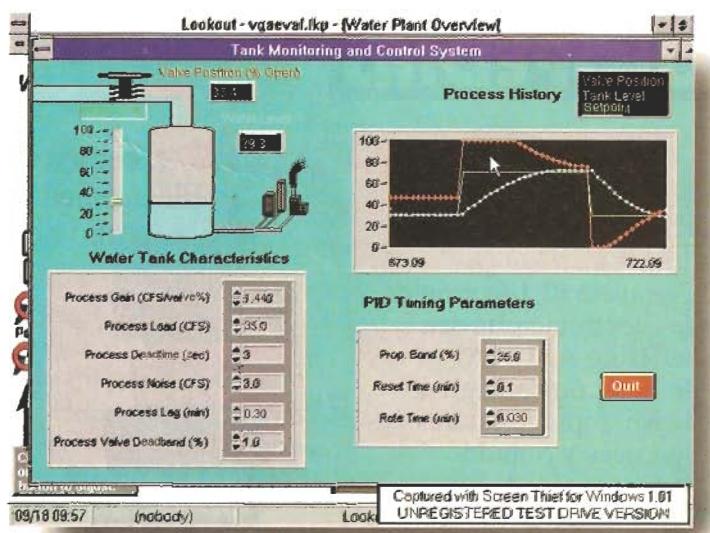
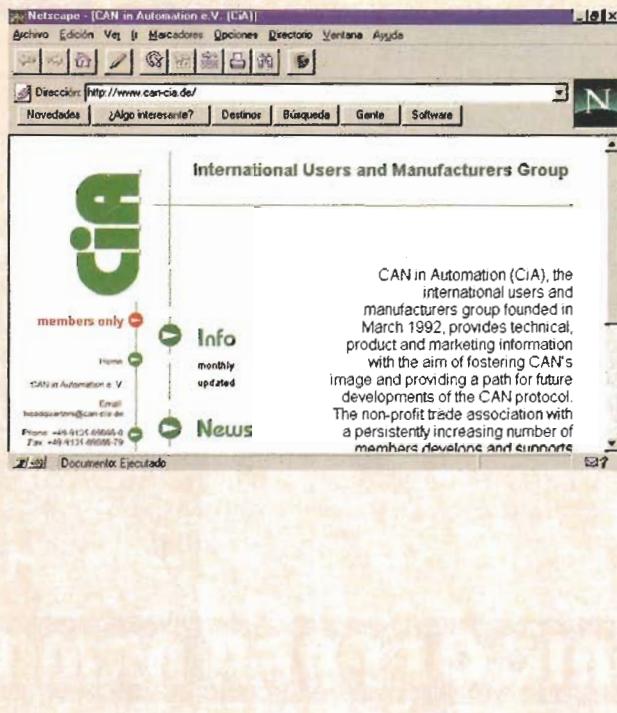


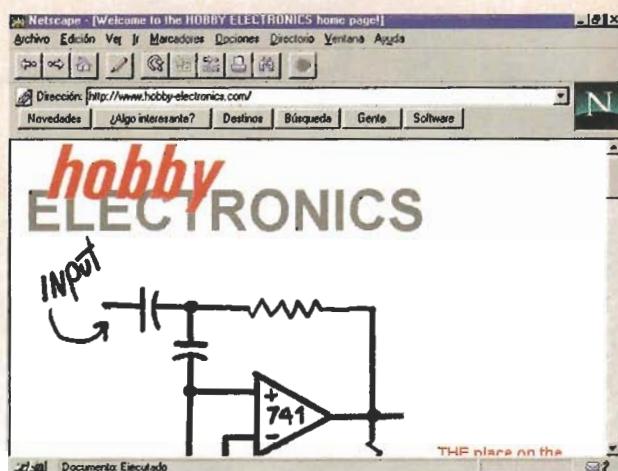
Figura 14. Programas SCADA o de supervisión para el control de plantas



### La página del CAN

El CAN (Control Area Network) es un protocolo o estándar de comunicación utilizado en sistemas de control. En esta página, auspiciada por una organización dedicada al fomento de dicho sistema, se encuentra la descripción, características y en general, toda la información necesaria para comprender este tema, el cual se está convirtiendo en uno de los métodos más utilizados a nivel industrial.

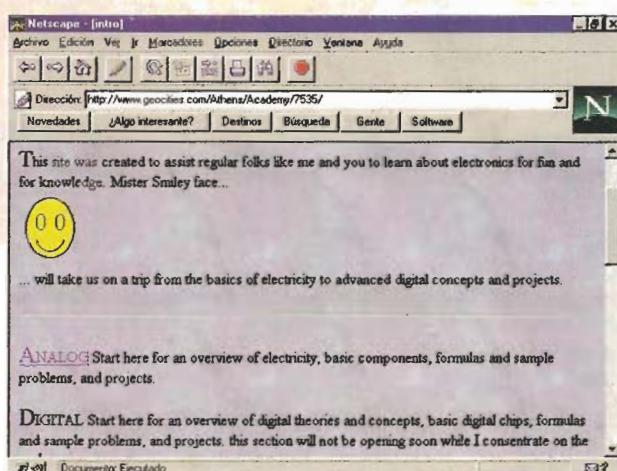
<http://www.can-cia.de>



### La página de los aficionados a la electrónica

Este es un fabuloso sitio en Internet para todos los aficionados, estudiantes y practicantes de electrónica. Incluye diferentes temas entre los que se encuentran artículos o tutoriales, hojas de datos de componentes, circuitos y proyectos para armar (incluyendo planos y listas de materiales), noticias y un chat para aficionados a la electrónica, en el cual se puede buscar ayuda para resolver algún problema con un circuito determinado.

<http://www.hobby-electronics.com>



### Electrónica para principiantes

Este es un sitio creado para asistir a las personas que desean aventurarse en el campo de la electrónica, ya sea a nivel aficionado o estudiante. Incluye temas básicos pero muy importantes como el manejo de las resistencias y el conocimiento y manejo del protoboard, tratados con unas ilustraciones bastante didácticas. Además, incluye una descripción básica de la ley de Ohm.

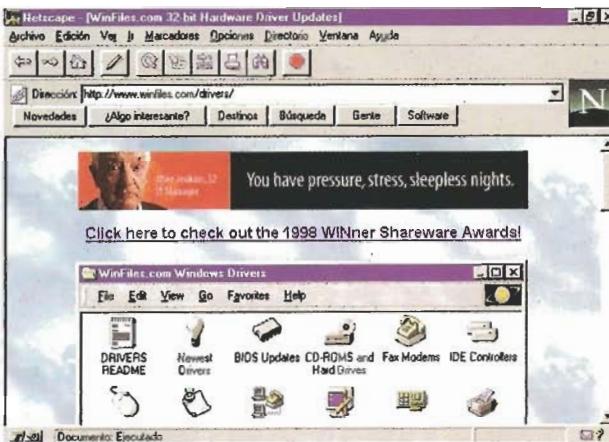
<http://www.geocities.com/Athens/Academy/7535/>

### Actualice todos sus Drivers de Windows

En este sitio usted puede bajar los archivos controladores para diferentes dispositivos que se quieran instalar al sistema operativo Windows. La especialidad está en los archivos de 32 bits, los cuales son apropiados para dicho sistema en las computadoras PC. Allí encontramos drivers para módems,

impresoras, unidades de almacenamiento y hasta actualizaciones del programa del chip de la BIOS de la tarjeta principal (main board) de la PC.

<http://www.winfiles.com/drivers/>



### Cambio de milenio

En la actualidad muchas personas que tengan que ver con una computadora, tienen su mente ubicada en investigar cuál es el problema real sobre el cambio de milenio y los efectos y problemas del manejo de las fechas con años de 2 dígitos (99) y no de 4 (1999) como debería ser.

Encontrará además información sobre cómo verificar si su computadora es de las que debe ser actualizada porque el hardware no pasará al año 2000, así como ciertos procedimientos que se deben seguir en el análisis y programación de estrategias para el software que se tiene instalado.

<http://www.y2k.com/>

### Para usuarios de la Quick-Cam

Resulta que para aquellos usuarios que han tenido las cámaras de video Quick Cam con Windows 95, al instalar Windows 98 completamente nuevo, es decir, con instalación completa de

programas del usuario, e intentan instalar nuevamente su cámara, se encuentran con la sorpresa de que dicha cámara no puede ser instalada. La solución está en esta página donde se puede descargar gratuitamente el nuevo programa para la instalación sobre Windows 98. En realidad, el instalador para Windows 95 no funciona para Windows 98.

[http://www.logitech.com/Cameras/quickcamvc\\_downloads.html](http://www.logitech.com/Cameras/quickcamvc_downloads.html)



# La interface GPIB para Instrumentación (General Purpose Interface Bus)

*Las industrias que requieran un buen control de calidad deben mirar hacia un buen sistema de Instrumentación. Una alternativa es la interface GPIB.*

JORGE HUMBERTO SANZ ALZATE  
INGENIERO ELÉCTRICO  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
PEREIRA JSANZ@UTP.EDU.CO

ÁLVARO ÁNGEL OROZCO  
INGENIERO ELÉCTRICO  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
PEREIRA AOROZO@UTP.EDU.CO

JUAN ANTONIO GONZÁLEZ  
INGENIERO ELECTRICISTA  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
PEREIRA JAGOC@UTP.EDU.CO

#### Definición:

**GPIB:** "Bus" estándar usado para controlar elementos electrónicos con un computador. También llamado IEEE 488 puesto que fue definido por el estándar ANSI/IEEE 488-1979, 488.1-1987 y 488.2-1987.

#### Introducción:

Anteriormente los sistemas de medida requerían la presencia de un instrumento real (voltímetro, amperímetro, óhmmetro y un metro que generalmente tomaba el nombre de la canti-

dad a medir: voltios, amperios, resistencia), para cada caso.

Los instrumentos especializados eran costosos y de difícil consecución, si lo que se deseaba medir era un grupo grande de señales, el tamaño de los equipos y su costo hacían prácticamente irrealizable el proceso.

Por lo anterior un laboratorio que pretendía hacer pruebas y ensayos a un grupo de elementos, era manual y tedioso, con grandes probabilidades de error debido principalmente a factores humanos; las consecuencias no se dejan esperar: grandes períodos de tiempo por prueba, retrasos en la toma de decisiones y altos costos de operación.

Los avances de la electrónica permitieron pensar en una solución. Desde hace 10 años se generaron herramientas de software que permitían a los ingenieros desarrollar sistemas a la **medida de sus necesidades**, se abría paso a lo que se puede llamar la revolución de la instrumentación virtual, utilizando entre otros dispositivos interfaces especializados

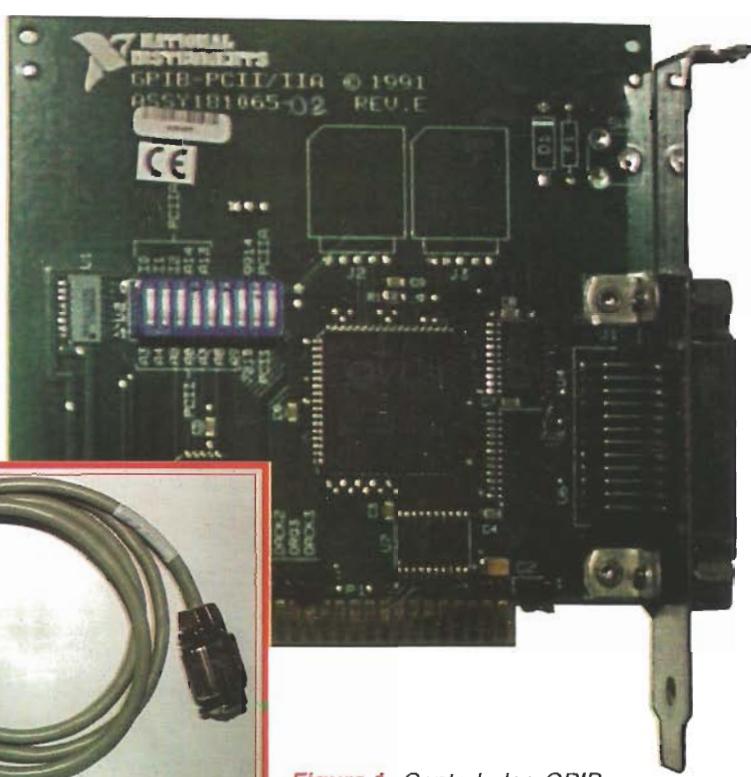
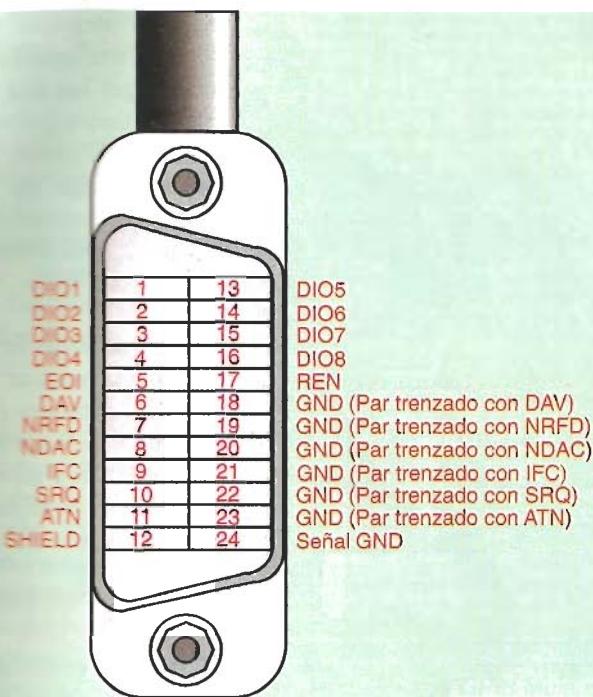


Figura 1. Controlador GPIB

**Figura 2.** Conector GPIB

(GPIB) que permitan la transferencia de datos entre equipos dedicados a la instrumentación.

Muchos son los beneficios de poder utilizar GPIB como herramienta en el desarrollo de pruebas, ensayos y control de calidad en la industria, entre otros :

- Reducción de costos de mantenimiento.
  - Reducción del tiempo de operación. Los fabricantes en industria competitivas y de alto volumen, tales como la industria de las comunicaciones, automotriz y de apa-
- ratos electrónicos requieren mantener cadenas de producción en funcionamiento. En caso de algún problema de funcionamiento en los equipos o en la calidad de los dispositivos el sistema lo deberá indicar y tomar las acciones correspondientes.

- Confiability en las pruebas. Implica de manera directa el mejoramiento de la calidad de los productos elaborados.
- Análisis automático de datos.
- Generación de reportes e informes para la toma de decisiones.

Categoría	Línea	Nombre
Líneas de datos (8)	DIO 1- 8	Entrada y salida de datos
Líneas de Handshake (3 líneas)	DAV	Validación de datos
	NRF	Datos no leídos
	NDAC	Datos no aceptados
Líneas de manejo (5 líneas)	RE	Habilitación remota
	ATN	Atención
	IF	Borrado de la interfase
	SR	Se requiere servicio
	EO	Fin o identificación

**tabla1.** Se presentan las líneas del interface.

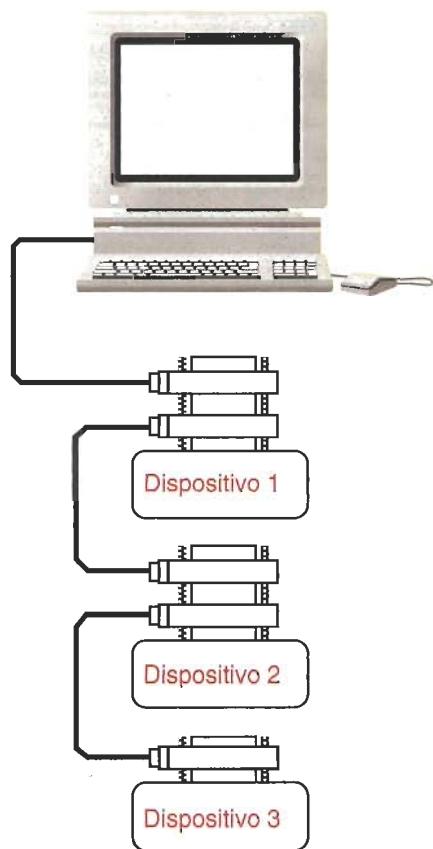
Un sistema de instrumentación virtual es más poderoso si su velocidad de transferencia de datos al microprocesador es más alta. Ambos GPIB e instrumentos basados en PC, aprovechan las innovaciones de la industria del PC para dar como resultado sistemas de prueba de elevado rendimiento a costo mínimo.

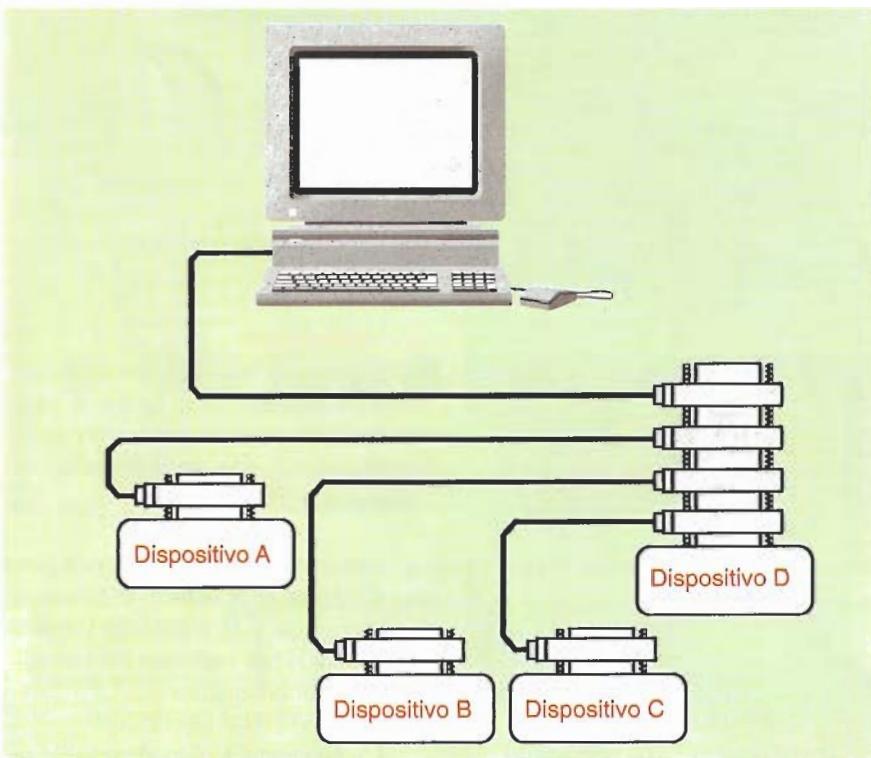
### Generalidades:

Las razones de la utilización de estándares es indiscutible: el hablar el mismo lenguaje permite que las personas comprendan lo que otros dicen en su dimensión real.

Los estándares no se imponen porque a alguien se le ocurre, se basan en la experiencia y la experticia lograda durante años por institutos de investigación o por compañías.

Una vez establecido el estándar se garantiza compatibilidad, aún en el caso de avances futuros y se disminuyen costos en el desarrollo de aplicaciones, mantenimiento y en general de la solución.

**Figura 3.** Configuración lineal



**Figura 4.** Configuración en estrella

Uno de los estándares para la conexión de equipo electrónico se estableció mediante la norma IEEE 488 (con sus versiones 488.1 y 488.2) conocida como GPIB.

GPIB, es entonces una interface estándar ANSI, conocida internacionalmente como IEC 625-1 y a menudo como HP-IB (Hewlett-Packard Interface Bus).

La iniciativa de desarrollar una versión de alto rendimiento del bus GPIB se realiza desde hace varios años por dos compañías, la National Instruments (NI), y Capital Equipment Corporation (CEC). Su objetivo es crecer la velocidad de transferencia de datos. El esfuerzo ha tenido amplia discusión por

el grupo de trabajo WG3 de la IEC, el cual es responsable del mantenimiento de la versión estándar internacional.

#### GPIB:

El estándar GPIB es un barraje serial con un byte de dieciséis (16) líneas en paralelo. Tiene ocho (8) líneas para transferir los (8) bits que componen el byte de datos y trece (13) líneas para el manejo de datos y así garantizar una transferencia eficaz de datos. Las otras cinco líneas se utilizan para el manejo de la interfaz.

#### Tipos de mensajes GPIB.

Cuando se establece una comunicación GPIB, el primero de ellos envía mensajes de dos tipos, dependientes del aparato o de la interface:

Los mensajes dependientes del aparato son aquellos que únicamente tienen que ver con datos. De alguna manera tienen que ver con la información específica del GPIB. Tales mensajes tienen que ver con las instrucciones de programación, el estatus de la máquina, resultados de medida y los archivos de datos.

Los mensajes de interface son aquellos que tienen que ver con el bus, es decir los mensajes de comando. Básicamente son de dos tipos: de inicialización del bus y direccionamiento del aparato y de configuración del aparato para programación local o remota.

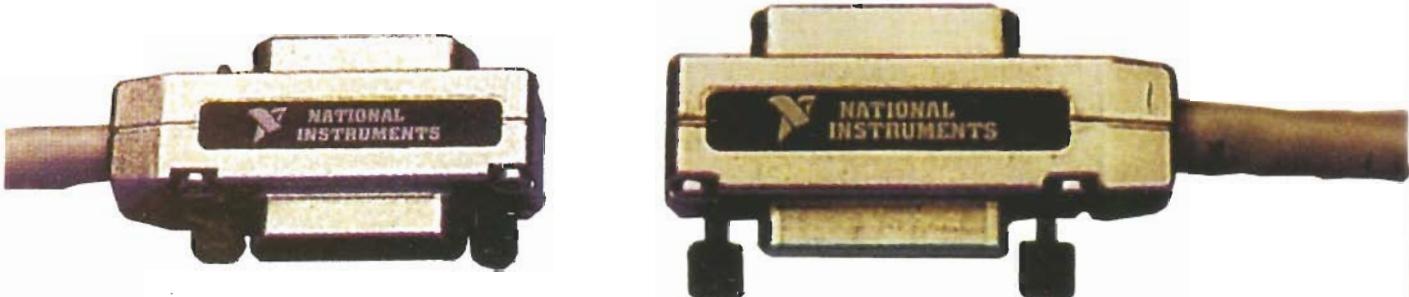
#### TALKERS, LISTENERS, AND CONTROLLERS

El dispositivo GPIB puede estar “hablando”, “oyendo” y/o “controlando”. Cuando “habla”, envía mensajes de datos para uno o más “oyentes”. El controlador maneja el flujo de información enviando comandos a todos los dispositivos.

El rol que juega el controlador GPIB es comparable al trabajo realizado por la CPU de un computador, pero es más idóneo compararlo con un centro de conmutación telefónica de una ciudad.

El centro de conmutación (controlador) monitorea la red de comunicación (GPIB). Cuando el controlador nota que una dispositivo desea hacer una llamada o enviar un mensaje, conecta el que habla al que oye.

El controlador generalmente habilita un “hablador” y un “oyente” antes de que el “hablador” pueda enviar su mensaje al que “oye”. Después de que



**Figura 5.** Conectores GPIB.

el mensaje se transmite, el controlador puede direccionar otros "habladores" y "oyentes".

Algunas configuraciones GPIB no requieren de un controlador.

Un controlador se necesita cuando "hablador" y "oyente" pueden intercambiar sus funciones. La función del controlador es manejada por una computadora.

#### Características físicas y eléctricas

Los dispositivos son generalmente conectados a través de cable apantallado de 24 conductores, con conectores especializados para lograr conexiones en configuración lineal (figura 3) o en configuración en estrella (figura 4) o una combinación de ambas. El conector puede ser de los siguientes tipos: Amphenol, or Cinch Series 57 tipo MICRORIBBON o AMPCHAMP

El GPIB, utiliza lógica negativa con los estándares de los niveles TTL. Señales verdaderas nivel TTL menor a 0.8 voltios y señales falsas nivel TTL mayor 2 voltios.

#### Requisitos de configuración

Para asegurar una alta transferencia de datos entre los equipos conectados, se deben acatar las siguientes sugerencias:

- La máxima separación entre los dispositivos conectados es de 4 m.
- El promedio de separación entre los dispositivos a lo largo del bus es de 2 m.
- La longitud total del cable de conexión no debe sobrepasar los 20 m.
- El máximo número de dispositivos conectados en el bus no debe ser mayor de 15.

Los interfaces para GPIB, atienden generalmente a varias plataformas con diferentes ratas de transferencia de información, con una compatibilidad completa entre ellas. La figura 6 muestra la compatibilidad multiplataforma.

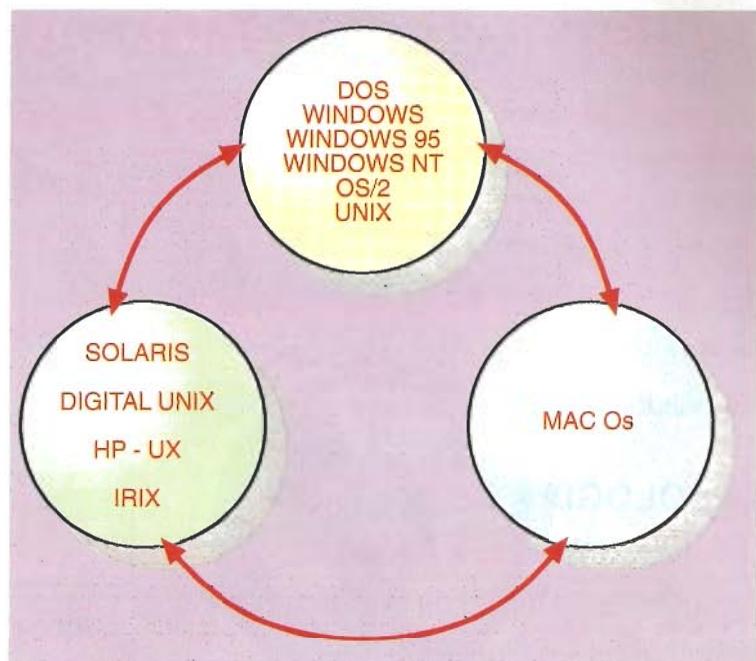


Figura 6. GPIB Multiplataforma

#### La próxima generación de GPIB - HS 488

Protocolo patentado por la National Instruments que puede acelerar la transferencia de datos GPIB por encima de 8 Mbytes/s, teniendo en cuenta que la máxima rata de transferencia de datos depende de la arquitectura del computador y de la configuración del sistemas.

#### Conclusiones

- El GPIB es un estándar desde 1975
- Cientos de fabricantes producen miles de instrumentos que lo usan
- Está diseñado para el control remoto de instrumentos programables
- Permite controlar hasta catorce (14) instrumentos
- Velocidad de transferencia máxima de 1 Mbytes/s. Las interfaces del controlador GPIB de alta velocidad o con capacidad para HS488 (próxima generación GPIB) alcanzan los 7 Mbytes/s.

#### GLOSARIO DE TÉRMINOS

- \* ANSI: American National Standards Institute
- \* CEC: Capital Equipment Corporation

\* GPIB: General Purpose Interface Bus

\* IEC: International & External Com.

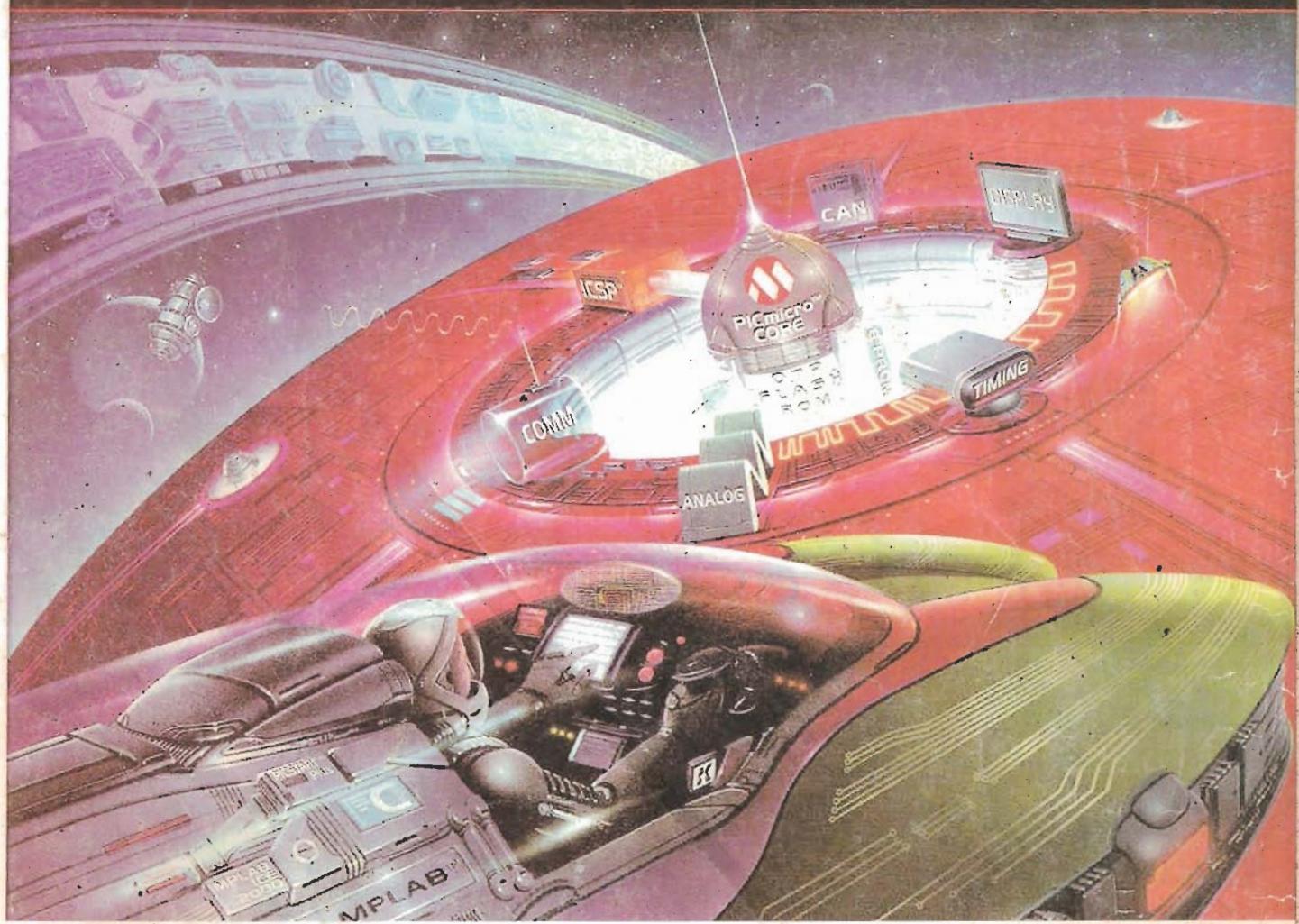
\* IEEE488: Notación corta para los estándares ANSI/IEEE 488-1978, 488.1-1987, y 488.2 - 1987. Ver GPIB.

\* PC: Computador Personal

\* WG3: Grupo de trabajo de la IEC

#### BIBLIOGRAFÍA:

- INSTRUPEDIA 97. Your Interactive Encyclopedia for Instrumentation. Vol 2 No. 1 Macintosh/Windows Versión. National Instruments
- HS488 - A Higher Performance protocol for GPIB, Jhon M. Pieper, [http://ouworld.compuserve.com/homepages/acea/hs\\_gpib.html](http://ouworld.compuserve.com/homepages/acea/hs_gpib.html)
- Frequently Asked Questions GPIB, [http://ouworld.compuserve.com/homepages/acea/hs\\_gpib.html](http://ouworld.compuserve.com/homepages/acea/hs_gpib.html)
- National Instruments GPIB and PARC Equipment FAQ <http://www.egginc.com/bin/webmate/instl139/page/egg/gpibfaq>
- Instrumentation Catalogue 1998, National Instruments



# Ir Más Allá De La Imaginación Con Planeta Microchip

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

Curso Intensivo de PICmicros

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

**Nivel:** Básico & Intensivo.

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

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

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

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

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

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

Llamenos ya:

Capital y Gran Bs.As.: 01-522-5466

Córdoba : 051-526698 Rosario: 041-400092

**Cika  
Electrónica SRL**

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

TEL. 522-5466 FAX. 523-6068

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



**MICROCHIP**

The Embedded Control Solutions Company