

Electrónica

& Computadores

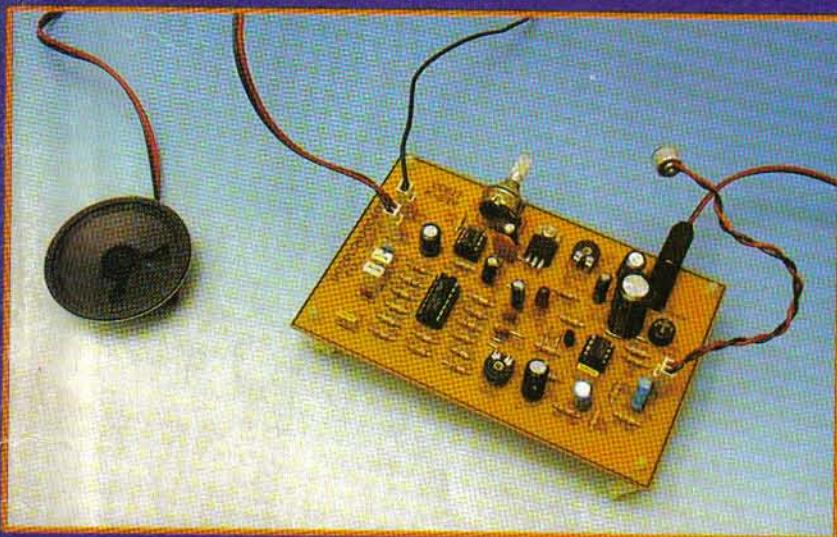
• PROYECTOS

• TECNOLOGIA

• APLICACIONES PRACTICAS

• TEORIA

Intercomunicador bidireccional



Probador de circuitos integrados

El circuito integrado LM1830

La nueva familia TinyLogic

Lectores de códigos de barras

Los orígenes de la ley de Ohm

• Argentina \$ 4.50 • Bolivia \$
• México \$ 30.00

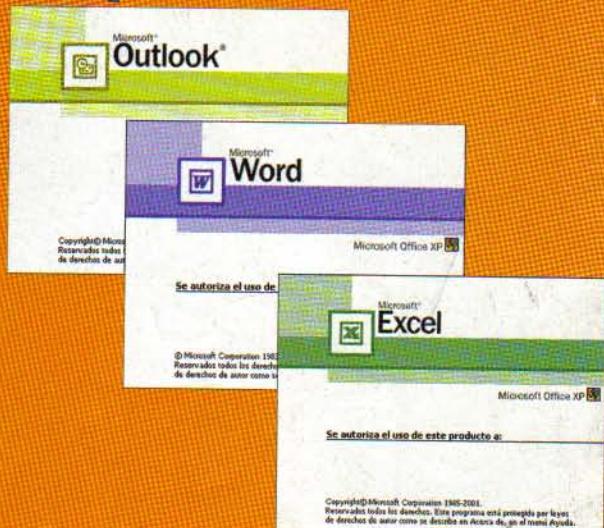
• Chile \$ 1.490 • Colombia \$ 5.300
• Panamá \$ 3.50 • Paraguay \$

• Uruguay \$ 1.490 • Ecuador
• Venezuela Bs. 2.200



Instale Windows sin perder la información

Office XP
¡Cuanto nos ofrece!



ISSN 0121-9138

9 770121 913008

78>

CONTENIDO

Editorial.....	32
Correo de los lectores.....	41

PROYECTOS

Intercomunicador full-duplex	32
Probador de circuitos integrados	41

TECNOLOGIA

Qué hay de nuevo en.....	6
Nuevos circuitos integrados.	
La nueva familia TinyLogic	23
Lectores de código de barras.....	27
Monitoreo remoto de	
electrocardiogramas (smr-ecg)	47
Rutas & Lugares	74

ELECTRONICA PRACTICA

Circuitos integrados & aplicaciones.	
LM1830	13
Cuaderno de experimentos	15
Problemas de inestabilidad en	
amplificadores operacionales	52
Fundamentos de	
neumática e hidráulica. Parte 2	67

ELECTRONICA DIGITAL

Como utilizar los mapas de	
Karnaugh. Parte 2	9

HISTORIA

Los orígenes de la ley de Ohm	71
-------------------------------------	----

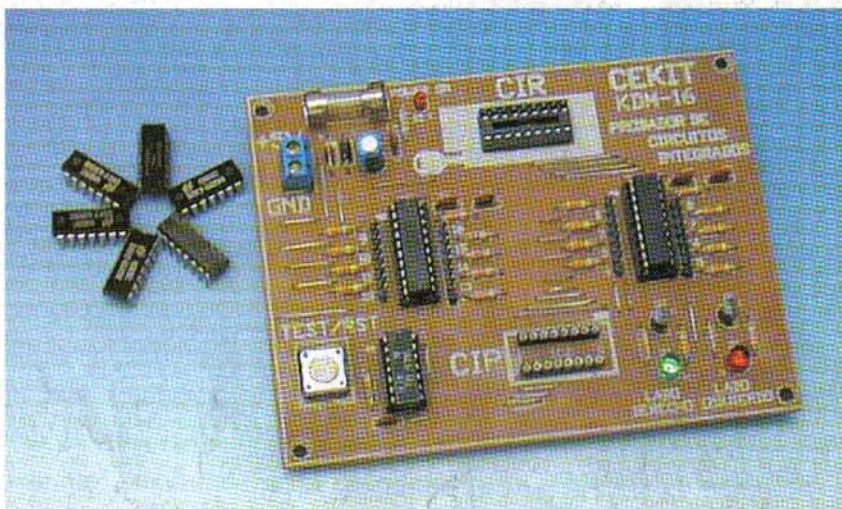
COMPUTADORAS

Office XP. ¡Cuanto nos ofrece!	57
Como instalar Windows en un disco	
duro, sin perder la información existente	

PROYECTO

Probador de circuitos integrados 4

Pruebe rápida y fácilmente circuitos integrados digitales estándar, sin retirarlos del circuito de utilización, ni tener que investigar cada pin por separado. Este práctico, sencillo y económico instrumento es tan útil y eficiente que muy pronto se convertirá en una de las herramientas favoritas en su banco trabajo.



Espera en nuestro
próximo número...

Proyectos

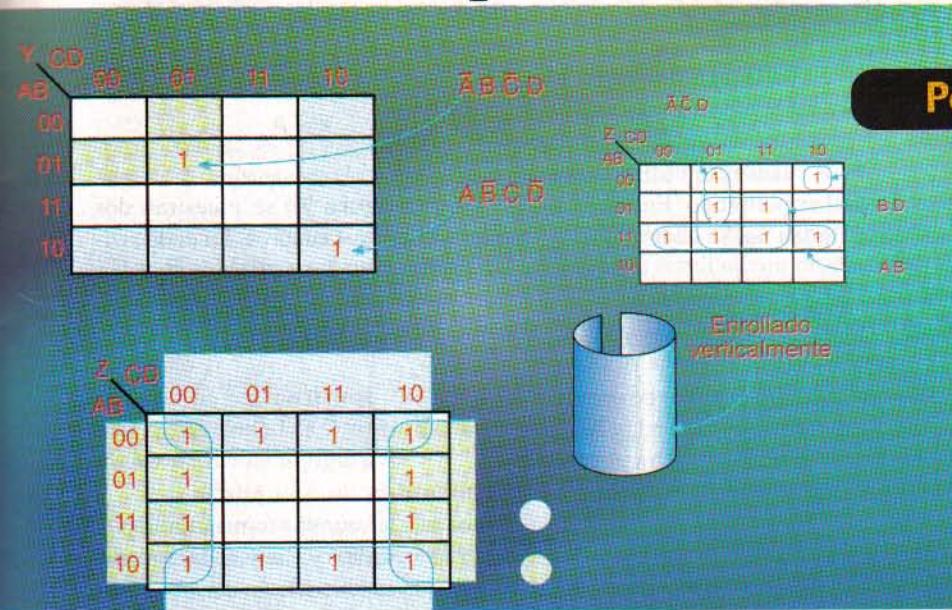
- Sistema de control de nivel de líquidos
- Secuenciador de luces de múltiples salidas

Tecnología

- Controladores digitales de señales (DSC)
- Monitoreo y transmisión de señales por RF
- Control adaptativo para un robot basado en inteligencia artificial

...y mucho más

Como utilizar los mapas de Karnaugh



Parte 2. Aplicaciones

LUIS ALFONSO RODRÍGUEZ (*)

Profesor titular de la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia

(*) Adaptado del *Curso Práctico de Electrónica Digital Moderna* del mismo autor por el Departamento de Investigación & Desarrollo de CEKIT S. A.

La simplificación de funciones lógicas es un paso importante en el proceso de diseño y construcción de circuitos digitales. Una herramienta esencial para esta tarea son los mapas de Karnaugh. En esta oportunidad aprenderemos a utilizarlos en forma práctica

En la primera parte de este artículo explicamos que son los diagramas de Karnaugh, qué tipos de simplificaciones posibilitan y cómo se construyen. En esta segunda parte examinaremos cómo se utilizan en forma práctica. Sin embargo, antes de entrar en materia, es importante aprender a deducir productos o *min términos* desde mapas de Karnaugh.

Como ejemplo, consideremos que se quieren establecer los productos representados en el mapa de Karnaugh de la figura 1.

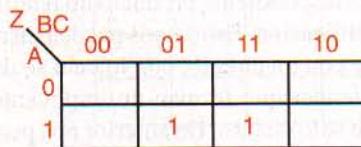


Figura 1. Mapa al que se le escribe su función lógica

Comencemos por analizar el mapa parcial representado en la figura 2. En este caso, el 1 se ubica en la confluencia de la hilera $A=1$ y de la columna $BC=01$. Por lo tanto, el cuadro corresponde a la combinación $ABC=101$, es decir al *min término* $\bar{A}BC$. Similarmente, el 1 del mapa parcial de la figura 3 corresponde a la combinación $ABC=111$, es decir al *min término* ABC . Por tanto, la función lógica representada por el mapa es:

$$Z = \bar{A}BC + ABC$$

diente es $ABCD=1010$, por lo cual su *min término* será $\bar{A}\bar{B}CD$. Concluimos, entonces, que la expresión lógica para Y será

$$Y = \bar{A}\bar{B}\bar{C}D + \bar{A}\bar{B}CD$$

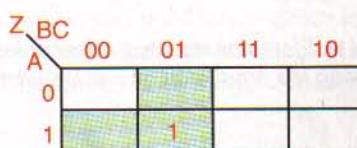


Figura 2. Estableciendo el producto que corresponde a una entrada en el mapa de Karnaugh

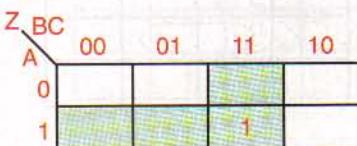
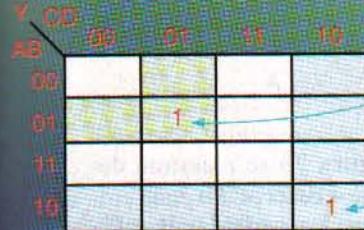


Figura 3. La otra entrada del mapa de la figura 1

Como utilizar los mapas de Karnaugh



Parte 2. Aplicaciones

LUIS ALFONSO RODRÍGUEZ (*)

Profesor titular de la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia

(*) Adaptado del *Curso Práctico de Electrónica Digital Moderna* del mismo autor por el Departamento de Investigación & Desarrollo de CEKIT S. A.

La simplificación de funciones lógicas es un paso importante en el proceso de diseño y construcción de circuitos digitales. Una herramienta esencial para esta tarea son los mapas de Karnaugh. En esta oportunidad aprenderemos a utilizarlos en forma práctica

En la primera parte de este artículo explicamos que son los diagramas de Karnaugh, qué tipos de simplificaciones posibilitan y como se construyen. En esta segunda parte examinaremos como se utilizan en forma práctica. Sin embargo, antes de entrar en materia, es importante aprender a deducir productos o *minterminos* desde mapas de Karnaugh.

Como ejemplo, consideremos que se quieren establecer los productos representados en el mapa de Karnaugh de la figura 1.

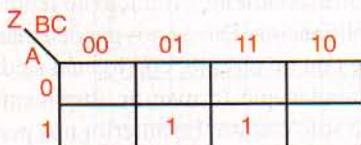


Figura 1. Mapa al que se le escribe su función lógica

Comencemos por analizar el mapa parcial representado en la figura 2. En este caso, el 1 se ubica en la confluencia de la hilera $A=1$ y de la columna $BC=01$. Por lo tanto, el cuadro corresponde a la combinación $ABC=101$, es decir al *mintermino* $\bar{A}BC$. Similarmente, el 1 del mapa parcial de la figura 3 corresponde a la combinación $ABC=111$, es decir al *mintermino* ABC . Por tanto, la función lógica representada por el mapa es:

$$Z = \bar{A}\bar{B}C + A\bar{B}C$$

diente es $ABCD=1010$, por lo cual su *mintermino* será $A\bar{B}C\bar{D}$. Concluimos, entonces, que la expresión lógica para Y será

$$Y = \bar{A}\bar{B}\bar{C}D + A\bar{B}C\bar{D}$$

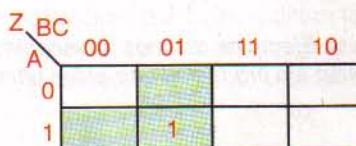


Figura 2. Estableciendo el producto que corresponde a una entrada en el mapa de Karnaugh

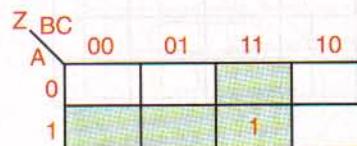


Figura 3. La otra entrada del mapa de la figura 1

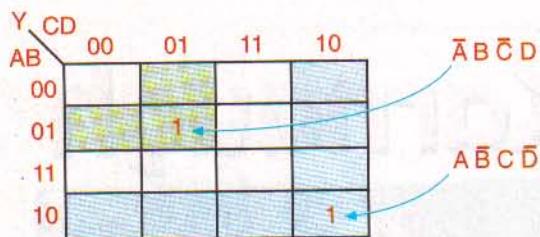


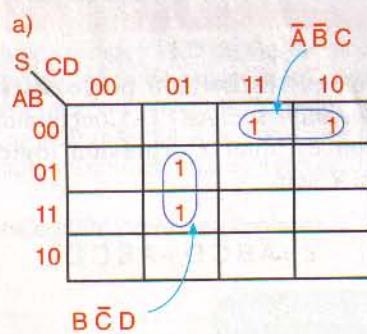
Figura 4. Obtención de los productos representados por un mapa de Karnaugh de 4 variables

Definición de adyacencias

Para entender como se usan los mapas de Karnaugh, es importante aprender a identificar **adyacencias** y formar **implicantes**. Se dice que dos unos son **adyacentes**, y por tanto forman un **implicante** de dos cuadros, cuando se encuentran uno enseguida del otro, horizontal, o verticalmente. En la **figura 5** se muestran varios casos.

Para la **figura 5a**, los dos unos adyacentes verticalmente, producen $\bar{B}CD$ y los dos unos adyacentes horizontalmente, producen $\bar{A}BC$. Por esta razón:

$$S = \bar{B}CD + \bar{A}BC$$



En cuanto a la **figura 5b**, por argumentos similares, concluimos que:

$$R = A\bar{C}D + BCD$$

La **figura 6** muestra el caso de adyacencias de dos cuadros, en las que uno de los cuadros es utilizado dos veces, lo cual es permitido. Entonces, a partir de la **figura 6a**, se deduce que:

$$S = B\bar{C}D + ABD$$

En este caso, $\bar{B}CD$ proviene del implicante de dos cuadros vertical, y ABD del implicante horizontal. Para el caso de la **figura 6b**, se tiene que:

$$R = \bar{A}CD + BCD = CD(\bar{A} + B)$$

Aquí, $\bar{A}CD$ proviene del implicante formado por los dos unos superiores, mientras que BCD se debe al implicante formado por los dos unos inferiores.

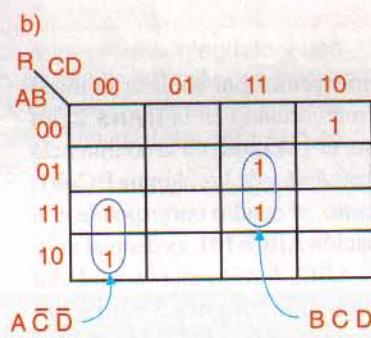


Figura 5. Ejemplos de unos adyacentes e implicantes de 2 cuadros. También se indican los productos que estos últimos representan

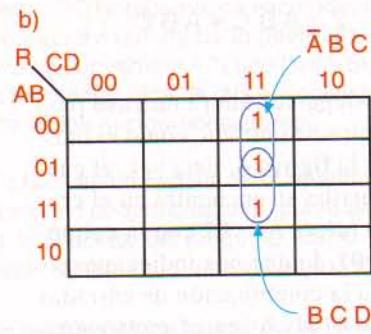
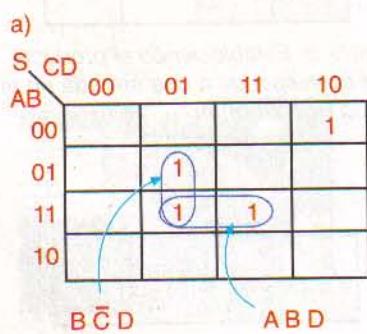


Figura 6. Implicantes de 2 cuadros con uno de los cuadros incluido en dos implicantes

Implicantes de 4 cuadros

Cuatro unos adyacentes forman un implicante de 4 cuadros y producen la eliminación de las dos variables que cambian al pasar de un cuadro a otro. En la **figura 7a** se muestra un ejemplo. En este caso:

$$Y = A$$

En la **figura 7b** se muestran dos implicantes de 4 cuadros. En el de arriba se eliminan las variables B y C, mientras que en el de abajo se eliminan C y D. Por tanto:

$$R = A\bar{B} + \bar{A}D$$

Implicantes de 8 cuadros

Ocho unos adyacentes forman un implicante de 8 cuadros y eliminan las tres variables que cambian de un cuadro a otro dentro del implicante. La **figura 8** muestra dos casos. En la **figura 8a**, la única variable que no cambia al moverse dentro del implicante es \bar{C} , lo que elimina las otras. Por lo tanto:

$$Y = \bar{C}$$

Igualmente, en la **figura 8b**, la única variable que no cambia es la B, por lo cual:

$$Z = B$$

Ejemplos de aplicaciones

La idea central, cuando se utiliza un mapa de Karnaugh para simplificar, consiste en formar siempre los implicantes más grandes posibles, lo que redundará en la mayor cantidad de variables eliminadas. Habrá algunos unos del mapa que no podrán ser incluidos en ningún implicante y para los cuales su correspondiente producto no tendrá simplificación. Estos unos pueden marcarse con un círculo, con lo cual se da a entender que forman un implicante de un solo cuadro. Lo anterior nos permite afirmar que todos los unos de un mapa de Karnaugh deben quedar incluidos en algún implicante, así sea de un solo cuadro.

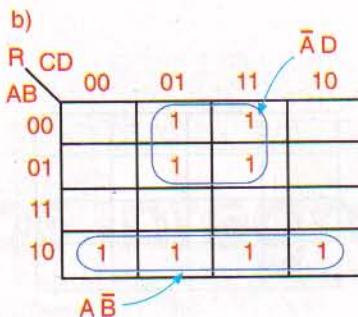
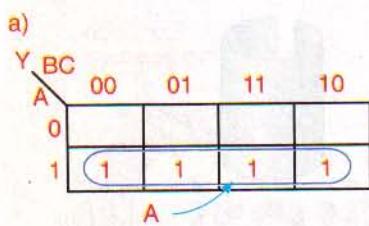


Figura 7. Implicantes de cuatro cuadros eliminan dos variables

Para ubicar dentro de un contexto más amplio estos conceptos, examinemos algunos ejemplos sencillos.

Ejemplo 1.

Escribir la función lógica simplificada que corresponde a Z a partir del mapa de Karnaugh de la figura 9.

En este caso, se han podido formar dos implicantes de cuatro cuadros, uno de dos cuadros y uno de un cuadro. Para lograr esto, algunos de los unos del mapa han quedado incluidos en más de un implicante, lo cual es perfectamente válido. Se procede ahora a escribir los productos correspondientes a cada uno de los implicantes formados, los cuales, una vez se suman, conforman la función lógica simplificada. El producto que corresponde al implicante de un cuadro será entonces $\bar{A}\bar{B}C\bar{D}$. En cuanto al implicante de dos cuadros, su producto será $\bar{A}\bar{C}D$. Los implicantes de cuatro cuadros tendrán como productos a BD y AB , por lo cual:

$$Z = \bar{A}\bar{B}C\bar{D} + \bar{A}\bar{C}D + BD + AB$$

Ejemplo 2.

Escribir la función lógica correspondiente al mapa de la figura 10.

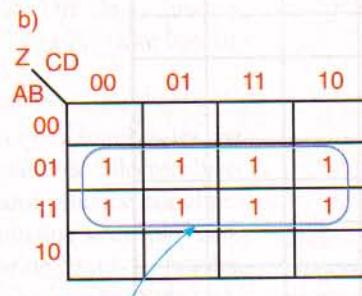
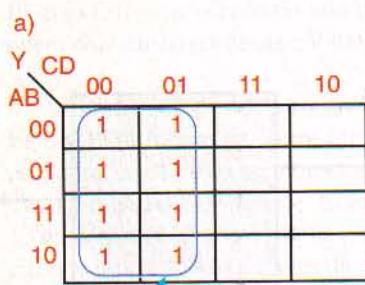


Figura 8. Ejemplos de implicantes de 8 cuadros

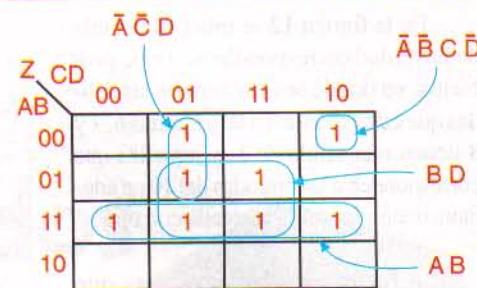


Figura 9. Mapa para el cual se desea obtener la función lógica simplificada

Tratamiento de indiferencias o condiciones "no importa"

En algunas situaciones, es posible que, para ciertas combinaciones de entrada, no interese cual sea la salida del circuito. La razón más usual para esto es que tales combinaciones nunca lleguen a presentarse y como tal entonces, no nos interesaría cual sea la salida del circuito bajo estas circunstancias. Si estas combinaciones se llegaran a presentar, sería porque algo anda mal a la entrada del circuito, en cuyo caso de todas maneras no importará la respuesta del sistema. Es importante poder reconocer estas condiciones, denominadas *indiferencias* o *condiciones de no importa* (del inglés «don't care») porque pueden ser usadas con ventaja para conseguir mayores simplificaciones.

Ilustraremos esta situación a través de un ejemplo. Supongamos que se desea diseñar un sistema que sea capaz de reconocer la presencia de ciertos números BCD a la salida de un contador decimal. Los números que se pretende reconocer son el 6, el 7 y el 8.

Como los números BCD siempre se representan por 4 bits, se deben tener entonces 4 variables de entrada al sistema “reconocedor de ciertos números”.

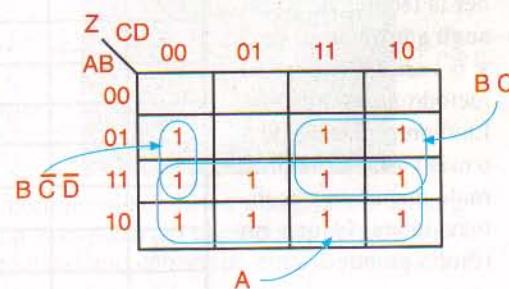


Figura 10. Mapa en el que se desea escribir la función lógica simplificada que representa

En la **figura 12** se muestra la tabla de la verdad correspondiente a este problema, en donde se observa que las salidas que corresponden a las entradas 6, 7 y 8 tienen una salida de 1; y aquellas que corresponden a las entradas del 10 en adelante tienen su salida marcada con una X.

La razón para hacer esto es que en BCD sólo son válidos los dígitos del 0 al 9. Por lo tanto, aquellas entradas que corresponden a valores del 10 en adelante no constituyen dígitos BCD válidos, y por ello nunca deben presentarse como entradas al sistema. Es por esto que no nos interesa cual sea la salida en estos casos.

En la misma **figura 12** se muestra el mapa de Karnaugh que resume esta situación, en donde las condiciones de indiferencia han sido marcadas con una X. Lo que resulta interesante de todo esto es que, en el momento de formar los implicantes, podemos dar valor de uno a aquellas cruces que nos resulten útiles para formar implicantes grandes, y las cruces que no necesitemos las ponemos a que valgan 0.

Para el caso que nos ocupa, esto nos permite formar un implicante de dos cuadros ($A \bar{C} \bar{D}$) y uno de cuatro cuadros (BC). Entonces, la salida R estará dada por:

$$R = A \bar{C} \bar{D} + BC$$

Simplificación por Quine-McCluskey

Como se mencionó al comienzo de este artículo, es posible extender la técnica de Karnaugh a problemas de 5 y 6 variables, pero el método no es cómodo. La representación de 5 o más variables requiere de mapas en tres dimensiones, lo que no resulta práctico.

Para situaciones de más variables, muchas más, se recurre a algo-

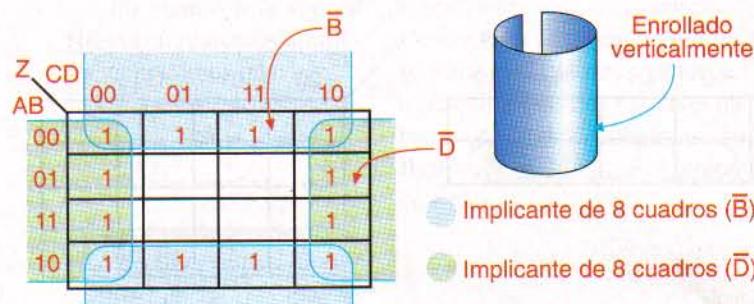


Figura 11. Implicantes de 8 cuadros en los bordes del mapa

ritmos, como el de Quine-McCluskey, los cuales se prestan para ser ejecutados en computadoras.

Este método, que examinaremos en otra oportunidad, tiene dos claras ventajas sobre los mapas de Karnaugh. La primera, es que se trata de un método directo y sistemático para determinar una función mínima que no depende de la habilidad del diseñador para detectar patrones sobre un mapa de Karnaugh. La segunda ventaja, es que es un esquema viable para el manejo de un gran número de variables, contrario a lo que sucede con Karnaugh. En esencia, el método realiza una búsqueda lineal ordenada sobre todos los *mintérminos* de la función para determinar todas las combinaciones de *mintérminos* adyacentes lógicamente. El método también puede extenderse a casos de varias salidas.

Resumen

En este artículo se ha expuesto el funcionamiento del método de simplificación gráfica de Karnaugh y se han ilustrado, mediante una sencilla derivación algebraica, los casos para los cuales Karnaugh es adecuado.

Además, se han dado a conocer las denominadas condiciones de "no importa" o indiferencias, las cuales son a menudo utilizadas con ventaja para lograr simplificaciones considerables en el diseño e implantación de circuitos lógicos combinatorios y secuenciales. Finalmente, se ha hecho mención del poderoso método de simplificación de Quine-McCluskey (se pronuncia *cuain maclosky*) que, por su generalidad, es aplicable en situaciones de mayor envergadura para ser resueltas utilizando una computadora digital.

Equiv. decimal	A	B	C	D	R
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0
2	0	0	1	0	0
3	0	0	1	1	0
4	0	1	0	0	0
5	0	1	0	1	0
6	0	1	1	0	1
7	0	1	1	1	1
8	1	0	0	0	1
9	1	0	0	1	0
10	1	0	1	0	X
11	1	0	1	1	X
12	1	1	0	0	X
13	1	1	0	1	X
14	1	1	1	0	X
15	1	1	1	1	X

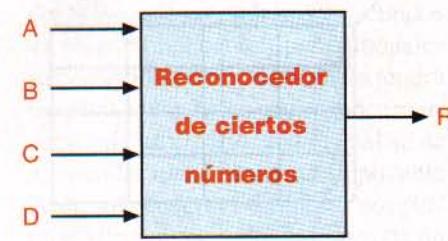
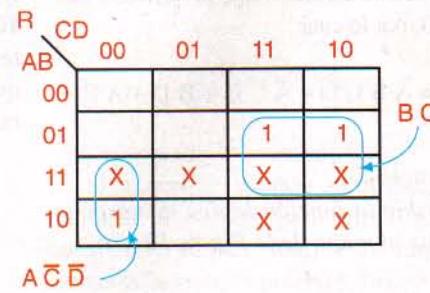
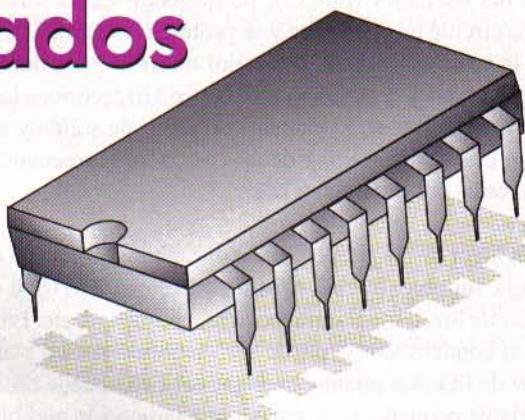


Figura 12. Diseño y simplificación de un dispositivo capaz de reconocer ciertos números BCD



El circuito integrado LM1830 es ideal para detectar y controlar el nivel de soluciones acuosas y otros líquidos conductores. También puede ser utilizado para detectar y controlar otras variables físicas como temperatura, humedad, presión, etc. Este artículo examina sus características generales y presenta algunos circuitos de aplicación práctica, sencillos e interesantes.

JORGE E. HERNÁNDEZ M.
edhernandez@cekit.com.co

LM1830 Detector de fluidos

El LM1830, de National Semiconductor, es un circuito integrado diseñado para detectar la presencia, la ausencia o el nivel de agua y otros líquidos conductores mediante pruebas comparativas de resistencia. Sus aplicaciones prácticas incluyen lavadoras, humidificadores, baños galvánicos, procesadores fotográficos, cafeteras, acueductos y plantas de tratamiento de aguas, torres de enfriamiento, equipos de refrigeración, dispensadores de líquidos, acuarios, calderas, tanques de reserva, radiadores de automotores y otros tipos de sistemas de control y monitoreo de fluidos. El dispositivo se ofrece en una cápsula DIP de 14 pines y opera con tensiones desde 5V hasta 28V (16V, valor típico).

Distribución de pines y diagrama de bloques (figura 1)
El LM1830 incorpora, entre otros bloques funcionales, un oscilador, un detector, un transistor de salida de colector abierto y un regulador de voltaje. El oscilador produce por el pin 13 una onda cuadrada de 4VBE (2,8Vpp) que se acopla capacitivamente al fluido a través de un par de puntas de prueba. Esta señal se divide entre una resistencia interna (R_{REF}) y la resistencia del líquido. El detector es la unión BE de un transistor, el cual conduce cuando el nivel de señal aplicado a su entrada (pin 10), proveniente generalmente del líquido bajo prueba, cae por debajo de 2VBE. Bajo esta condición, condu-

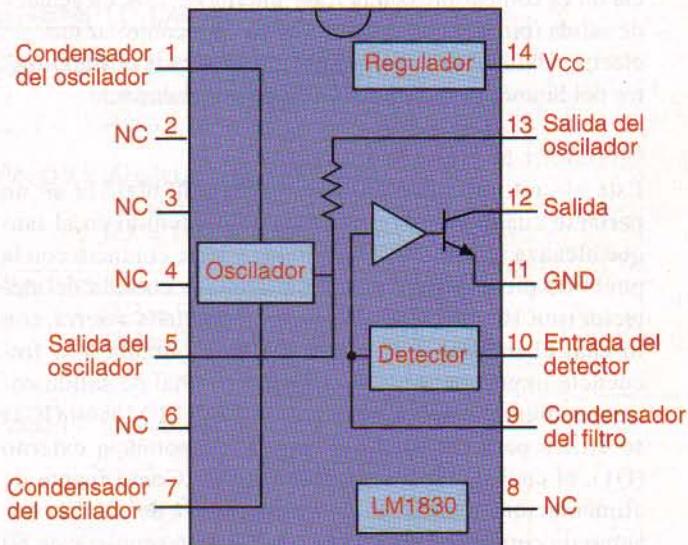


Figura 1. Distribución de pines y diagrama interno de bloques. La frecuencia del oscilador la determina un condensador externo conectado entre los pines 1 y 7.

ce el transistor de salida (pin 12), el cual puede ser utilizado para comutar un LED, un parlante, un relé u otro tipo de carga de baja corriente (20 mA, máximo).

Circuito básico de prueba (figura2)

Este circuito puede ser utilizado para familiarizarse con la operación del **LM1830** y sus aplicaciones potenciales. La resistencia R_P representa el líquido entre las puntas de prueba. El condensador C_1 elimina el nivel de CC de la señal de salida del oscilador (pin 13), permitiendo que a través del líquido circule una CA pura y se protejan las puntas de prueba de la corrosión. Cuando el valor de R_P cae por debajo de 13k (R_{REF}), la entrada del detector (pin 10) reconoce la existencia del líquido, se dispara el transistor de salida y se ilumina el LED. Con el valor de C_O indicado, la frecuencia del oscilador es del orden de 6 kHz.

En lugar de R_P puede utilizarse cualquier otro tipo de resistencia variable, lo cual permite utilizar el **LM1830** como detector de luz, temperatura, posición, humedad, etc. En estos casos el condensador C puede ser sustituido por un puente o *jumper* de 0Ω . Así mismo, en lugar del LED puede utilizarse un parlante pequeño para obtener una indicación audible.

Indicador visual de nivel de llenado (figura 3)

Este circuito ilumina un LED cuando el nivel del líquido en un contenedor metálico alcanza un nivel predeterminado, correspondiente a la posición de la punta de prueba. Esta última puede ser, por ejemplo, un alambre o un tornillo de acero convenientemente aislado de la estructura metálica del tanque, el cual debe estar aterrizado. Si el contenedor no es conductor, pueden utilizarse otras opciones de puntas de prueba, tales como un conector (*plug*) de audífono o un tarjeta de circuito impreso con bandas paralelas.

Observe el uso de una resistencia de referencia externa (1-100K) para facilitar la detección de líquidos cuya resistencia no es compatible con la R_{REF} interna de 13K. La señal de salida (pin 12) puede ser utilizada para controlar una electroválvula u otro dispositivo que suspenda el suministro del líquido cuando éste alcanza el nivel deseado.

Indicador audible de nivel (figura4)

Este circuito produce un tono audible de 600 Hz en un parlante cuando el nivel del líquido contenido en el tanque alcanza una altura determinada y hace contacto con la punta de prueba. Bajo esta condición, la entrada del detector (pin 10) queda prácticamente conectada a tierra, con lo cual el transistor de salida interno comuta a la frecuencia impuesta por el oscilador. La señal de salida correspondiente, disponible en el pin 12 del LM1860 (IC1) se utiliza para excitar un transistor de potencia externo (Q1), el cual impulsa el parlante (SP1). Como fuente de alimentación se puede utilizar una batería de 9V. El consumo de corriente es del orden de 3mA en reposo y de 80 mA cuando suena la alarma.

Para más información sobre el **LM1830**, visite la página web de **National Semiconductor** en la siguiente dirección de la internet:

<http://www.national.com>

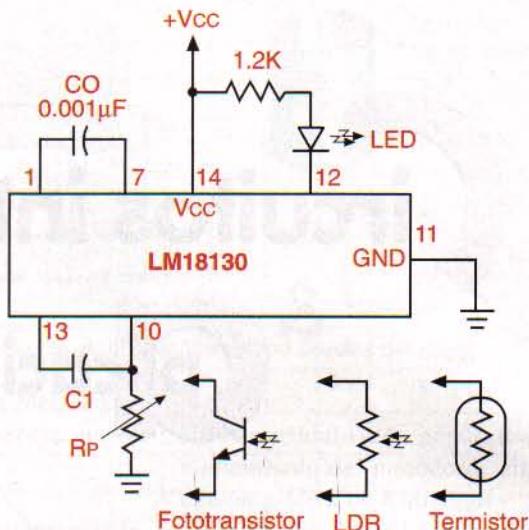


Figura 2. Circuito básico de prueba. El voltaje de alimentación (V_{CC}) puede estar entre 7,5V y 28V (16V, valor típico).

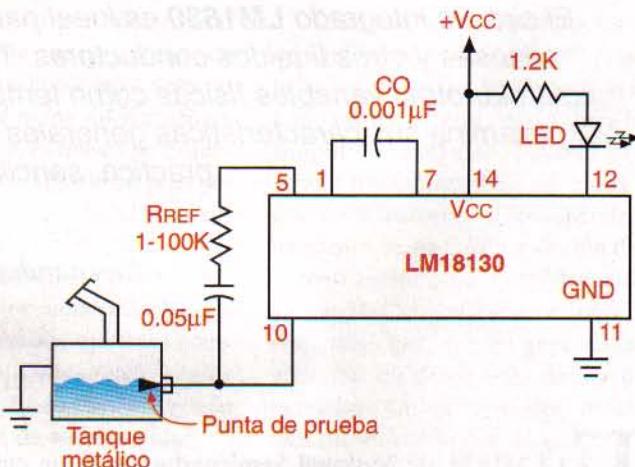


Figura 3. Detector de nivel de llenado. El LED se ilumina cuando el nivel del líquido alcanza la punta de prueba

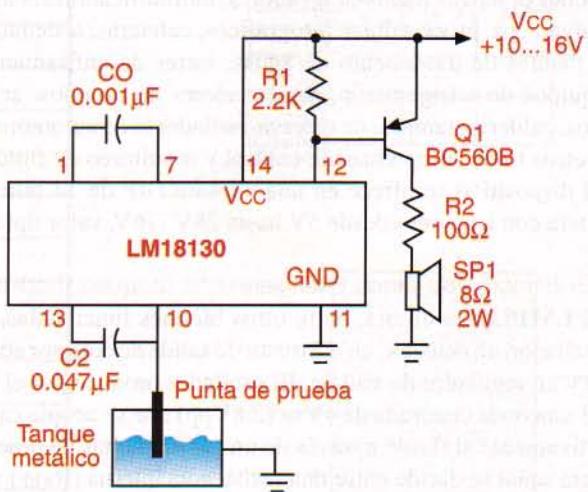


Figura 4. Probador audible de nivel. El parlante emite un tono audible de 600 Hz cuando el nivel del líquido alcanza la altura indicada por la punta de prueba

Cuaderno de experimentos

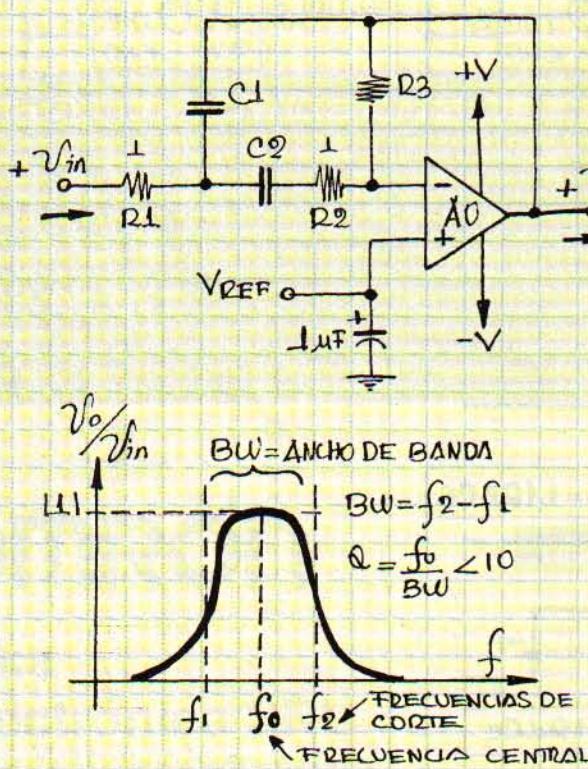
En esta sección se presentan circuitos prácticos, útiles y sencillos, con componentes fáciles de conseguir, que usted mismo puede ensamblar utilizando un tablero de conexiones (protoboard), un circuito impreso universal o cualquier otro método de construcción. Todos los montajes han sido suficientemente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

FILTRO ACTIVO PASA BANDA

En muchos sistemas electrónicos frecuentemente se desea eliminar algunas señales de unas frecuencias determinadas, generalmente porque perjudican el comportamiento y la respuesta esperada, o, simplemente, por que no están dentro del ancho de banda que el circuito puede manejar.

Desde el comienzo los filtros se han construido con redes formadas por resistencias, bobinas, y condensadores; generalmente poco eficientes y de gran tamaño. Gracias al desarrollo de los amplificadores operacionales (AO) y a sus magníficas características de impedancia y ganancia, el diseño de filtros ha evolucionado y alcanzado un alto grado de integración, eficiencia y complejidad; los filtros diseñados con AO se conocen como filtros activos y pueden configurarse como: pasa altos (Highpass Filter HPF), pasa bajos (Lowpass Filter LPF), pasa banda (Bandpass Filter BPF), y de ranura (Notch filter NF); mientras que el factor de calidad Q depende de la clase de filtro, del ancho de banda y del orden elegido (el número y disposición de redes RC que lo forman).

En este experimento se diseñará un filtro activo pasa banda de propósito general de segundo orden, y se usará un AO típico con una red RC doble; para ello se utilizará un procedimiento simple que puede usarse como algoritmo guía en el cálculo de otros filtros.



EJEMPLO DE DISEÑO.

PASO 1: SELECCIONA f_0 Y Q (FACTOR DE CALIDAD ENTRE 1 Y 10)
 $f_0 = 1\text{ KHz}$, $Q = 5$

PASO 2: ASUMA R_1 Y R_2 ENTRE 1K Y 100K .
 $R_1 = R_2 = 10\text{K} = R$

PASO 3: CALCULEA R_3 EN $\text{K}\Omega$
 $R_3 = Q^2 \cdot R$.
 $R_3 = 9(5)^2 \cdot 10$
 $R_3 = 215\text{K}\Omega$

PASO 4: CALCULE A C_1 Y C_2 EN nF SEGÚN LA ECUACIÓN
 $C_1 = C_2 = C = Q/3$
 $C_1 = C_2 = 5/3 = 1,67\text{nF}$

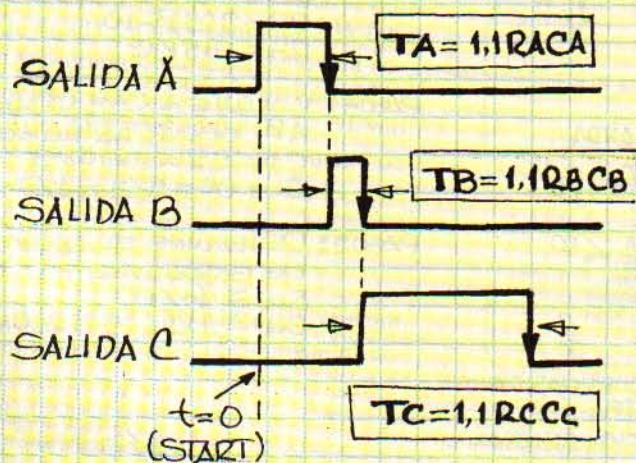
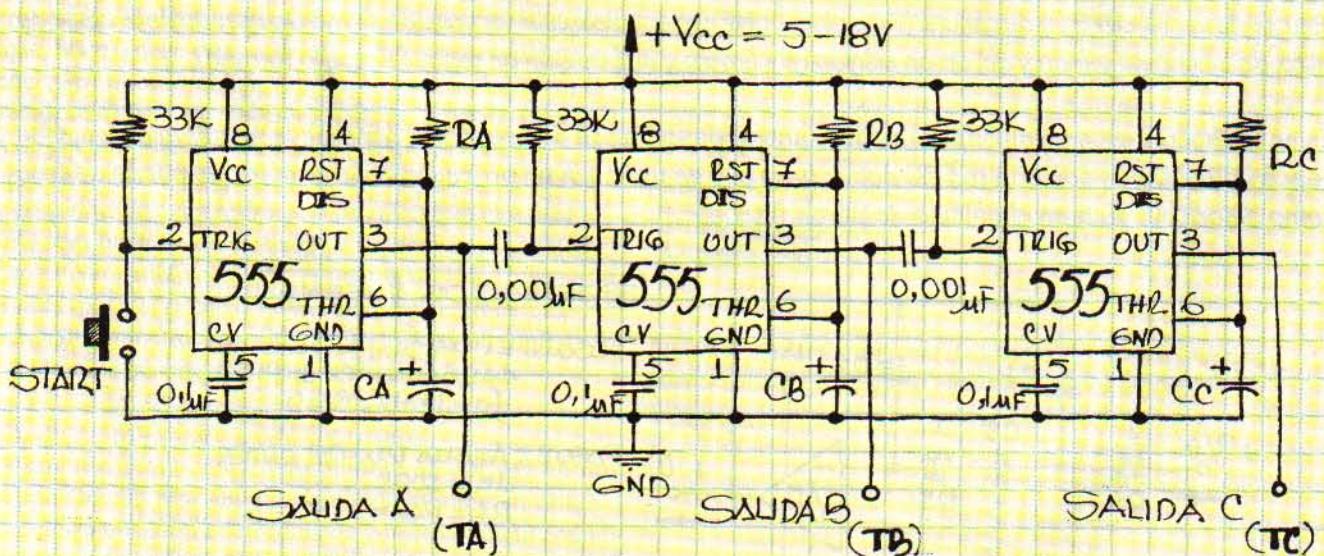
PASO 5: DETERMINE EL ANCHO DE BANDA DEL FILTRO.
 $BW \approx f_0/Q$.
 $BW \approx 1\text{KHz}/5 \approx 200\text{Hz}$

TEMPORIZADORES SECUENCIALES DE TRES ETAPAS

Para alimentar varias cargas y equipos de alto consumo, y que además puedan ser afectadas por los transitorios, se recomienda que la alimentación de cada una se efectúe en secuencia y a intervalos de tiempo definidos por la carga y el sistema, de esta manera se podrá proteger en gran medida del desgaste el sistema de alimentación (sobre todo cuando está respaldado por baterías), y reducir la generación de señales transitorias producto de la conexión aleatoria de las cargas, que pueden resultar perjudiciales para todos los equipos conectados a la red de alimentación.

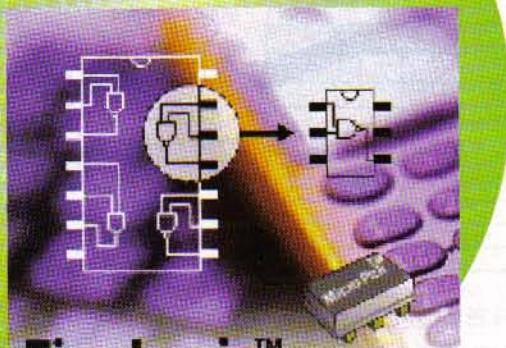
Tres temporizadores monostables cada uno con control de tiempo independiente, TA, TB y TC, y diseñados con el IC 555, se pueden conectar en "cascada" para obtener un secuenciador de tres salidas con temporización independiente y con capacidad para manejar hasta 200mA por cada una.

Por medio del interruptor S se dispara el temporizador A, y se da inicio a la secuencia, tal como se muestra en el diagrama de tiempos, en éste, es claro que cada vez que termina la temporización de una salida, se da inicio a la próxima; esto se logra por medio de las redes de derivación RC de $0,001\mu F$ y $33k\Omega$ que se colocan entre los terminales de salida y disparo de los temporizadores, y cuya función es extraer un impulso negativo para disparar el siguiente monostable con cada flanco de bajada de la señal de salida de cada etapa.



TinyLogic™ ULP

Nueva familia lógica de ultra baja potencia



**TinyLogic™
Ultra Low Power**

JORGE E. HERNÁNDEZ M.
edhernandez@cekit.com.co

Los diminutos dispositivos de la familia **TinyLogic** de **Fairchild**, muchos de los cuales incluyen una sola compuerta, permiten a los diseñadores colocar y agregar funciones lógicas exactamente donde se necesitan, simplificando el diseño, la revisión y la depuración de circuitos digitales a nivel de tarjetas. En este artículo se examinan sus características más destacadas.

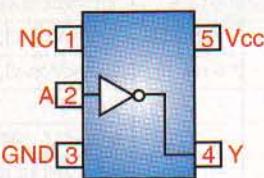
El 29 de octubre de 2001, desde South Portland (Maine, USA), la firma **Fairchild Semiconductor International** anunció oficialmente su nueva familia de circuitos integrados digitales **TinyLogic™ ULP** (*Ultra Low Power*), proclamados como los productos lógicos de más bajo consumo de potencia del mundo y diseñados específicamente para satisfacer los bajos requisitos de potencia de teléfonos celulares, agendas digitales (PDA) y otros sistemas portátiles. Los productos **TinyLogic ULP** permiten a los diseñadores colocar o agregar funciones lógicas específicas, por ejemplo un producto lógico de dos señales, exactamente donde se necesitan. De este modo se evitan pistas muy largas en las tarjetas de circuitos impresos, se facilitan las la-

bores de revisión y corrección de estas últimas, y se minimiza el número de cambios en el trazado o *layout* de las mismas.

En opinión de **Brent Rowe**, director de mercadeo de la división de productos lógicos y de interfaz de **Fairchild Semiconductor**, este anuncio “destaca la capacidad de **Fairchild** de extender su experiencia en bajo voltaje en el crecimiento del portafolio de productos **TinyLogic**”. Y agrega: “Hemos hecho un considerable esfuerzo en la investigación y la identificación de las necesidades actuales y futuras del mercado para **TinyLogic**. Como resultado, hemos desarrollado una familia de productos que satisface las demandas de baja potencia requeridas por las aplicaciones portátiles de hoy. Nuestro anuncio demuestra claramente que es-

tamos empeñados en suministrar soluciones completas, no solo tecnología por tecnología”.

La nueva familia, que consume un 50% menos de potencia que las familias de bajo voltaje actualmente en uso, se estrena con cuatro chips lógicos de una sola compuerta, incluyendo el inversor NC7SP04, figura 1, y la compuerta AND NC7SP08, figura 2. Adicionalmente, incluye las compuertas universales NC7SP57 y NC7SP58, figura 3, únicas en su género, las cuales pueden ser configuradas para efectuar una gran variedad de funciones de dos entradas. En la figura 4 se muestran algunos ejemplos de estas funciones. Las muestras de los primeros dispositivos **TinyLogic ULP** estarán disponibles oficialmente en diciembre de 2001 en cápsulas de montaje superficial MicroPak, de 1 mm de ancho, y SC70, de 1,25 mm. **Fairchild** planea liberar otras 30 funciones **TinyLogic ULP** en el transcurso del próximo año. Estas últimas incluirán, principalmente, inversores con entradas Schmitt-trigger y buffers con salidas tri-state.



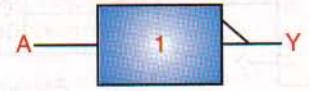
L = LOW (Nivel lógico bajo ó 0)
H = HIGH (Nivel lógico alto ó 1)

a. Asignación de pines (cápsula SC70)

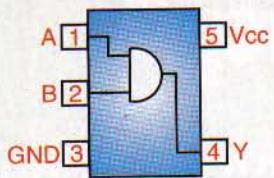
Y = \bar{A}	
Entrada	Salida
A	Y
L	H
H	L

b. Tabla de la verdad

Figura 1 Inversor
NC7SP04



c. Símbolo lógico (IEEE / IEC)



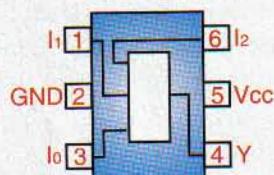
a. Distribución de pines (cápsula SC70)

Y = AB		
Entrada	Salida	
L L	L	
L H	L	
H L	L	
H H	H	

b. Tabla de la verdad



c. Símbolo lógico (IEEE / IEC)

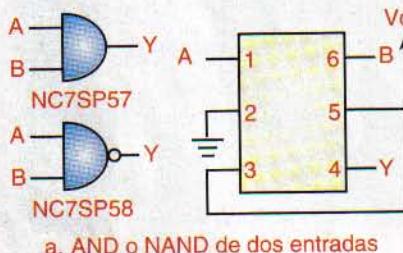


a. Distribución de pines (cápsula SC70)

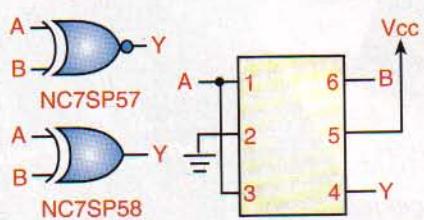
Figura 2 Compuertas AND de 2 entradas NC7SP08

Entradas	NC7SP57	NC7SP58
I ₂ I ₁ I ₀	Y = $\bar{I}_0 \cdot \bar{I}_2 + I_1 \cdot I_2$	Y = $I_0 \cdot \bar{I}_2 + \bar{I}_1 \cdot I_2$
L L L	H	L
L L H	L	H
L H L	H	L
L H H	L	H
H L L	L	H
H L H	L	H
H H L	H	L
H H H	H	L

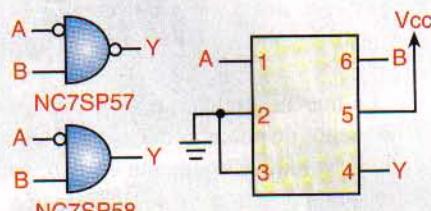
b. Tabla de la verdad



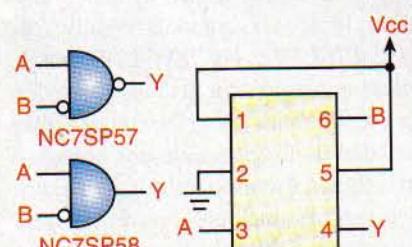
a. AND o NAND de dos entradas



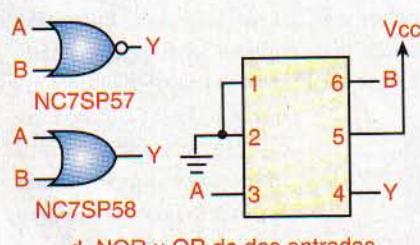
e. XNOR de dos entradas (NCS7SP57) XOR de dos entradas (NCS7SP58)



b. NAND o AND de dos entradas con entrada A invertida



c. NAND o AND de dos entradas con entrada B invertida



d. NOR u OR de dos entradas

Figura 4 Algunas funciones lógicas comunes configurables con el NC7SP57/58

Todos los productos **TinyLogic ULP** trabajan con una tensión de alimentación (Vcc) entre 0,9V y 3,6V, y están fabricados con tecnología CMOS

avanzada para conseguir así una alta velocidad de operación mientras se mantiene muy baja la dissipación de potencia. Todos los diseños son reducibles a la tecnología de proceso de 0,25 micrones, lo cual permite obtener versiones más rápidas. Actualmente, los tiempos de retardo de propagación fluctúan típicamente desde 3 ns para Vcc = 3,6V hasta 30 ns para Vcc=0,9V. Otras características y especificaciones importantes se relacionan en la **Tabla 1**.

Actualmente se dispone también de una familia de alta velocidad **TinyLogic ULP-A**, la cual se estrena con cuatro partes: el NC7SV00, el NC7SV02, el NC7SV04 y el NC7SV125. Todos estos dispositivos operan con voltajes de alimentación (Vcc) desde 0,9V hasta 3,3V y proporcionan una mejora en velocidad del 25% sobre la tecnología **TinyLogic ULP** estándar existente.

El precio de introducción de los dispositivos **TinyLogic ULP** y **TinyLogic ULP-A** es del orden de \$0,161 dólares en cápsula MicroPak y de \$0,146 dólares en cápsula SC70. Para más información, visite el sitio web de **Fairchild Semiconductor** en la siguiente dirección de la internet:

www.fairchildsemi.com/products/logic/tinylogic/ulp.html

Símbolo	Parámetro	Mínimo	Típico	Máximo	Observaciones
Vcc	Voltaje de alimentac.	0,9V	-	3,6V	
VIN	Voltaje de entrada	-0,3V	-	3,6V	
TA	Temp. de operación	-40°C	+25°C	+85°C	
VIH	Nivel alto de entrada	0,65Vcc	-	-	0,90 < Vcc < 1,95 V
VIL	Nivel bajo de entrada	-	-	0,35Vcc	0,90 < Vcc < 1,95 V
VOH	Nivel alto de salida	Vcc-0,1	-	-	IOH=20µA
VOH	Nivel alto de salida	2,61V	-	-	IOH=-2,6 mA
VOL	Nivel bajo de salida	-	-	0,1V	IOL=20µA
VOL	Nivel bajo de salida	-	-	0,31V	IOL=2,6mA
Icc	Corriente de reposo	-	-	1,0µA	Vin=Vcc o GND
TTHL, tTLH	Tiempo de transic.	1,5 ns	2 ns	4 ns	3,00 < Vcc < 3,6 V
tpHL, tpLH	Retardo de propag.	2 ns	3 ns	6 ns	3,00 < Vcc < 3,6 V
CIN	Capacidad de entrada	-	3,5 pF	-	Vcc=0V
COUT	Capacidad de salida	-	4,0 pF	-	Vcc=0V
IIN	Corr. de fuga de ent.	-	-	±0,1µA	0,9 < Vcc < 3,6 V
IOFF	Corr. de fuga sin pot.	-	-	5 µA	Vcc=0, 0 < Vi < 3,6 V

Tabla 1 Especificaciones de un dispositivo **TinyLogic ULP** representativo (NC7SP08)

Lectores de códigos de barras

La tecnología de tarjetas con código de barras se ha difundido rápidamente en todo el mundo. Conozcamos un poco sobre ella y las posibilidades que tenemos para incorporarla en nuestros proyectos electrónicos.

JUAN ANDRÉS CASTAÑO WELGOS
welgos@cekit.com.co

El uso de los códigos de barras, las tarjetas con bandas magnéticas y las tarjetas inteligentes, ha tomado mucha fuerza en los últimos años. En nuestra sociedad es muy común encontrar supermercados que le asignan tarjetas de código de barras a sus clientes, universidades que cuentan con lectores de banda magnética para el control de acceso a los parqueaderos, empresas que incorporan sistemas de tarjetas para controlar los horarios de ingreso de los empleados y el consumo en los restaurantes; algunos hoteles cuentan con tarjetas para entrar a las habitaciones, casi todos los bancos poseen tarjetas para los clientes, en fin, son incontables los ejemplos que podemos encontrar sobre el uso de esta tecnología.

Algunas tarjetas son simples elementos pasivos que basan su funcionamiento en un sistema procesador que

las lee, pero hay otras que permiten almacenar y procesar información, convirtiéndolas en sistemas muy avanzados y versátiles.

En un futuro no muy lejano tendremos, como dispositivos de consumo masivo en América Latina, los lectores ópticos y otros que funcionan por simple aproximación, la única demora que se tiene es por causa de los elevados costos, los cuales seguramente no permanecerán así por mucho tiempo. Cika electrónica, en Argentina, (www.cika.com) distribuye actualmente algunos dispositivos de este tipo.

En los sistemas con tarjetas de código de barras y tarjetas inteligentes, podemos encontrar una muy buena oportunidad para crear nuestro propio negocio; en realidad la tecnología que llevan no es muy compleja y con un

poco de dedicación podemos desarrollar un buen producto en este campo. En revistas anteriores hemos publicado el desarrollo de proyectos relacionados con redes de sensores y es muy factible acondicionar estos proyectos para que lean los códigos seriales arrojados por los lectores, y llevar toda esa información a una base de datos en una computadora central.

Se pueden definir algunos factores determinantes en el desarrollo de un sistema de control de acceso u otro, por medio de tarjetas con código de barras:

1. El diseño de la tarjeta
2. El diseño del sistema electrónico de lectura
3. El diseño del sistema de procesamiento de los datos leídos
4. El diseño de la red que acogerá a todos los puntos de lectura, cuando se da el caso de ser muchos



Figura 1 Lector miniatura de la firma Keyence

Diseño de la tarjeta

En la página de la empresa Keyence (www.keyence.com), se puede descargar un archivo en formato pdf donde se encuentran todas las regulaciones y normas que se deben tener en cuenta para diseñar un código de barras.

Diseño del sistema electrónico de lectura

Si usted es un buen diseñador, y le gusta experimentar, puede intentar desarrollar un buen lector basado en diodos láser. Sin embargo, hay quienes pensamos que los lectores que se consiguen en el mercado son instrumentos de muy buena

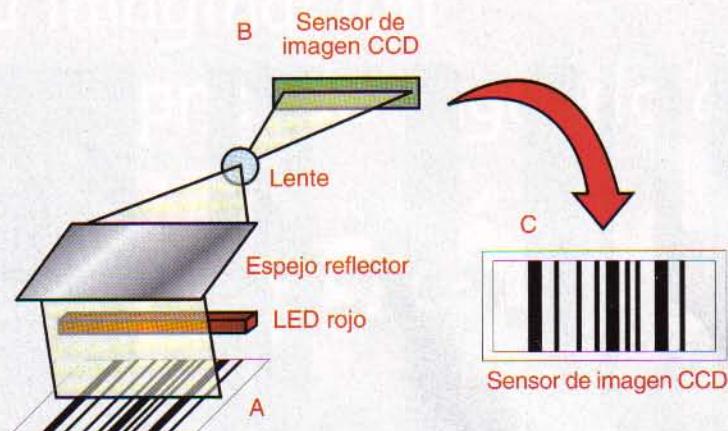


Figura 3 Principio de un lector de imágenes

calidad, económicos, y sobre los cuales no es necesario gastar tiempo; la firma Keyence (www.keyence.com), por ejemplo, ha lanzado al mercado un lector miniatura BL-600 el cual es de muy buena calidad, tiene un precio bastante razonable y es de tamaño tan reducido que puede caber en la palma de la mano, **figura 1**. De este producto por ejemplo, se puede descargar el archivo CAD con el propósito de que los diseñadores visuales puedan montarlo fácilmente dentro de una nueva estructura que sea la presentación final del producto terminado.

En la **figura 2**, para leer un código de barras un diodo emisor de luz (LED) láser emite un haz de rayos láser que se refleja en una estructura poligonal de espejos (A) y que a su vez es recibido por un fotodiodo (B).

La lectura obtenida es una forma de onda como se muestra en el numeral C, esta señal análoga debe adecuarse convirtiéndola a formato digital para lograr visualizar claramente los espacios y las barras (D). En este punto es importante aclarar que es vital detectar adecuadamente el grosor de las barras y los espacios (E). Finalmente, se debe decodificar el dato, para ello se lee la combinación dada de espacios y barras, de acuerdo a lo establecido en las reglas de código de barras, y el resultado es enviado vía RS-232 (F).

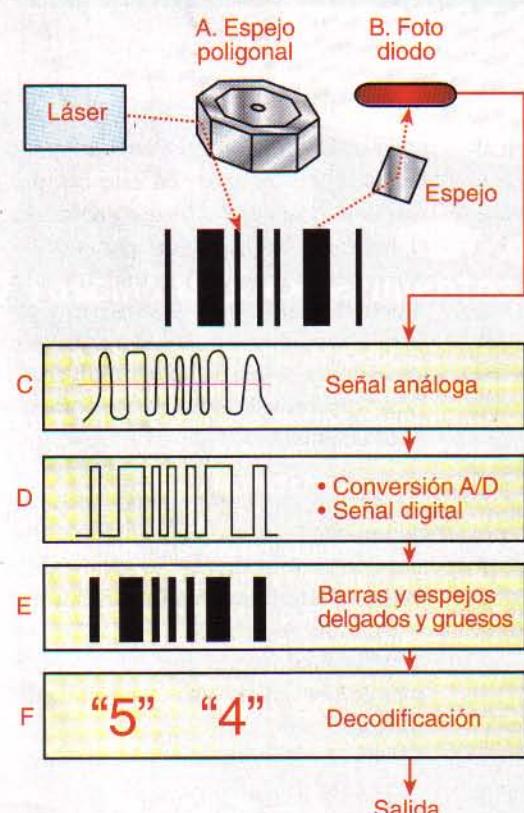


Figura 2 Principio de funcionamiento de la lectura con láser

cado se pueden distinguir dos tipos: los basados en láser y los basados en un sensor de imagen (CCD). Los lectores láser son de mayor calidad, soportan mayores distancias de lectura, y son muy confiables para objetivos que se mueven rápidamente, tal vez su única desventaja es que son más costosos.

Principio de funcionamiento de un lector láser

Como podemos apreciar en la **figura 2**, para leer un código de barras un diodo emisor de luz (LED) láser emite un haz de rayos láser que se refleja en una estructura poligonal de espejos (A) y que a su vez es recibido por un fotodiodo (B). La lectura obtenida es una forma de onda como se muestra en el numeral C, esta señal análoga debe adecuarse convirtiéndola a formato digital para lograr visualizar claramente los espacios y las barras (D). En este punto es importante aclarar que es vital detectar adecuadamente el grosor de las barras y los espacios (E). Finalmente, se debe decodificar el dato, para ello se lee la combinación dada de espacios y barras, de acuerdo a lo establecido en las reglas de código de barras, y el resultado es enviado vía RS-232 (F).

Principio de funcionamiento de un lector con CCD

En la **figura 3** apreciamos el principio de funcionamiento de un lector de códigos de barras, por medio de un sensor de imágenes. En este caso el haz de un LED se emite sobre toda el área ocupada por el código de barras (A) de manera que un sensor de imá-

Dentro de los sistemas lectores disponibles en el mer-



Figura 4 Tipos de lecturas

genes recibe toda la reflexión como una sola imagen (B), la cual es tratada para deducir el código de datos del mensaje (C).

Tipos de lectores láser

Los lectores de códigos de barras basados en el láser se pueden clasificar en dos tipos dependiendo del método de lectura, ellos son el sencillo y el de rastreo. En el sencillo, se tiene una sola línea de lectura a lo largo del código, y en el de rastreo se tienen muchas líneas de lectura, figura 4. Por esto, el método de rastreo es más indicado para tareas donde haya una mala calidad en la impresión del código.

La elección del tipo de lector depende principalmente de la dirección en que está orientado el código y si el código que se va a leer se encuentra o no en movimiento, figura 5. Cuando el código se orienta en posición horizontal es recomendable el de rastreo, con o sin movimiento. Cuando el código se encuentra en posición vertical y se de-



Figura 6 Composición de un código de barras

tiene durante la lectura, se recomienda utilizar lectores de barrido, y en el caso de que el código que se va a leer se encuentre en permanente movimiento, es mejor utilizar un lector sencillo.

Composición de un código de barras

En la figura 6 tenemos una gráfica donde se discriminan las distintas partes constitutivas de un código de barras, las cuales analizamos a continuación.

Zonas quietas. Son las áreas blancas que existen antes y después del símbolo de código de barras. Si éstas no poseen una determinada amplitud, no se podrá llevar a cabo la lectura; ella debe ser de por lo menos diez veces el ancho de una barra.

Caracteres de inicio y parada. Entre estos dos puntos se tiene el conjunto de barras y espacios que conforman el mensaje.

Dígito de chequeo. Este es un dígito que se incluye para propósitos de asegurar la integridad del mensaje mediante un chequeo matemático. Este dígito se ubica inmediatamente después de los datos.

Longitud de la etiqueta. La longitud de la etiqueta comprende incluso las zonas quietas. Una lectura no podrá llevarse a cabo con éxito si las zonas quietas no se encuentran comprendidas dentro del rango de lectura.

Altura del código de barras. La altura de código de barras debe ser de al menos 2mm (0,08") para una lectura sencilla y de al menos 5mm (0,20") para una lectura en rastreo.

Ancho de las barras. Los códigos de barras consisten de barras y espacios de diferentes amplitudes. Los nombres de cada barra y espacio son los que muestra la figura 7.

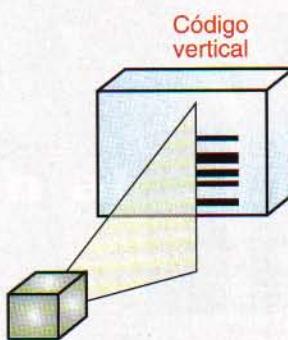
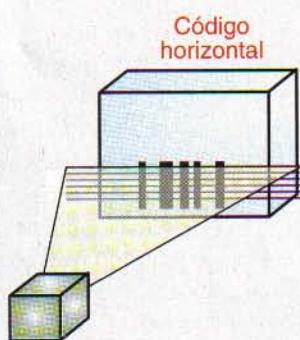


Figura 5 Orientación de los códigos de barras



Figura 7 Ancho de las barras y los espacios

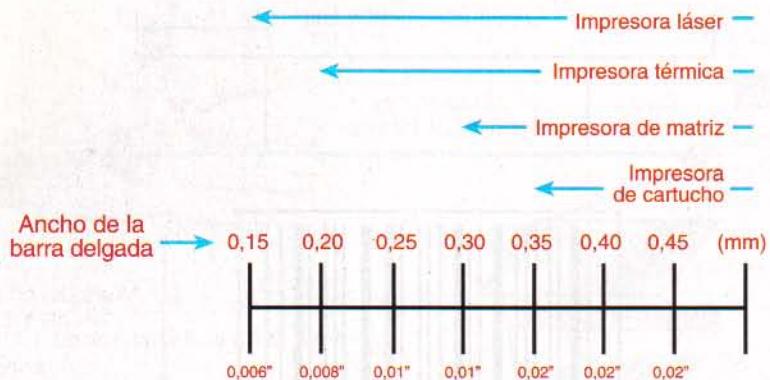


Figura 8 Calidad de las impresoras de acuerdo a la amplitud de las barras delgadas

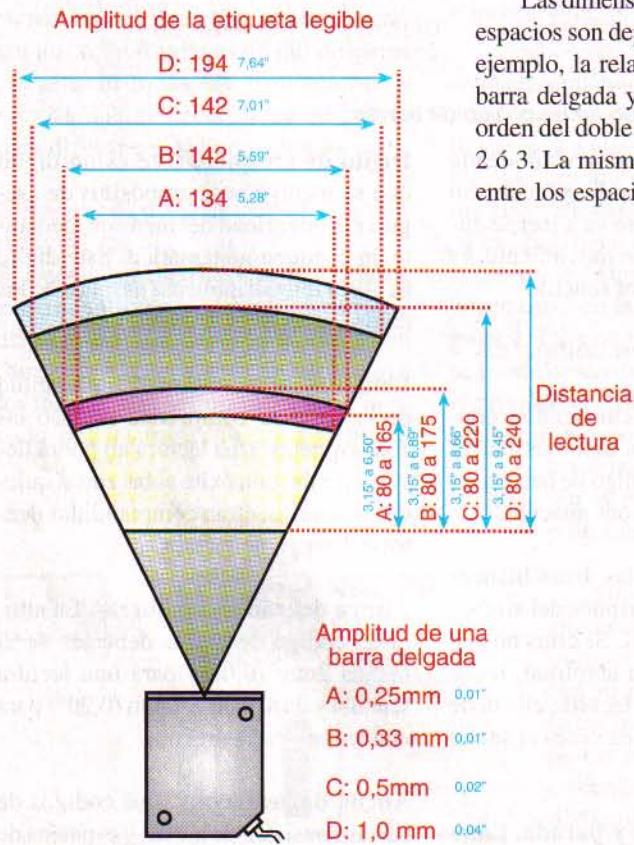


Figura 9 Dependencia de la lectura de la amplitud de las barras delgadas

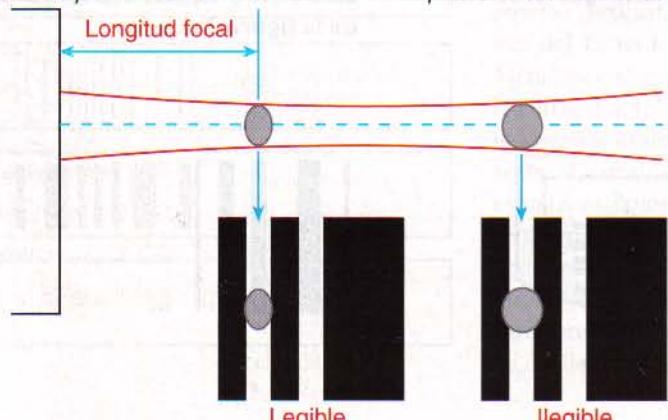


Figura 10 Dependencia de la distancia del código objetivo y el diámetro del haz del rayo láser

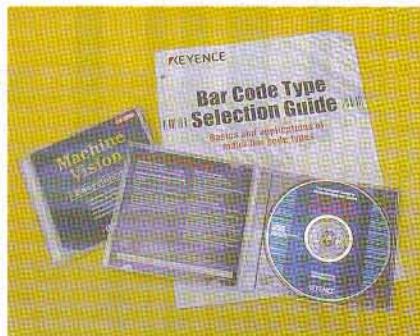


Figura 11 La empresa Keyence es líder en el mercado mundial de lectores y máquinas de visión.

Las dimensiones de las barras y los espacios son dependientes entre sí, por ejemplo, la relación existente entre la barra delgada y la barra ancha es del orden del doble o el triple, $BD:BA = 1:2 \text{ ó } 3$. La misma relación se mantiene entre los espacios delgados y anchos.

Y la relación entre una barra delgada y un espacio delgado es de 1:2,5. Dependiendo de la longitud establecida para las barras delgadas, se debe seleccionar el tipo de impresora que se utilizará, entre impresoras de burbuja, térmicas, etc., tal como se muestra en la figura 8.

Ajuste de la distancia

El rango de lectura depende de la amplitud de la barra delgada (el ancho de la ba-

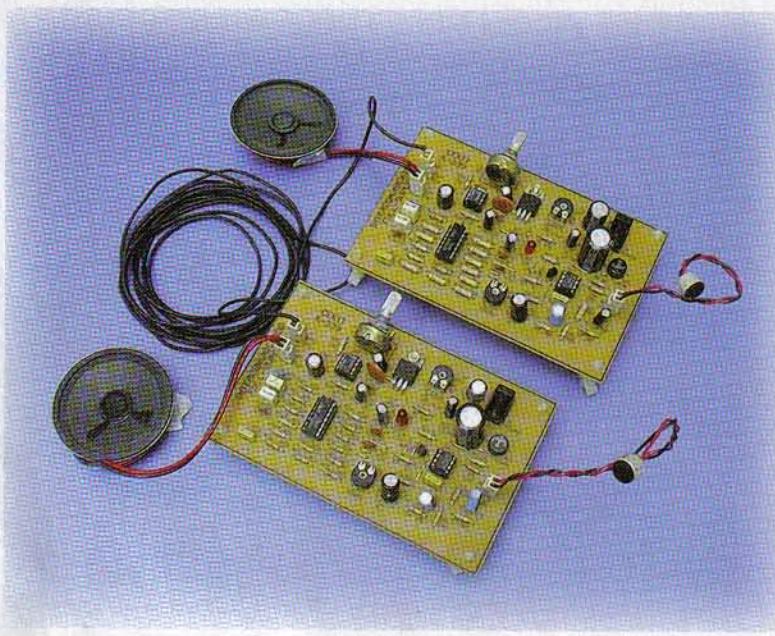
rra más delgada) y el contraste entre el color de la barra y el espacio. En la figura 9 se muestran las características del rango de lectura del lector BL-500; allí podemos observar que el rango de lectura depende la amplitud de la barra delgada.

El rango de lectura también depende del tamaño o diámetro del haz del rayo láser. En la figura 10 podemos apreciar la relación existente entre la distancia del código desde el lector y el diámetro del haz.

El diámetro del haz del láser se incrementa a ambos lados de cierto punto. El punto donde el diámetro toma su mínima dimensión se denomina longitud focal. Donde esté el diámetro mínimo se tiene la amplitud mínima de la barra. Cuando el código de barras se mueve con respecto a la longitud focal, el código de la barra mínima se vuelve ilegible debido a que el diámetro del haz se vuelve muy grande. El rango de lectura depende de la amplitud de la barra mínima. Es grande cuando la barra mínima es amplia y es pequeño cuando la barra mínima es muy delgada.

Teniendo en cuenta los aspectos mencionados y haciendo una continua experimentación con los dispositivos lectores y las tarjetas, podremos desarrollar algunos sistemas que sean útiles para distintas tareas en fábricas, almacenes, etc. Si este tema despierta su interés, es el tiempo indicado para competir en un mercado que aún se encuentra sediento de esta tecnología. La empresa Keyence ofrece mucha información en archivos y documentos, figura 11.

Intercomunicador de audio full-duplex



JORGE E. HERNÁNDEZ M.
edhernandez@cekit.com.co

Una comunicación *full-duplex*, o simplemente dúplex, se refiere a un enlace, remoto o por cable, entre dos abonados donde ambos pueden enviar y recibir señales al mismo tiempo. Un ejemplo es una conversación telefónica ordinaria. El proyecto que se describe en este artículo, identificado con la referencia **K-239 de CEKIT**, permite establecer este tipo de comunicaciones entre dos personas utilizando un cable de dos hilos como enlace, **figura 1**.

Las comunicaciones dúplex no son una tecnología nueva. Han sido usadas durante muchos años en los sistemas telefónicos. Estos últimos, sin embargo, hacen uso extensivo de transformadores para conseguir el efecto dúplex. Nuestro circuito hace lo mismo, pero con la

ayuda de la electrónica y la magia de los amplificadores operacionales. La idea es relativamente simple y podemos describirla en los siguientes pasos:

1. El emisor en un extremo del enlace impone sobre un cable de audio una señal V1, mientras que el emisor en el otro extremo impone una señal V2. Por tanto, el voltaje a través del cable es el promedio de ambas señales, es decir $(V1+V2)/2$.
2. En cada extremo, el receptor resta de la señal del cable, la mitad de la señal enviada por su transmisor. Por tanto, la señal resultante es la mitad de la señal enviada desde el otro extremo. Amplificando esta señal por dos, equivalente a una ganancia de 6

Un intercomunicador bidireccional de audio tipo full-duplex es un circuito muy útil en el hogar o en la oficina. El presentado en este proyecto, basado en técnicas análogas, le permitirá enviar y recibir simultáneamente, señales de audio a través de un solo cable de dos hilos, sin necesidad de transformadores

dB, se recupera el nivel de la señal original.

En las siguientes secciones se describen brevemente el funcionamiento, la construcción, la calibración y el modo de operación del intercomunicador **CE-KIT K-239**. Tenga en cuenta que en cada extremo del enlace se requiere de una tarjeta **K-239**. Por tanto, para estructurar su propio sistema *full-duplex* necesitará dos módulos K-239 idénticos, unidos por un cable de audio de longitud adecuada y cada uno con su propia fuente de alimentación. Esta última puede ser un simple adaptador CA/CC o CA/CA. Con algunas modificaciones, es posible utilizar sólo un módulo K-239 para configurar un sistema de comunicación unidireccional.

Funcionamiento

En la **figura 2**, se muestra la estructura general de un sistema de comunicación *full duplex* estructurado alrededor de dos tarjetas **K-239** idénticas. Cada tarjeta utiliza un micrófono *electret* como

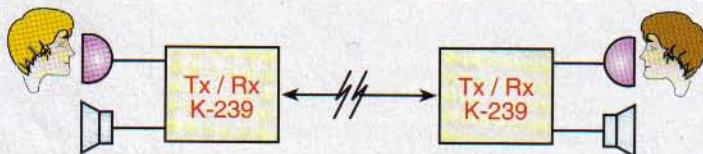


Figura 1 Estructura básica de un enlace full-duplex

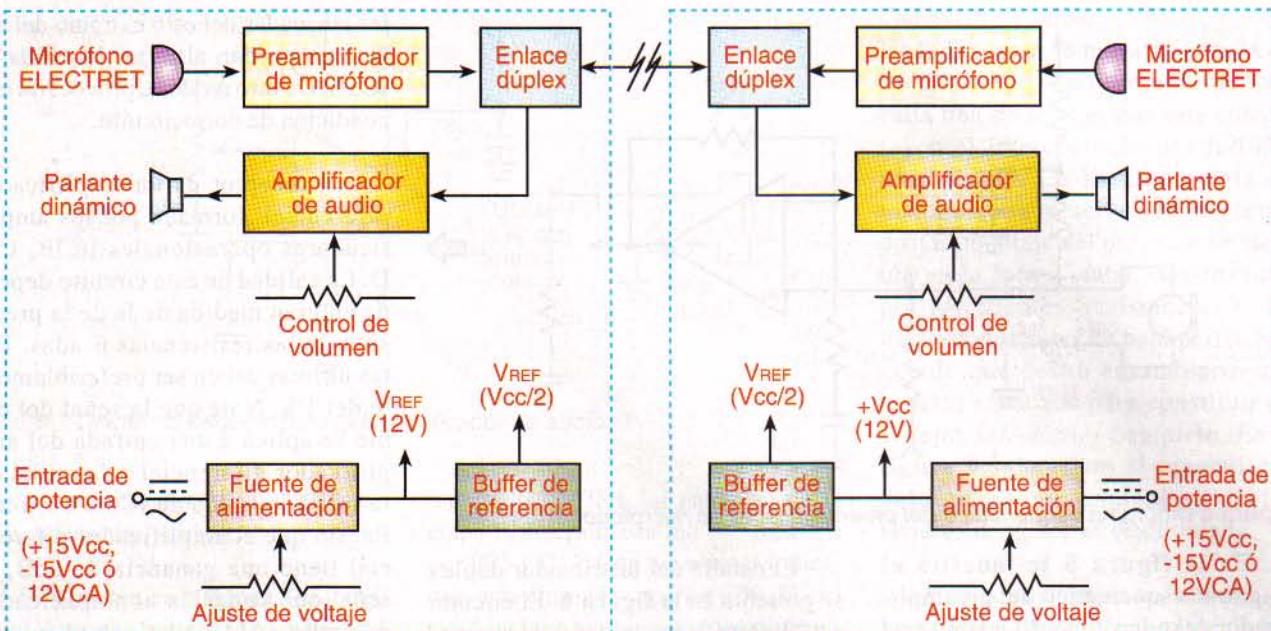


Figura 2 Diagrama de bloques

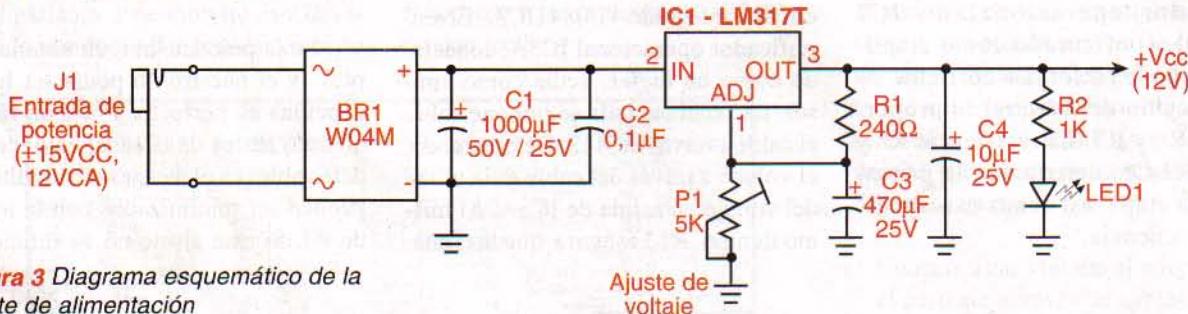


Figura 3 Diagrama esquemático de la fuente de alimentación

transductor de entrada y un parlante dinámico como transductor de salida. Asociados a estos componentes, se hallan un preamplificador, un amplificador y un discriminador dúplex. Este último efectúa la función de separar la señal enviada desde el micrófono, de la señal recibida a través del cable, dirigiendo la primera hacia el otro extremo del enlace y la segunda hacia el amplificador de audio interno, donde es reproducida.

También se dispone en cada tarjeta de una fuente de alimentación regulada y un *buffer* de referencia. La fuente acepta voltajes de entrada alternos (CA) hasta de 24V rms y continuos (CC), positivos o negativos, hasta de 30V. La tensión nominal de alimentación puede ajustarse para cualquier valor entre 9V y 15V. El valor recomendado es 12V. El *buffer* de referencia suministra una tensión (V_{REF}) igual a la mitad del voltaje de alimentación ($V_{CC}/2$) que se utiliza para polarizar los

amplificadores operacionales del preamplificador y el discriminador, permitiendo así que estos circuitos puedan operar a partir de un voltaje de alimentación monopolar.

En la figura 3 se muestra el diagrama esquemático correspondiente a la fuente de alimentación. La misma está desarrollada alrededor de un regulador ajustable LM317 (IC1) y tiene una estructura muy clásica. El uso de un puente rectificador a la entrada permite que el sistema pueda ser impulsado con potencia de CA o de CC de cualquier polaridad. El ajuste del voltaje de salida (V_{CC}) se efectúa mediante P1. El punto recomendado de ajuste es $V_{CC}=12V$.

En la figura 4 se muestra el diagrama esquemático del *buffer* de referencia. El circuito está desarrollado al-

rededor de uno de los dos amplificadores operacionales de un LF353 (IC2A). Su función es producir un voltaje de referencia de CC de valor igual a la mitad del voltaje de alimentación. Este voltaje, aplicado a las entradas no inversoras de los demás amplificadores operacionales del sistema, proporciona un punto de polarización adecuado para las distintas señales. El transistor Q1 (2N3904) incrementa la capacidad de corriente de salida de IC2A.

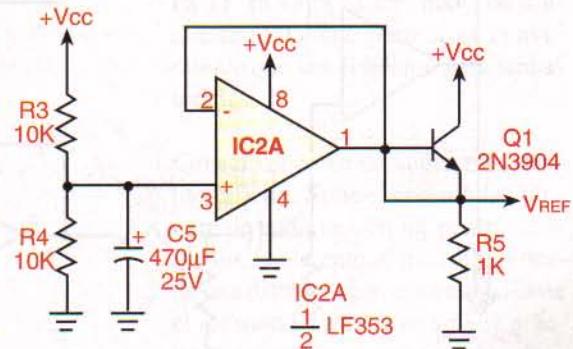


Figura 4 Diagrama esquemático del buffer de referencia

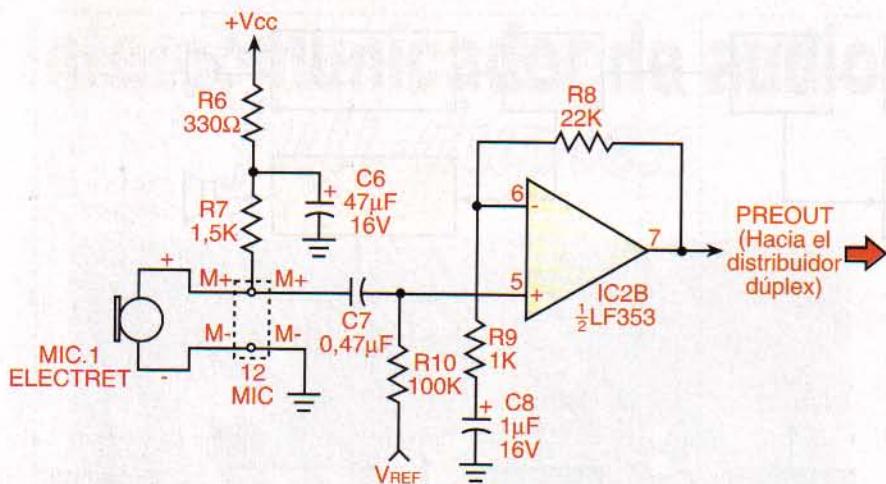


Figura 5 Diagrama esquemático del preamplificador de micrófono

En la **figura 5** se muestra el diagrama esquemático del preamplificador del micrófono. El mismo está desarrollado alrededor del otro amplificador operacional de IC2 (LF353), configurado como amplificador no inversor. La corriente de polarización del *electret* la proporcionan R6 y R7. La resistencia R8 y la red R9-C8, determinan la ganancia de la etapa, así como su respuesta de frecuencia.

El detalle del distribuidor dúplex se presenta en la **figura 6**. El circuito está desarrollado alrededor de los cuatro amplificadores operacionales de un circuito integrado TL084 (IC3). El amplificador operacional IC3A, conectado como un *buffer*, actúa como emisor. La señal enviada se impone sobre el cable a través de R12. De este modo, el voltaje a través del cable es la mitad del voltaje de salida de IC3A. Al mismo tiempo, R12 asegura que las señales emanadas del otro extremo del enlace no puedan alcanzar la salida de IC3A. De otro modo se provocaría una condición de cortocircuito.

El receptor es un amplificador diferencial, formado por los amplificadores operacionales IC3B, C y D. La calidad de este circuito depende en gran medida de la de la precisión de las resistencias usadas. Estas últimas deben ser preferiblemente del 1%. Note que la señal del cable se aplica a una entrada del amplificador diferencial y la mitad de la señal de salida de IC3A a la otra. Puesto que el amplificador diferencial tiene una ganancia de 6dB, la señal que se aplica al amplificador de audio (AMPIN) tiene el mismo nivel de la señal original.

En la práctica, ningún sistema dúplex (y el nuestro no podía ser la excepción) es perfecto. Por esta razón, algunos restos de la señal enviada son detectables en el receptor. Estos últimos pueden ser minimizados con la ayuda de P2. Si este ajuste no es suficiente,

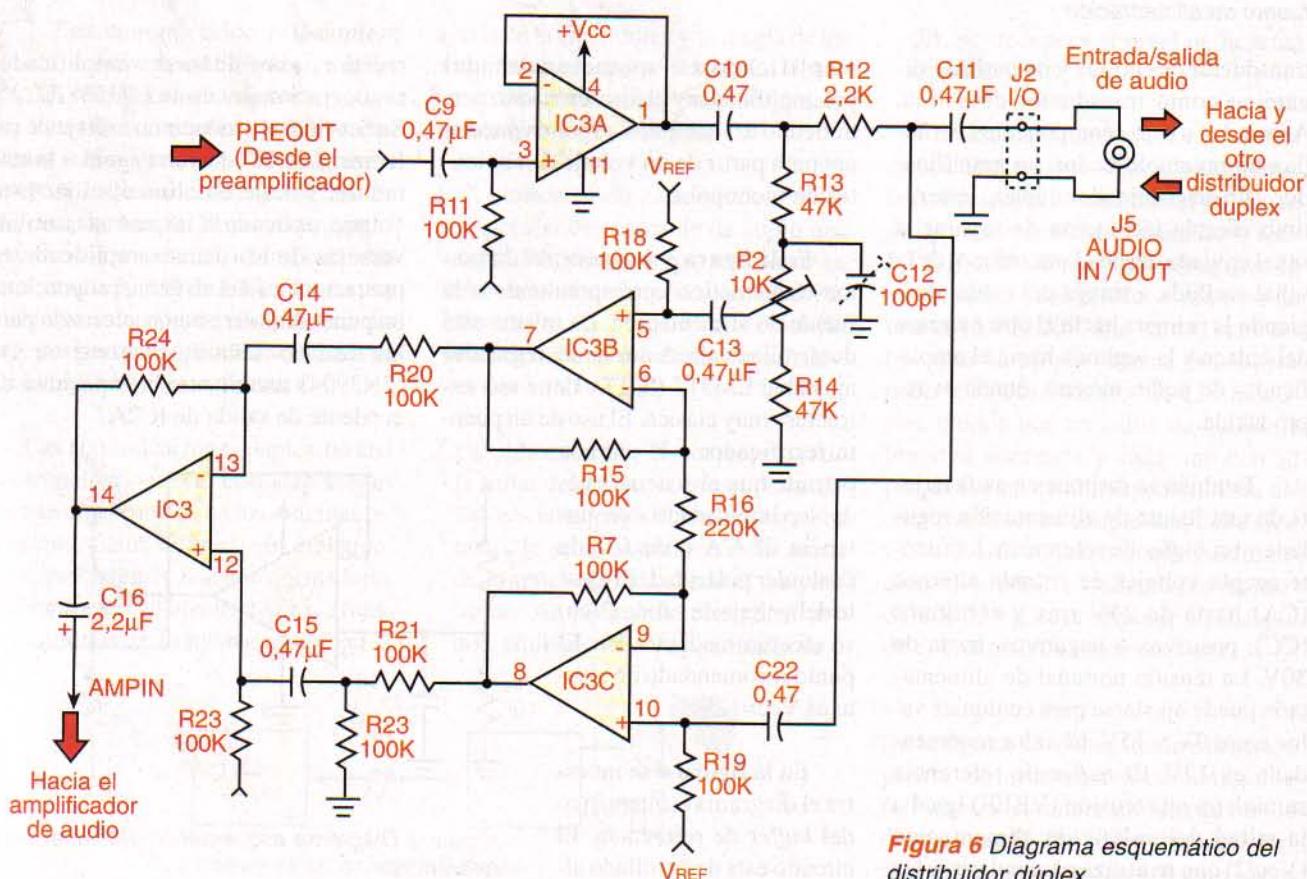


Figura 6 Diagrama esquemático del distribuidor dúplex

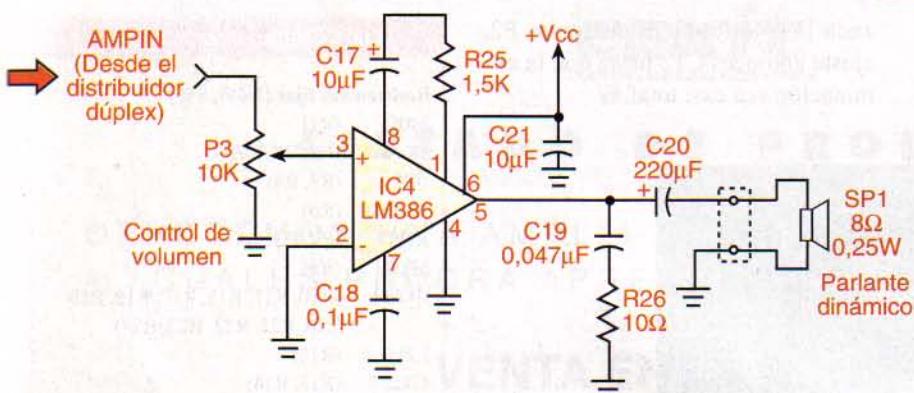


Figura 7 Diagrama esquemático del amplificador de audio

puede ser necesario sustituir C12 por un condensador variable.

Finalmente, en la **figura 7** se muestra el diagrama esquemático del amplificador de audio, encargado de impulsar el parlante. Este circuito está desarrollado alrededor del popular circuito

integrado LM386. La ganancia de la etapa la determina la red RC formada por R25 y C17. Con los valores indicados, esta última es superior a 50. El circuito incluye también un control de nivel para adecuar el volumen de la señal escuchada a las preferencias del usuario que recibe.

Construcción

En la **figura 8** se muestra la guía de localización de componentes de cada una de las tarjetas que constituyen el intercomunicador *full-duplex* **K-239**. La lista completa de materiales se relaciona en un recuadro. El montaje del proyecto se efectúa en la forma usual, comenzando por los puentes, resistencias y demás componentes de bajo perfil. Recuerde que deben ensamblarse dos tarjetas idénticas para constituir un sistema *full-duplex* completo. En la **figura 9** se muestra el aspecto que debe presentar cualquiera de las tarjetas, después de ensamblada.

Una vez ensamblada cada una de las tarjetas, construya el cable de audio y provea, tanto al micrófono como al parlante, de sus respectivos cables, **figura 10**. Naturalmente, la longitud del cable de audio depende de la distancia entre los puntos que constituyen el enlace. Hecho esto, proceda a la prueba y calibración de cada tarjeta. Siga estos pasos:

1. Conecte a cada tarjeta el micrófono y el parlante a través de cables de longitud apropiada y terminados en conectores de dos pines.
 2. Alimente cada tarjeta mediante un adaptador CA-CC o CA-CA común. Busque que la salida de este último sea preferiblemente de 12VCA o 15VCC.
 3. Ajuste lentamente el reóstato P1 hasta que el voltaje de salida del regulador, medido en el pin 3 del LM317 (IC1), sea del orden de 9 a 12V, **figura 11**. El valor exacto no es de mucha importancia, pero sí es conveniente que sea el mismo para ambas tarjetas.
 4. Conecte el cable de audio entre ambas tarjetas. Sitúe el control de volumen de cada una en un punto intermedio, hable ante el micrófono desde una distancia conveniente y ajuste el reóstato P2 hasta que su voz prácticamente no se escuche en el parlante, **figura 12**. Si el grado de eliminación proporcionado por este ajuste no

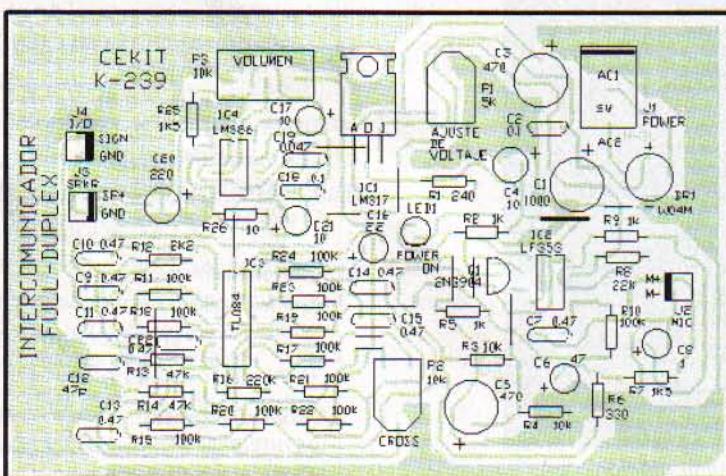


Figura 8 Guía de localización de componentes

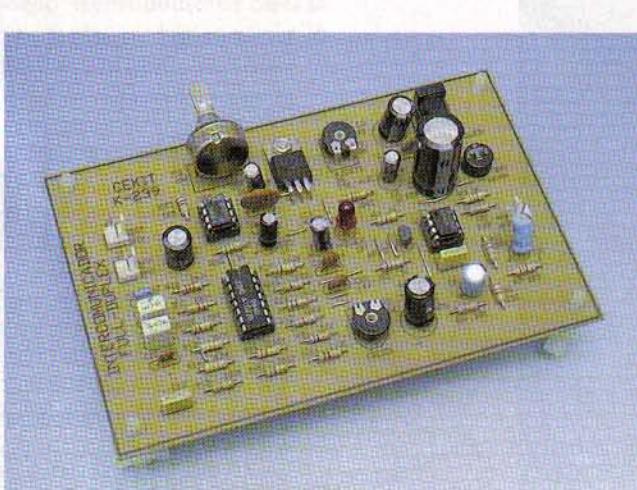


Figura 9 Aspecto final de la tarjeta ensamblada

PROYECTO

es suficiente, puede ser necesario sustituir el condensador fijo C12 por uno variable de 100pF. Una vez minimizada la interferencia mediante P2, ajuste entonces C12 hasta que la eliminación sea casi total.

zada la interferencia mediante P2, ajuste entonces C12 hasta que la eliminación sea casi total.

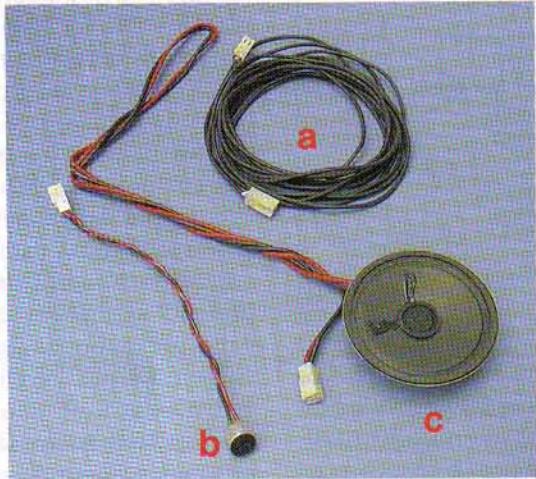


Figura 10 Cables de enlace (a), micrófono (b) y parlante (c)

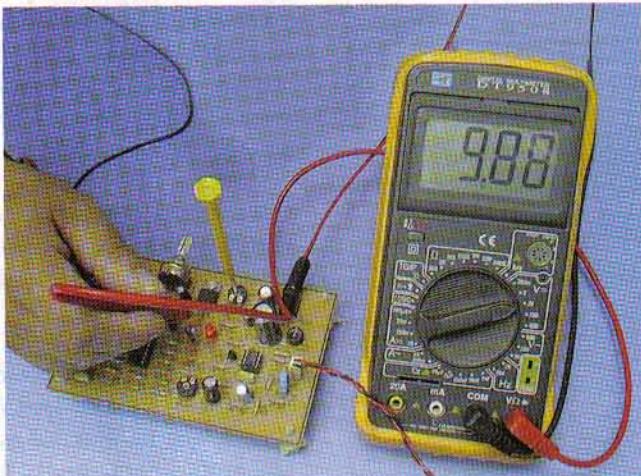


Figura 11 Calibración del voltaje de alimentación

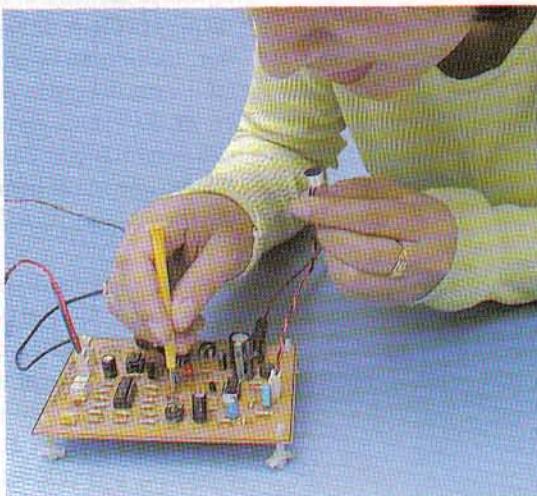


Figura 12 Ajuste de interferencia (crosstalk)

Lista de materiales por tarjeta

Resistencias fijas (1/4W, 5%)

240Ω	(R1)
1K	(R2, R5, R9)
10K	(R3, R4)
330Ω	(R6)
1,5kΩ	(R7, R25)
22kΩ	(R8)
100kΩ	(R10, R11, R15, R17, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24)
2,2kΩ	(R12)
47kΩ	(R13, R14)
220kΩ	(R16)
10Ω	(R26)

Resistencias variables

5kΩ	Reóstato (P1)
10kW	Reóstato (P2)
10kW	Potenciómetro (P3)

Condensadores fijos

1000μF/50V electrolítico (C1)
0,1μF/50V cerámico (C2, C18)
470μF/25V electrolítico (C3, C5)
10μF/25V electrolítico (C4, C17)
47μF/25V electrolítico (C6)
0,47μF cerámico (C7,C9,C10, C11, C13, C14, C15, C21)
1μF/25V electrolítico (C8)
100pF cerámico (C12)
2,2μF electrolítico (C16)
0,047μF electrolítico (C19)
220μF/25V electrolítico (C20)

Semiconductores

W04M	Puente rectificador, 1A (BR1)
2N3904	Transistor NPN (Q1)
LED	Diodo emisor de luz, 5mm (LED1)

Circuitos integrados

LM317T	Regulador positivo, ajustable (IC1)
LF353	Amplificador operacional doble (IC2)
TL084	Amplificador operacional cuádruple (IC3)
LM386	Amplificador de audio (IC4)

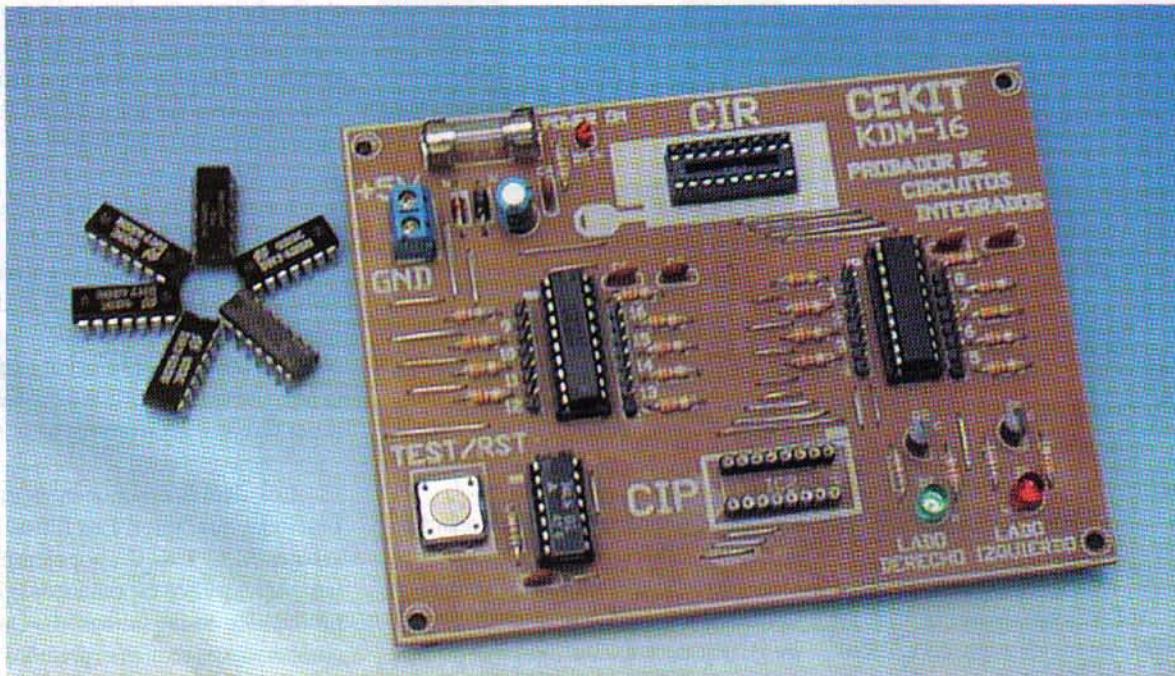
Transductores

1 micrófono electret miniatura (MIC1)
1 parlante dinámico de 8W, 0,25W (SP1)

Accesorios electromecánicos

1 jack de potencia para adaptador (J1)
3 conectores en línea de 2 pines, H/M (J2, J3, J4)
2 bases DIP de 8 pines (IC2, IC4)
1 base DIP de 14 pines (IC3)
1 tarjeta de circuito impreso CEKIT KDM-239
Alambre telefónico No 24 para puentes
Cable de audio monofónico (3 metros)
Cable dúplex polarizado (1 metro)
Tornillo y tuerca de montaje para el regulador
Soldadura
Sopletes plásticos para tarjeta (no incluidos)
Adaptador CA-CA o CA-CC (no incluido)
Caja o chasis de montaje (no incluido)

Probador de circuitos integrados digitales



Pruebe rápida y fácilmente circuitos integrados digitales estándar, sin retirarlos del circuito de utilización, ni tener que investigar cada pin por separado. Este práctico, sencillo y económico instrumento es tan útil y eficiente que muy pronto se convertirá en una de las herramientas favoritas en su banco trabajo.

LUIS ALFONSO RODRÍGUEZ
Profesor titular U.T.P.

JORGE EDUARDO HERNÁNDEZ
Ingeniero de planta de CEKIT S. A.
edhernandez@cekit.com.co

Características y especificaciones

- Probador de circuitos integrados digitales «in circuit»
- Prueba circuitos integrados TTL y CMOS de pequeña y mediana escala
- Acepta circuitos integrados de 8, 14 y 16 pines
- Puede ser también utilizado para probar memorias y dispositivos lógicos programables
- Voltaje de alimentación: +5V, obtenido del circuito bajo prueba
- Monitor LED independiente para cada hilera de pines
- Basado en comparadores de identidad 74LS/HC688
- Con protección contra voltaje inverso y sobrevoltaje
- Económico, confiable y fácil de usar. No necesita ajustes ni programación

La proliferación de sistemas basados en circuitos integrados digitales obliga a disponer de instrumentos de medición y prueba especializados para diagnosticar y localizar fallas en los mismos. Si sus necesidades en este sentido son esporádicas, una punta lógica y un pulsador lógico serán probablemente todo el equipo que usted requiere. Pero, si su dedicación a la reparación, la prueba o el diseño de sistemas digitales absorbe una buena parte de su tiempo, es deseable que disponga de un probador de circuitos integrados digitales, como el descrito en este artículo.

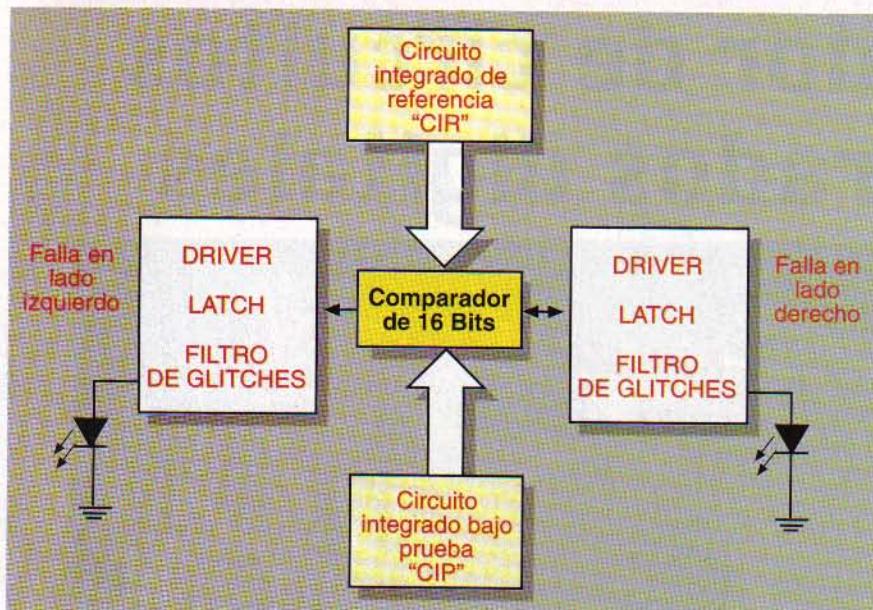


Figura 1. Probador de circuitos integrados KDM-16. Diagrama de bloques

Nuestro sistema, identificado con la referencia **KDM-16** de **CEKIT**, prueba el estado general de un circuito integrado TTL o CMOS «sospechosos», comparando su funcionamiento, en tiempo real, con el de uno idéntico, comprobadamente en buen estado, tomado como referencia y excitado por las mismas señales de entrada. El resultado de la prueba se visualiza en dos LED, cada uno asociado a una hilera de pines.

Por tratarse de un probador «*in-circuit*», el circuito integrado bajo prueba (CIP) debe estar necesariamente incorporado a un circuito activo. Desde este último, el instrumento obtiene las señales de excitación del circuito integrado de referencia (CIR), así como su propio voltaje de alimentación (+5V). Las señales de salida de cada uno se procesan por separado para producir el diagnóstico final.

NOTA

El probador **CEKIT KDM-16** no es apropiado para chequear amplificadores operacionales y otros tipos circuitos integrados lineales. Tampoco se recomienda para probar microprocesadores ni circuitos integrados digitales que involucren señales análogas, como monostables, multiplexores análogos, interruptores bilaterales, osciladores, PLL digitales, etc., porque se pueden producir resultados ambiguos y no confiables. Asimismo, por ningún motivo conecte el probador a una tensión de alimentación superior a 5,5V porque puede destruirlo.

Funcionamiento

La idea básica, detrás del funcionamiento del probador **CEKIT KDM-16**, consiste en utilizar las mismas señales de entrada del circuito integrado bajo prueba (CIP), para excitar un circuito integrado de referencia (CIR) idéntico, y comparar las señales de salida de cada uno. Si el CIP produce exactamente las mismas respuestas que el CIR, entonces se declara como bueno. De lo contrario se declara como defectuoso. En la figura 1 se ilustra este concepto.

En la figura 2 se muestra el esquema general del probador **KDM-16**. El corazón del sistema es un comparador de igualdad de 16 bits, construido con dos comparadores de 8 bits **74LS688** o **74HC688** (IC3, IC4), uno para cada hilera de pines del CIR y del CIP. La salida de cada comparador excita un seguro o *latch NOR* (IC5).

El proceso de prueba se inicia pulsando el botón Test/Reset (S1). De este modo, las salidas de los seguros (pines IC5-1 e IC5-10) arrancan en 0. Al liberar S1, el control de los seguros lo asumen las salidas $\overline{P}=\overline{Q}$ (pin 19) de los comparadores. Si los estados lógicos de los pines de salida del CIP y del CIR coinciden en todo instante, las salidas $\overline{P}=\overline{Q}$ de ambos comparadores envían un bajo (0) a los seguros y los LED permanecen apagados, indicando que el CIP está en buen estado.

Si no hay coincidencia total, la salida $\overline{P}=\overline{Q}$ de uno o ambos comparadores se hace alta. Bajo esta condición, el seguro o seguros correspondientes pasa al estado alto y uno o ambos LED se iluminan, indicando que el CIP está defectuoso. Al mismo tiempo, la entrada E (pin 1) del respectivo comparador recibe un alto, lo cual inhibe la comparación y mantiene alta la salida $\overline{P}=\overline{Q}$ hasta que se pulse nuevamente el botón de arranque (*test/reset*).

Las resistencias R1-R16 cumplen una doble función. Por un lado, limitan la corriente entre pines de entrada o de salida equivalentes del CIR y del CIP que se encuentren en estados antagónicos. Por otro lado, liberan al usuario de la tarea de identificar e interconectar los pines de entrada de ambos dispositivos.

Los demás componentes cumplen funciones auxiliares. Los filtros RC pasabajos $R_{18}C_1$ y $R_{19}C_2$, por ejemplo, evitan que los pulsos espontáneos (*glitches*) producidos en las salidas $\overline{P}=\overline{Q}$ de los comparadores sean interpretados por los seguros como señales válidas y produzcan una señalización errónea. Asimismo, R_{21} y R_{23} limitan la corriente a través de los LED D_1 y D_2 a un valor adecuado (10mA). Por otra parte, los diodos D_3 y D_4 protegen el probador en caso de ser alimentado con un voltaje excesivo o de polaridad inversa.

Construcción

En la figura 3 se muestra la guía de localización de partes del probador de circuitos integrados **KDM-16** de **CEKIT** sobre una tarjeta de circuito impreso específicamente diseñada para esta tarea. La lista completa de materiales necesarios se relaciona en un recuadro. El montaje del proyecto se efectúa en la forma usual y no debe ofrecer mayores dificultades si se procede con cuidado. En la figura 4 se muestra el aspecto que debe ofrecer la tarjeta una vez ensamblada.

Después de finalizado el ensamblaje y corregidos los posibles errores de montaje, limpíe al área de soldadura con alcohol para remover residuos de fundente. Corte entonces las bases de caucho y adhiéralas en las esquinas de la tarjeta para que le sirvan de soporte.

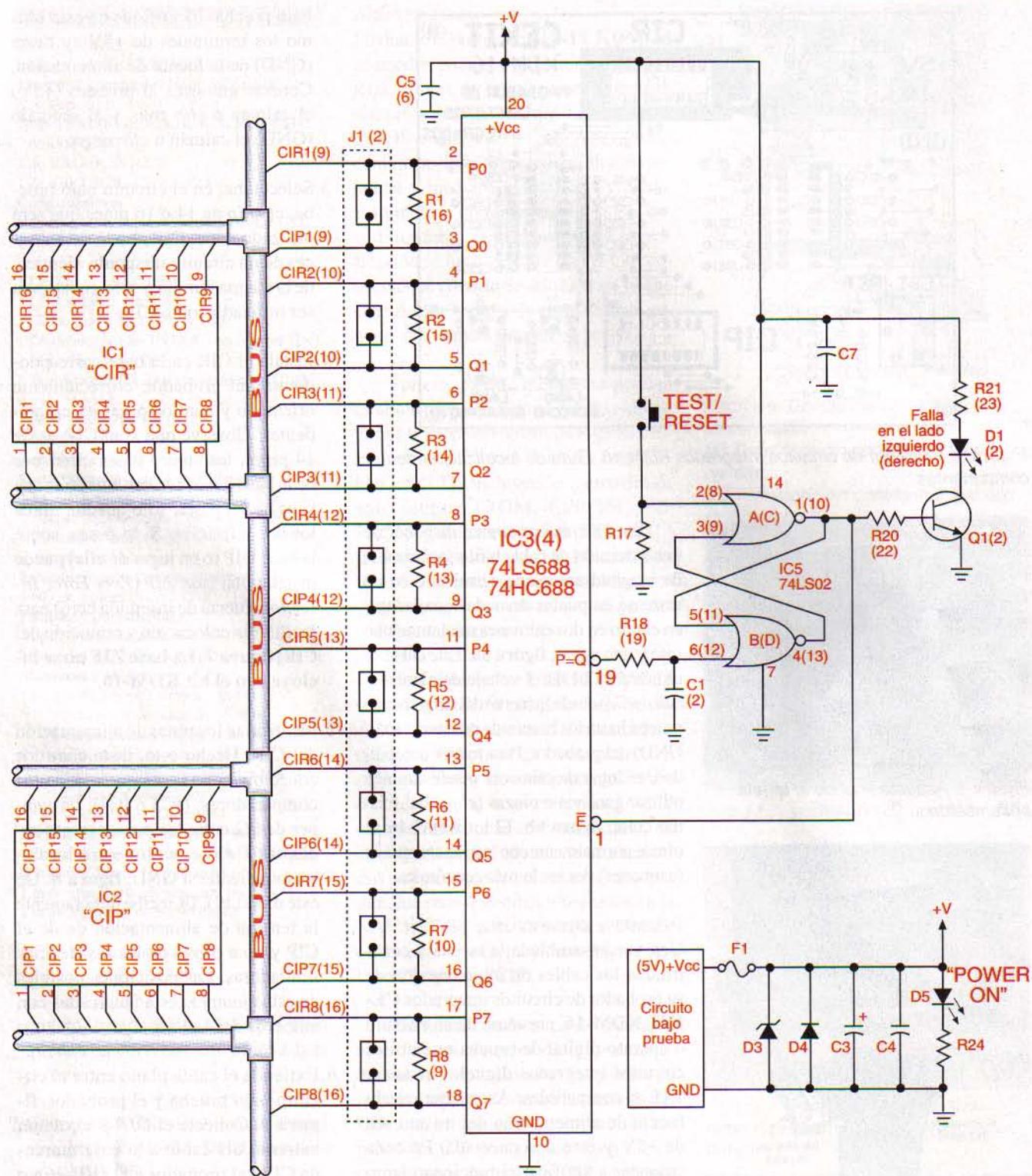


Figura 2. Probador de circuitos integrados KDM-16. Diagrama esquemático

Antes de proceder a la prueba del equipo, es importante proveerse de una extensión de cable plano (*ribbon*) de 16 pines, de longitud apropiada, terminado en cada extremo en un conector tipo *DIP-plug*, figura 5a. Este cable, que se

consigue comercialmente o usted mismo puede construir, se utiliza para transferir las señales del circuito integrado bajo prueba a la base marcada CIP del probador. Para una mayor comodidad, puede utilizar en su lugar un cable de

extensión terminado en un extremo en un conector tipo *DIP-plug*, y en el otro, en uno tipo *dip-clip* de 16 pines, figura 5b. El kit KDM-16 se ofrece generalmente con la primera opción, por ser la más económica.

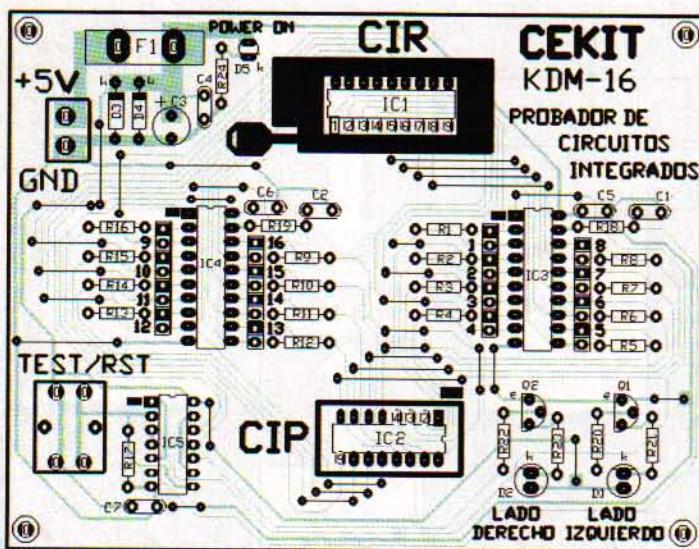


Figura 3. Probador de circuitos integrados KDM-16. Guía de localización de componentes

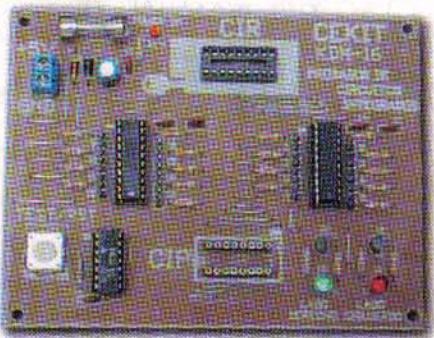


Figura 4. Aspecto final de la tarjeta ensamblada

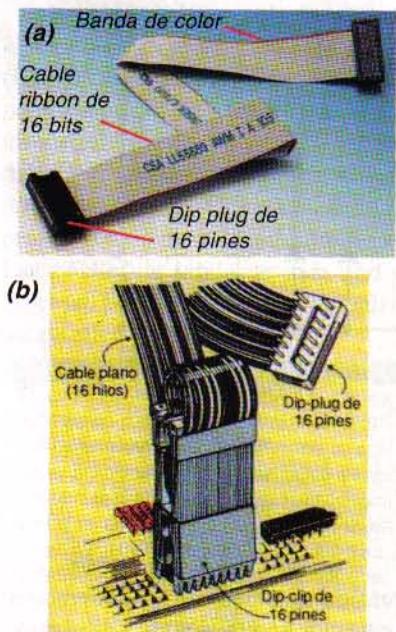


Figura 5. Detalle del cable plano de interconexión

- (a) De dip-plug a dip-plug.
- (b) De dip-clip a dip-plug

También es importante disponer de una extensión de cable bifilar polarizado, de longitud apropiada, terminado en un extremo en puntas desnudas estañadas y en el otro en dos caimanes miniatura: uno rojo y uno negro, **figura 6a**. Este cable se utiliza para llevar el voltaje de alimentación (+5V) desde la fuente del circuito bajo prueba hasta los bornes de potencia (+5V/GND) del probador. Para mayor comodidad, en lugar de caimanes puede también utilizar ganchos o pinzas (*clips*) del mismo color, **figura 6b**. El kit KDM-16 se ofrece normalmente con la primera opción (caimanes) por ser la más económica.

Prueba y operación

Una vez ensamblada la tarjeta y construidos los cables de interconexión de su probador de circuitos integrados CE-KIT KDM-16, provéase de un circuito o aparato digital de prueba que utilice circuitos integrados digitales estándar TTL o compatibles. Asegúrese que la fuente de alimentación del mismo sea de +5V y esté desconectada. Proceda entonces a verificar el funcionamiento del sistema y a familiarizarse con su operación. Siga estos pasos:

1. Conecte las puntas estañadas del cable de alimentación a los bornes de entrada del probador (conductor rojo a Vcc y negro a GND).
2. Extienda el cable de alimentación desde el probador hasta el circuito

bajo prueba. Identifique en este último los terminales de +5V y tierra (GND) de la fuente de alimentación. Conecte entonces al primero (+5V) el caimán o *clip* rojo, y al segundo (GND) el caimán o *clip* negro.

3. Seleccione, en el circuito bajo prueba, el *chip* de 14 ó 16 pines que será utilizado como CIP. Provéase entonces de un circuito integrado idéntico, de la misma familia y referencia, para ser utilizado como CIR.
4. Instale el CIR en la base correspondiente del probador, correctamente orientado y con los pines #1 coincidentes. Observe que si el CIR es de 14 pines, los cuatro pines inferiores de la base quedan libres, mientras que si es de 16 pines, sólo quedan libres los dos inferiores. Si lo desea, sobre la base DIP (o en lugar de ella) puede instalar una base ZIF (*Zero Force Insertion*: fuerza de inserción cero) para facilitar la colocación y remoción del CIR, **figura 7. La base ZIF no se incluye con el kit KDM-16**.
5. Identifique los pines de alimentación del CIR. Hecho esto, instale, en los conectores tipo cerca que rodean los comparadores (IC3 e IC4), un *jumper* de 0Ω entre los pines correspondientes a +Vcc, y otro entre los correspondientes a GND, **figura 8**. De este modo, el CIR recibe directamente la tensión de alimentación desde el CIP y no a través de las resistencias limitadoras. Las posiciones posibles de estos *jumpers* están marcadas con números del 1 al 16.
6. Extienda el cable plano entre el circuito bajo prueba y el probador, **figura 9**. Conecte el *DIP-plug* de un extremo del cable a la base marca CIP del probador y el *DIP-clip* o *dip-plug* del otro extremo al circuito integrado bajo prueba. Asegúrese que el pin 1 de este último coincida con el pin 1 de la base. Puede utilizar la banda de color del cable como guía. Si tiene dudas, confíre la continuidad de la conexión con un multímetro. Si en lugar de un *dip-clip* utiliza un *dip-plug*, asegúrese de que haga buen contacto

Lista de materiales**Circuitos integrados**

2 comparadores 74LS/HC688 (IC3, IC4)
1 juego de compuertas NOR 74LS02 (IC5)

Resistencias fijas (1/4W, 5%)

20 de 330Ω (R1-R16, R18, R19, R21, R23)

1 de 1kΩ (R17)

2 de 10kΩ (R20, R22)

1 de 470Ω (R24)

Condensadores

6 cerámicos de 0,1µF/50V (C1, C2, C4-C7)

1 electrolítico de 100µF/16V (C3)

Semiconductores

1 LED rojo, 5 mm (D1)

1 LED verde, 5 mm (D2)

1 Diodo Zener de 5,9V/1W (D3)

1 Diodo rectificador 1N4004 o equivalente (D4)

1 LED rojo, 3 mm (D5)

2 Transistores NPN 3904 o equivalentes (Q1-Q2)

Bases DIP para circuitos integrados

1 de 18 pines (IC1 o CIR) (*)

2 de 20 pines (IC3, IC4)

1 de 14 pines (IC5)

Conectores para circuito impreso

2 Sockets en línea de 8 pines (IC2 o CIP)

1 Bloque de tornillo de 2 pines (5V/GND)

4 Conectores en línea de 1x8 pines

2 Jumpers de 0Ω

Pulsadores para circuito impreso

1 NO de 4 pines (S1 o TST/RST)

Fusibles y portafusibles

1 de 250 mA, corto, de vidrio (F1)

2 Soportes de fusible corto para cto. imp. (F1)

Alambres y cables

1 Extensión ribbon formada por: (*)

30 cm de cable plano de 16 hilos

2 conectores tipo dip-plug de 16 pines

1 extensión duplex formada por: (*)

30 cm de cable duplex polarizado #24

1 Caimán miniatura roja

1 Caimán miniatura negra

Tarjetas de circuito impreso y otros

1 Tarjeta de circuito impreso CEKIT KDM-16

4 Soportes de caucho miniatura

1 m de alambre telefónico para puentes

1 m de soldadura de Sn/Pb 60/40

(*): ver texto para más detalles

Aplicaciones

Mediante el probador **CEKIT KDM-16** se pueden chequear principalmente tarjetas o lotes de tarjetas que contengan circuitos integrados digitales TTL o CMOS estándar de 14 o 16 pines, tanto combinatorios como secuenciales, de pequeña y mediana escala (SSI y MSI). Esto incluye compuertas, flip-flops, decodificadores, contadores, etc. La verificación se hace siempre con el CIP conectado al circuito de utilización, ya que el probador no tiene la capacidad de generar sus propias señales de prueba.

Por este mismo método se pueden también probar tarjetas que incluyan algunos tipos de dispositivos lógicos programables (PLD) no volátiles compatibles con TTL, incluyendo memorias de sólo lectura (ROM, EPROM, EEPROM) y matrices lógicas (PAL, GAL) previamente programadas. Naturalmente, el CIR tendrá que estar también programado con los mismos códigos del CIP y ser del mismo tipo.

Con el probador **CEKIT KDM-16** se pueden también chequear lotes de circuitos integrados de una misma referencia que usted posea en su almacén o en su organizador de componentes. Para ello tendrá que construir, con un CIP comprobadamente en buen estado, un circuito de prueba donde se utilicen todos sus pines, e ir colocando, uno por uno, los otros circuitos integrados en la base del CIR para su verificación. En estos casos resulta muy conveniente una base ZIF para el CIR.

También, con un poco de ingenio y el uso de un conector *dip-clip* adecuado, puede probar circuitos integrados de más de 16 pines llevando las señales del CIR a un *protoboard* y comparando los pines del CIP por grupos. Para facilitar esta tarea, la base del CIP en el probador la constituyen dos conectores en línea mecanizados tipo *socket* de 8 pines, en lugar de una base DIP convencional de 16 pines. Obviamente, dentro de cada grupo deberán estar incluidos los pines de alimentación. Usted irá descubriendo otras posibilidades de este sencillo pero versátil instrumento a medida que se familiarice con su operación. Suerte.

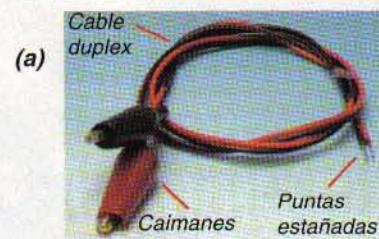


Figura 6. Detalle del cable bifilar de alimentación

(a) Terminado en conectores tipo caimán.

(b) Terminado en conectores tipo clip (minigrabber)

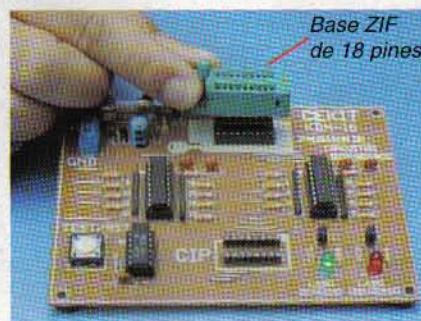


Figura 7. Instalación de una base ZIF

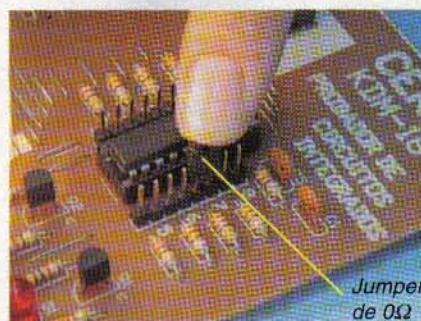


Figura 8. Instalando los puentes removibles (jumpers) de alimentación del CIR.



Figura 9. Conexión del cable de interfaz entre el circuito de prueba y el probador

con todos los pines del CIP y no queden en cortocircuito pines adyacentes.

7. Conecte la fuente de alimentación del circuito bajo prueba. Debe iluminarse el LED D5.

8. Pulse momentáneamente el botón de prueba, TEST/RST. Si el CIP está en buenas condiciones, los LED D1 y D2 no deben iluminarse. En caso contrario, uno de ellos, o ambos, se iluminarán, indicando en qué fila de pines se encuentra la falla. Para verificar el resultado, basta con pulsar de nuevo el botón de prueba.

Monitoreo remoto de electrocardiogramas (smr-ecg)

Se describe aquí un sistema de monitoreo electrocardiográfico al que se puede ingresar a través de la internet o de una red de área local, logrando así una mayor versatilidad y fácil acceso para su aplicación; ha sido desarrollado con el ánimo de prestar un amplio y eficiente servicio en el área de la cardiología a los centros hospitalarios y entidades dedicadas al cuidado de la salud, que cuenten con los requisitos de software y hardware apropiados para su funcionamiento.

DIANA CAROLINA VALENCIA

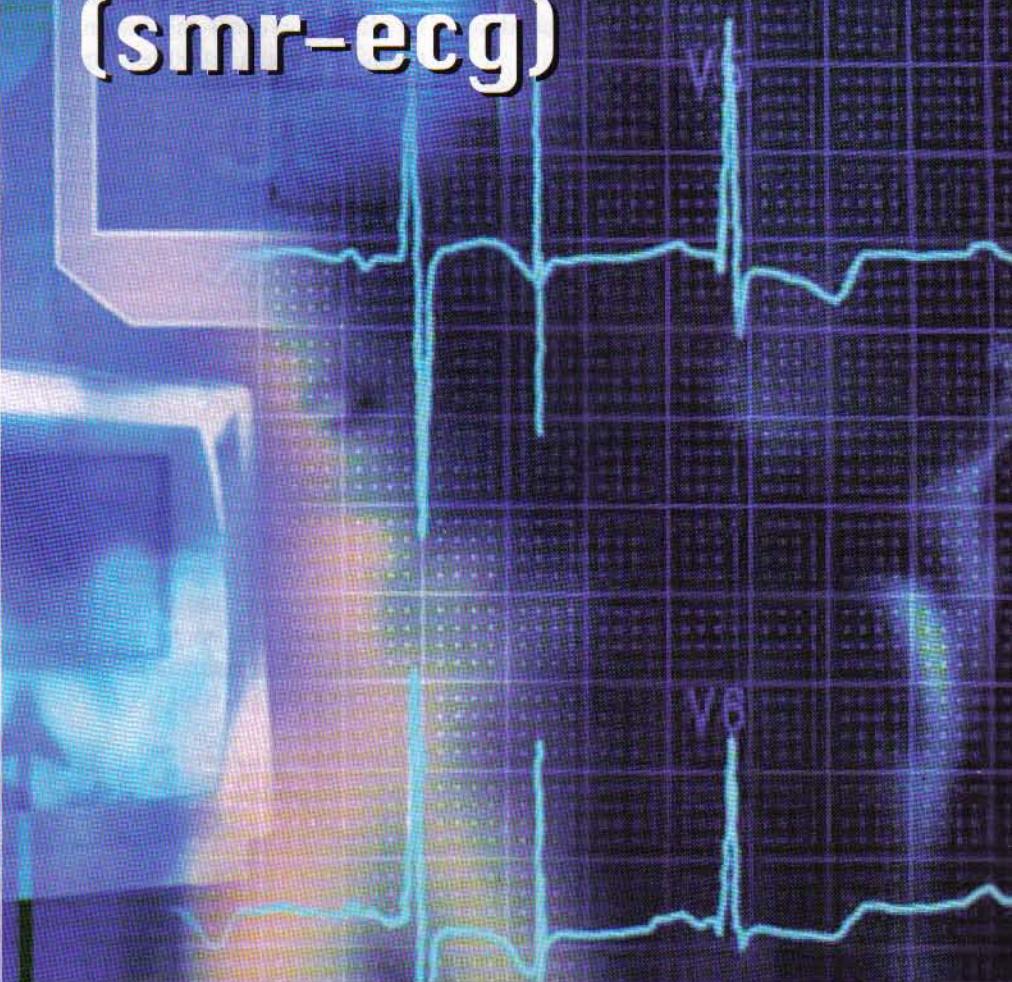
Ingeniera Electrónica

Universidad Nacional de Manizales

Introducción

Actualmente, uno de los principales objetivos de la telemedicina es que el usuario de los datos monitorizados pueda tener un acceso integral a la información en cualquier momento, desde cualquier lugar y en la mejor forma posible. La difusión de la internet y el surgimiento de la tecnología web son factores que ayudan a conseguir este objetivo. Entre los factores determinantes en la transmisión están la velocidad y el ancho de banda, pues el retardo en las transmisiones algunas veces llega a ser la barrera principal para la aplicación de esta tecnología.

La telemedicina le permite al especialista prestar servicios de diagnóstico al paciente, asistencia intra-operativa, proveer terapia, o consultar con personal paramédico en un sitio remoto, utilizando tecnología soportada en



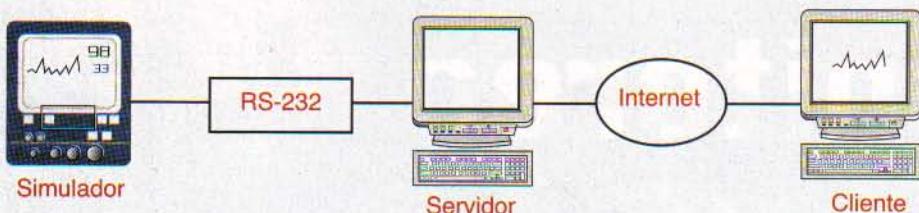


Figura 1. Estructura general del sistema de monitoreo

las telecomunicaciones para el tratamiento y cuidado del paciente. Esto abarca un amplio rango de las telecomunicaciones y tecnologías de información, aparte de las muchas modalidades médicas.

El acceso a las redes en telemedicina se hace por diferentes vías; una red puede funcionar básicamente como una INTRANET que tenga un nodo central de comunicaciones, el cual coordina un sistema de nodos principales en hospitales de referencia, y de nodos remotos en hospitales regionales, a través de enlaces digitales vía módem telefónico.

Las señales de ECG para sistemas de cómputo requieren de un proceso para su almacenamiento o generación, la compresión de ECG es un proceso indispensable en la implantación de un sistema de telemedicina. La conservación de la infor-

mación es posible gracias al uso de sistemas de almacenamiento mediante archivos con formatos propios y las aplicaciones que necesitan hacer un almacenamiento masivo de información, utilizan como herramientas motores estándar de bases de datos.

Desarrollo del sistema

El esquema general de un sistema de monitoreo consiste, a bajo nivel, de la comunicación entre los aparatos de monitorización y las PC, utilizando un estándar para la adquisición de información médica específica proveniente de cada dispositivo de monitorización; asimismo, el sistema debe permitir comunicación directa desde sistemas de adquisición de datos convencionales (DAS). Básicamente, en un sistema de este tipo, se transmiten datos provenientes de los aparatos médicos como son: sonido y vídeo en formato comprimido, mensajes de texto en un sistema de pizarra e información de control.

Para garantizar la seguridad y la confidencialidad de la información médica que es transmitida a través de la internet se adoptan mecanismos y procedimientos de encriptamiento, con los inconvenientes de aumento del procesamiento y la extensión de los archivos.

En cuanto al equipo básico utilizado para la adquisición de datos (*hardware*), si la información necesita recorrer largas distancias, se recomienda instalar un nodo remoto; si no, entonces se puede recurrir a las redes de área local. Respecto del *software*, básicamente se utilizan plataformas Win95/98/NT o UNIX y programas comerciales para videoconferencias, que incluyen la posibilidad de compartir programas y pizarras interactivas. Java

es uno de los principales lenguajes de programación utilizado en la generación de programas para la internet y por tanto, en el desarrollo de programas para telemedicina.

En un sistema de monitoreo que utiliza redes telemáticas y la internet, es necesario tener en cuenta las características apropiadas que apoyen el buen funcionamiento del mismo, en cuanto a diseño, desarrollo y evaluación; tales como, una infraestructura abierta proporcionada al trabajar con el modelo TCP/IP, la posibilidad de expansión, la implantación de interfaces gráficas de usuario amigables, arquitecturas de trabajo cooperativo, tecnologías multimedia, tecnologías y lenguajes para el desarrollo de aplicaciones para telemedicina basadas en la red.

La información que se transmite en un proceso de monitoreo debe ser confiable; es necesario contar con equipos de óptima calidad, ya que los datos de signos vitales así los requieren; por esta razón el medio de transmisión empleado debe ser estable, con buena capacidad en velocidad y ancho de banda.

Requerimientos de hardware

Los requerimientos mínimos del sistema son: un procesador Pentium, 32 MB en memoria RAM para el módulo simulador; un procesador Pentium, 64 MB en memoria RAM, capacidad libre en disco duro de 1 GB, monitor SVGA para el módulo servidor, un procesador Pentium, 32 MB en memoria RAM para el módulo cliente, y un cable de módem nulo.

Requerimientos de software

En el módulo simulador se necesita el JDK1.2.2 o superior, con el API de comunicaciones y el programa que se eje-

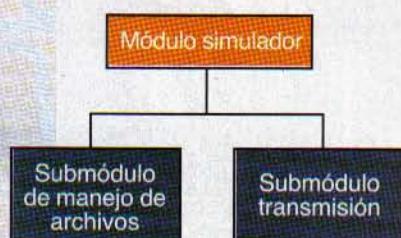


Figura 2. Estructura del módulo simulador



Figura 3. Estructura del módulo servidor

cuta en este módulo. Para el módulo servidor se requiere de una computadora, con sistema operativo con características de servidor, conectada a la internet y/o a una red de área local; debe estar dotada de los siguientes programas: Microsoft FrontPage, Microsoft PWS 4.0, IIS y el JDK1.2.0 o superior con la API de comunicaciones. El cliente necesita una computadora con un navegador estándar que cuente con soporte para visualizar *applets* escritos en Java. En cuanto al software de desarrollo, el programa final está desarrollado en los lenguajes de programación Java, HTML y ASP.

Estructura del sistema

El sistema de monitoreo remoto (SMR), está compuesto principalmente por tres módulos, módulo simulador, módulo servidor y módulo cliente, clasificados según las funciones que desempeñan y la ubicación de los mismos, figura 1.

Módulo simulador: se encarga de simular el trabajo que realiza un monitor de signos vitales, en cuanto a emitir valores de señal e información de registro. Para la transmisión se elige un archivo en el cual se encuentran los valores de señal, se accede a éste, se procesan sus datos y se envían a través del puerto serie utilizando RS-232, figura 2.

Módulo servidor: El programa en el módulo servidor ejecuta los procesos que son necesarios para que los datos de señales y de información de un ECG lleguen hasta el cliente, independiente de su lugar de procedencia, sean enviados desde el simulador o desde archivos almacenados, figura 3.

Submódulo de enlace a datos en línea: se encarga de recibir, procesar y transmitir los datos procedentes del módulo simulador hacia la aplicación de cliente. Se hacen procesos de seguridad, comunicación serial y comunicación TCP/IP, procesamiento de la información, creación y almacenamiento de la información en archivos.

Submódulo de enlace a datos almacenados: se encarga de acceder, procesar y transmitir los datos que se encuentran almacenados en archivos de ECG. Está compuesto por cuatro unidades: unidad de depósito de páginas web, unidad de seguridad, unidad de comunicación, y unidad de procesamiento

Módulo cliente: en este módulo se hace la interacción con el usuario final que accede al SMR. El programa en el módulo cliente desarrolla los procesos web de ingreso al sistema y despliega en un *applet* escrito en Java los medios gráficos con los que interacciona el usuario final, figura 4.

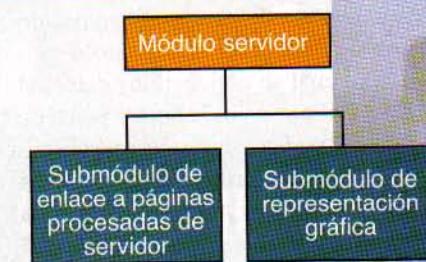


Figura 4. Estructura del módulo cliente

Submódulo de acceso a páginas procesadas de servidor: se encarga de los procedimientos previos de identificación y selección de los archivos necesarios para entrar al submódulo de representación gráfica del programa cliente. Contiene las unidades de identificación y de selección de archivo.

Submódulo de representación gráfica: en este módulo el usuario visualiza el *applet* que contiene la interfaz principal del programa cliente, la cual se comunica con todas las clases encargadas de desarrollar procesos relacionados con la representación gráfica. Consta de las siguientes unidades: unidad de procesamiento, unidad de reproducción, unidad de visualización, unidad de opciones de reproducción y unidad de ayuda, figura 5.

Los archivos de datos de ECG fueron tomados de un monitor de cuida-

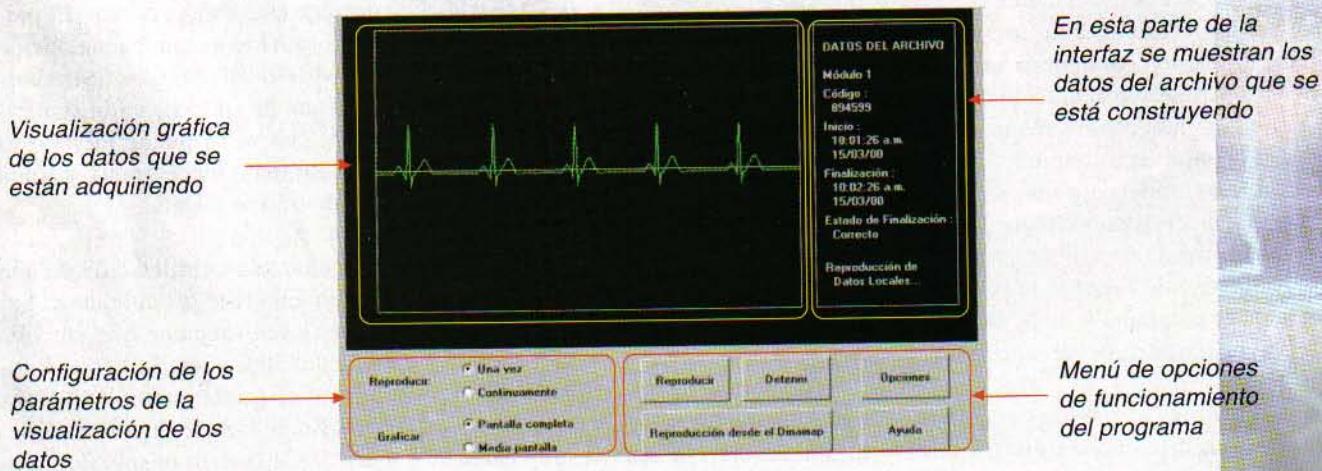


Figura 5. Interfaz del applet de representación gráfica

dos intensivos. El archivo comprimido de ECG posee datos tales como el módulo del cual se obtienen los datos, el código del paciente, la hora y fecha de inicio del registro, los valores de la señal de ECG comprimidos, el estado de registro, la fecha y hora de finalización del registro.

Para el manejo de la información, que fluye a través del puerto serie, se utilizó la API de comunicaciones Java constituida por el paquete javax.comm que añade soporte para dispositivos serie a través de RS-232.

Se estableció una base de datos en Microsoft Access que contiene los nombres de los médicos autorizados para tener acceso al programa SMR; y las consultas a la base de datos, desde las páginas ASP, se programaron con el lenguaje SQL.

Para el desarrollo del sistema se trabajó con las siguientes herramientas: Microsoft FrontPage, Bluette 1.0, procesadores de texto como el Bloc de notas o el WordPad, y para el ambiente servidor se utilizaron Microsoft PWS e IIS 4.0.

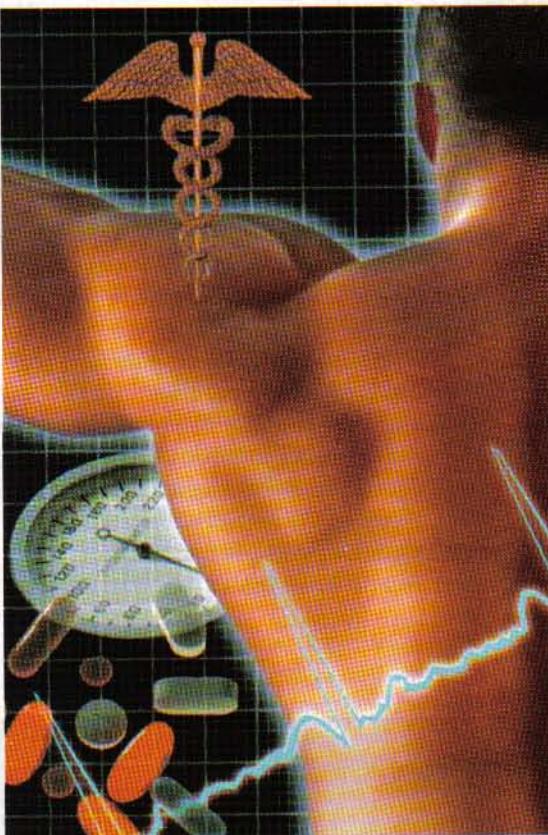
Conclusiones

Para la realización de las pruebas del sistema se utilizaron archivos de datos comprimidos de ECG con tiempos de almacenamiento definidos. Los valores de tiempo de comunicación serial indican que los parámetros utilizados para la configuración de puerto cumplen con los requisitos mínimos del sistema. El tiempo requerido para que se cargue el applet en el sistema cliente depende en gran medida de las características de velocidad de la red bajo la cual se ejecute el programa y de la magnitud del archivo que se desee reproducir.

El SMR es adaptable para el monitoreo de diferentes signos vitales que se pueden acondicionar para su exhibición y adecuada interpretación, y en general se pueden hacer los ajustes necesarios para monito-

rear cualquier tipo de señal a través de la web. Este programa se puede utilizar como una herramienta dinámica en el proceso educativo, en el área de la medicina, al ofrecer un medio potente y eficaz de acceso a la información.

La utilización del programa SMR esgrime la posibilidad de que un médico en cualquier momento y lugar en donde haya una computadora con acceso a la internet, pueda acceder a los datos de un ECG de determinado paciente, para así tener una información más completa acerca de la evolución del



mismo durante todo el tiempo; además, el SMR permite reducir los costos y complicaciones que se generan por el traslado de un paciente desde un sitio lejano.

El SMR se ha desarrollado como una solución tecnológica de arquitectura abierta en la cual se emplearon estándares para la interconexión de los elementos, entre los cuales están el acceso a bases de datos, SQL, conexiones ODBC, empleo de protocolo

los de comunicación globales que permiten la expansión y hacen portátil el proyecto.

El lenguaje Java proporciona al sistema una gran ventaja como lo es la independencia de la plataforma utilizada, con el inconveniente ocasionado por la velocidad de ejecución ya que es un lenguaje que debe ser interpretado.

La utilización de códigos de cliente tales como *applets*, sirve para disminuir el tráfico de la red y la carga en el servidor de forma notable, brindando la posibilidad de procesamiento de la in-

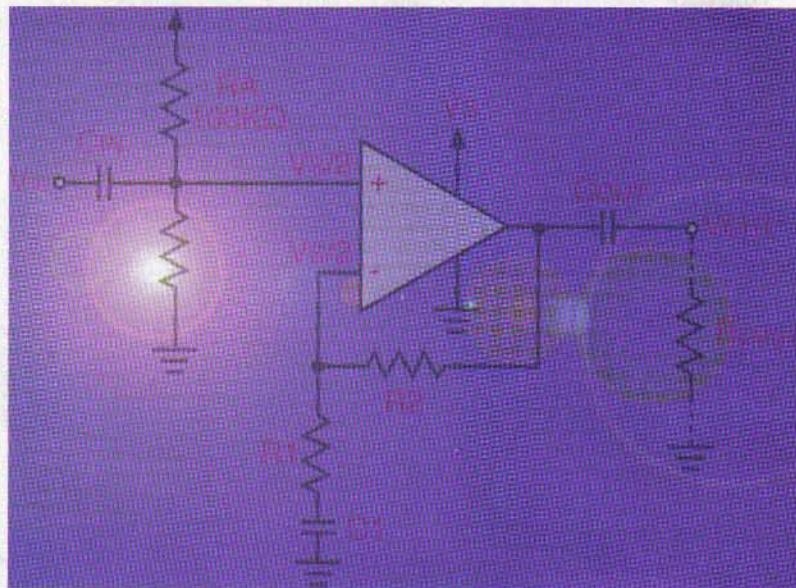
formación en el lado cliente, tal como el caso de la descompresión de señales. Las aplicaciones sobre bases de datos permiten desarrollar la gestión de la información de forma organizada y estructurada, de gran utilidad en procesos de control como la seguridad para el acceso a medios.

De otra parte, el protocolo IP trabaja con el slogan «*best effort*» haciendo llegar lo que pueda de información sin preocuparse por la retransmisión de datos perdidos y no maneja la congestión en la red, razón por la cual este protocolo no es el más adecuado para el monitoreo de señales de signos vitales en tiempo real. El protocolo IPv4 no posee un nivel aceptable de QoS, por lo cual es recomendable utilizar IPv6 que sí ofrece esta característica. El protocolo ATM es una buena opción con los inconvenientes de los costos que de su utilización se derivan, con él se puede mejorar el rendimiento manejando las constantes de tráfico y QoS.

En cuanto a la utilización de una LAN, en Ethernet las colisiones hacen que la red funcione con una eficiencia del 30% al 60%, lo que indica que no se puede garantizar un valor preciso de tiempo de transmisión. En una LAN con un mismo dominio de Broadcast, la llegada de datos es aleatoria; una alternativa a este inconveniente podría ser la utilización de una línea dedicada.

Problemas de inestabilidad en amplificadores operacionales

La mayoría de circuitos con amplificadores operacionales requieren el uso de fuentes de alimentación duales. Pero, en ciertos proyectos se dispone sólo de fuentes sencillas. En estos casos se deben utilizar amplificadores operacionales de alimentación monopolar, los cuales requieren algunas consideraciones especiales de diseño que serán tratadas a lo largo de este documento.



ALVARO A. OROZCO

LUIS ENRIQUE AVENDAÑO

EDISON DUQUE C.

Profesores de la Universidad Tecnológica de Pereira

Aunque es ventajoso construir circuitos de amplificadores operacionales con fuentes duales simétricas, hay muchas aplicaciones prácticas donde, por conservación de energía u otras razones, el funcionamiento con fuente sencilla es necesario o deseable. Por ejemplo, los sistemas alimentados por baterías, en equipos automotrices o portátiles, disponen sólo de una polaridad.

Uno de los principales problemas al que se enfrenta el diseñador en estos casos es que la mayoría de señales análogas son bipolares por naturaleza. Dichas señales no tienen inconvenientes

si se procesan en amplificadores operacionales de alimentación dual, pero, si se deben procesar con dispositivos de fuente monopolar se debe hacer un tratamiento previo que consiste en llevar dichas señales hasta el rango de voltajes que acepta el operacional, el cual está limitado a los valores de la fuente de alimentación.

A continuación se presenta un análisis de las diferentes soluciones que se pueden implementar y de los elementos de juicio que se deben tener en cuenta para obtener óptimos resultados.

Polarización externa con resistencias.

Las aplicaciones prácticas de amplificadores operacionales de fuente sencilla tienen problemas inherentes que normalmente no se encuentran en los circuitos de fuente dual. El problema principal es, si la señal está variando entre valores positivos y negativos con respecto al "común," dicho voltaje de referencia de señal debe estar en un nivel fijo entre los límites de la fuente de alimentación. La ventaja principal de las fuentes duales es que su conexión común provee una referencia estable y de baja impedancia.

Con un solo suministro, debe crearse un nodo artificialmente, introduciendo unos circuitos adicionales para proporcionar alguna forma de polarización que permita obtener el rango de entrada apropiado para el operacional.

Puesto que es deseable limitar simétricamente los valores de salida del amplificador operacional, la polarización normalmente se establece en el punto medio del rango de salida del amplificador, por conveniencia, a la mitad del voltaje de la fuente de alimentación. La manera más eficaz de lograr esto es con un regulador de tensión. Sin embargo, un método popular involucra derivación del voltaje de la fuente con un par de resistencias. Aunque esto aparentemente es simple, la verdad es que conlleva algunos problemas.

Para ilustrar el problema, consideremos el amplificador no inversor de la **figura 1**, donde la señal se acopla capacitivamente en la entrada y la salida. El nivel promedio de la entrada acoplada en CA se polariza a la mitad de la fuente ($V_s/2$) a través del divisor formado por R_A y R_B . La ganancia de lazo cerrado del amplificador va desde $1+R_2/R_1$ en altas frecuencias hasta la unidad en señales de CC, con frecuencias de corte en $f=1/(2\pi R_1 C_1)$ y $f=1/(2\pi(R_1+R_2)C_1)$, introduciendo corrimientos de fase que pueden producir alguna forma de oscilación.

Este circuito tiene limitaciones adicionales potencialmente serias. Primero, la habilidad inherente del amplificador operacional de rechazar variaciones de la fuente de voltaje no se puede aprovechar, dado que cualquier cambio en el voltaje de la fuente hará que el voltaje de polarización $V_s/2$ ajustado por el divisor de resistencias R_A y R_B cambie. Mientras esto no representa un problema en CC, cualquier ruido de modo común que aparezca en los terminales de la fuente se amplificará junto con la señal de entrada (excepto a las frecuencias más bajas). Aún peor, la inestabilidad puede ocurrir en circuitos donde el amplificador operacional debe proporcionar corrientes de salida grandes a una carga.

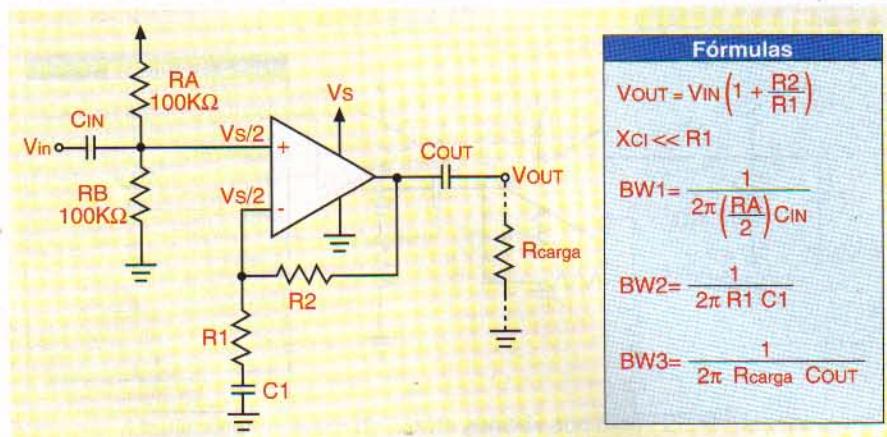


Figura 1. Amplificador no inversor de fuente sencilla potencialmente inestable

A menos que la fuente de poder sea bien regulada (y bien desacoplada), voltajes significativos de la señal pueden aparecer en la línea de alimentación. Con la entrada no inversora del operacional referenciada directamente a la fuente de alimentación, estas señales se alimentarán directamente en el amplificador, a menudo en una relación de fase que puede producir alguna forma de oscilación.

Desacople de la red de polarización desde la fuente

Un paso hacia una solución es desacoplar el divisor de voltaje de polarización, y proveer una resistencia de retorno separada para la entrada; el circuito modificado se presenta en la **figura 2**. El punto central en el divisor de voltaje se desacopla ahora a través del condensador C_2 , para restaurar el rechazo de señales de CA desde la fuente de alimentación. La resistencia R_{in} ,

que reemplaza a $R_A/2$ como la impedancia de entrada del circuito para señales de CA, también mantiene un camino de retorno para señales de CC de la entrada no inversora del operacional.

Los valores de R_A y R_B podrían ser tan bajos como sea posible; los valores de 100 kΩ escogidos aquí pretenden conservar el consumo de corriente desde la fuente de alimentación. El valor del condensador de desacoplo también debe escogerse cuidadosamente. Con un divisor de voltaje R_A y R_B de 100 kΩ/100 kΩ y un valor de 0,1 μF para C_2 , el ancho de banda (BW) de -3dB de esta red de impedancias es igual a 32Hz.

Aunque ésta es una mejora respecto al circuito de la **figura 1**, el rechazo de modo común se cae por debajo de los 32 Hz y permite una regeneración sustancial a través de la fuente de poder en señales de baja frecuencia. Esto

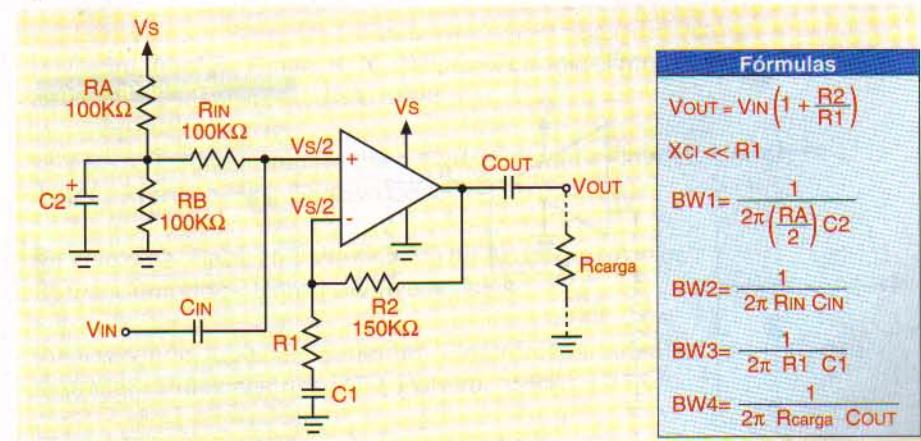


Figura 2. Amplificador no inversor con circuito de polarización extensa desacoplada

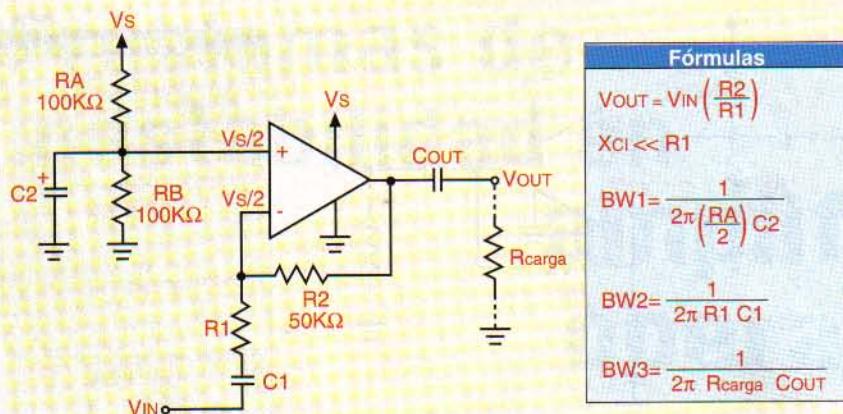


Figura 3. Amplificador inversor con circuito de polarización externa desacoplada

exige un condensador C2 más grande para evitar cualquier manifestación de inestabilidad. Un acercamiento práctico es aumentar el valor del condensador C2 para que sea lo suficientemente grande para desacoplar eficazmente el divisor de voltaje en todas las frecuencias dentro de la banda pasante del circuito. Una regla usada a menudo es poner este polo a un décimo del ancho de banda del punto de -3dB, ajustado por RinCin y R1C1.

La ganancia del amplificador para señales de CC todavía permanece igual a la unidad. Aún así, las corrientes de polarización de entrada del amplificador operacional deben ser consideradas. Esto es, Rin en serie con el divisor de voltaje RA/RB agrega un valor de resistencia considerable en serie con el terminal no inversor del amplificador. Para mantener esta misma condición en la entrada inversora, manteniendo la salida del amplificador operacional cerca de la mitad del voltaje de la fuente

de alimentación, se puede equilibrar dicha resistencia mediante la adecuada selección de R2. Dependiendo del voltaje de la fuente, los valores típicos que proporcionan un compromiso razonable entre el consumo de corriente desde la fuente y la sensibilidad a la corriente de polarización del amplificador, son de 100 kΩ para +15 V o +12 V, de 42 kΩ para +5 V y 27 kΩ para +3,3 V.

Los amplificadores diseñados para aplicaciones de alta frecuencia necesitan utilizar bajos valores de resistencia en la entrada y en la realimentación, en orden a mantener su ancho de banda en presencia de algunas capacitancias propias del circuito. Por ejemplo, en el caso de los operacionales construidos para aplicaciones de video, un buen valor para R2 es de 1 kΩ. Por consiguiente, esta clase de aplicaciones requiere el uso de resistencias también muy pequeñas en el divisor de tensión de RA y RB para minimizar la corriente de polarización de entrada y evitar inestabilidad en bajas frecuencias.

Debido a su baja corriente de polarización de entrada, en los amplificadores con FET de entrada no es muy necesario el balanceo en las resistencias de entrada, a menos que el circuito requiera operarse en un rango de temperaturas muy amplio. En ese caso, el balanceo de las resistencias de entrada será una buena ayuda.

En la figura 3 se muestra como se hace el desacople y la polarización externa en el caso de un amplificador inversor.

La técnica de polarización por divisor de resistencias es una técnica de bajo costo que mantiene el amplificador operacional operando cerca del valor medio de la fuente de alimentación, pero el rechazo de modo común del amplificador entra a depender de la constante RC formada por el paralelo de RA y RB con el condensador C2. Utilizando un valor de C2 que provea al menos 10 veces el valor de la constante RC formada por R1C1 y RinCin, se puede conservar un rechazo de modo común aceptable. Con valores de RA y RB cerca de los 100 kΩ, los valores prácticos de C2 pueden mantenerse pequeños con tal de que el ancho de banda del circuito no sea muy bajo.

Polarización externa con diodo Zener

Una manera más eficaz para proveer la polarización de Vs/2 para las señales que van a entrar al amplificador operacional es utilizando un regulador Zener, tal como se muestra en la figura 4. En este caso la corriente del Zener pasa a través de Rz. El condensador Cn ayuda a reducir el ruido generado por el diodo, de tal forma que no aparezca en la entrada del operacional.

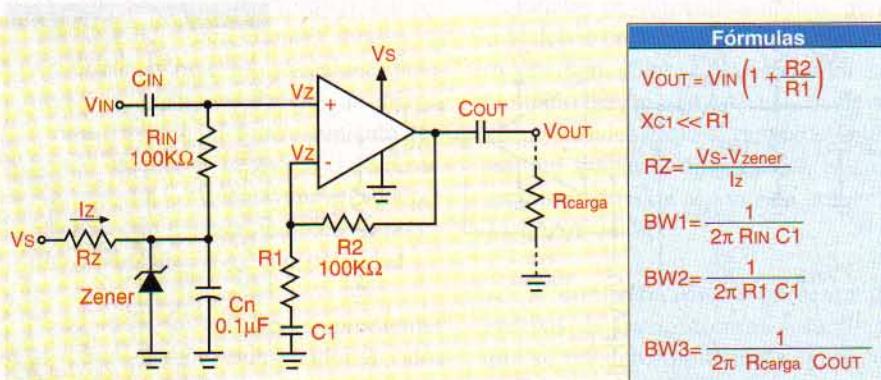


Figura 4. Amplificador no inversor con diodo Zener para polarización externa

Se debe seleccionar un Zener con un voltaje de operación cercano a Vs/2. La resistencia Rz debe garantizar suficiente corriente para que el diodo mantenga un voltaje estable y con bajos niveles de ruido. Además, es importante mantener bajo el consumo de potencia para no dañar el Zener ni para consumir mucha corriente desde la fuente. También, dado que el terminal de entrada del operacional consume muy poca corriente desde dicha referencia,

se recomienda utilizar diodos con muy baja potencia. Aunque la corriente ideal de operación del Zener varía en cada fabricante, un valor de I_Z de $500\mu\text{A}$ para el diodo de $1/4\text{W}$ y de 5mA para el de $1/2\text{W}$, puede ser un valor adecuado.

Dentro de los límites de operación del Zener, el circuito de la **figura 4** provee una referencia de baja impedancia, la cual restaura el factor de rechazo de la fuente de alimentación del amplificador operacional. Los beneficios son sustanciales, pero existen dos desventajas: un mayor consumo de potencia y el voltaje de salida de CC del operacional depende del voltaje del Zener en lugar de $V_s/2$. Si el voltaje de la fuente de alimentación se cae significativamente, puede existir un recorte asimétrico en señales grandes. También, la corriente de polarización de entrada debe ser considerada. Las resistencias R_{IN} y R_2 deben tener el mismo valor para prevenir que las corrientes de polarización puedan crear errores de voltaje offset considerables. En la **figura 5** se presenta un amplificador inversor que utiliza polarización externa con diodo Zener.

Polarización externa con regulador de voltaje

Otro camino para conseguir la polarización de CC, necesaria para las aplicaciones con amplificador operacional con fuente sencilla, es utilizar un regulador de voltaje variable, tal como se muestra en la **figura 6**. Este montaje es muy ventajoso sobre todo en las aplicaciones que trabajan con valores de fuente de alimentación bajos, como por ejemplo, con $+3\text{V}$. En este caso, por ejemplo, se requiere que la polarización externa sea de $1,5\text{V}$ aproximadamente.

Un aspecto importante es que se deben utilizar reguladores ajustables con baja caída (*low dropout*), es decir, que la diferencia entre el voltaje de salida y el de entrada puede ser muy bajo, contrario a los reguladores convencionales que requieren diferencias entre la entrada y la salida de hasta 3 voltios.

Conclusiones

- El uso de amplificadores que se alimentan con una fuente sencilla o monopolar es posible en tareas que manejan señales de entrada bipolares.

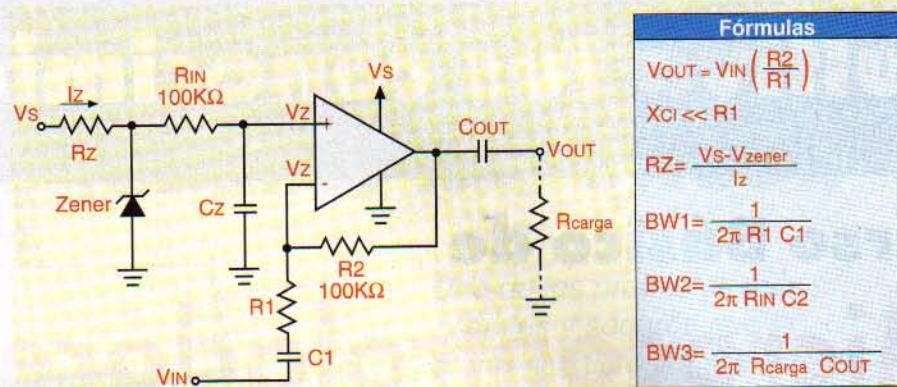


Figura 5. Amplificador inversor de fuente sencilla con diodo Zener para polarización externa

- El uso de circuitos de polarización externos en amplificadores de fuente sencilla tiene varias implicaciones que deben ser consideradas, tales como las corrientes de polarización y la condición de estabilidad del circuito.
- El uso de circuitos activos como los reguladores de voltaje, por ejemplo, es el mejor camino para implementar los circuitos de polarización externa requeridos en amplificadores de fuente sencilla.

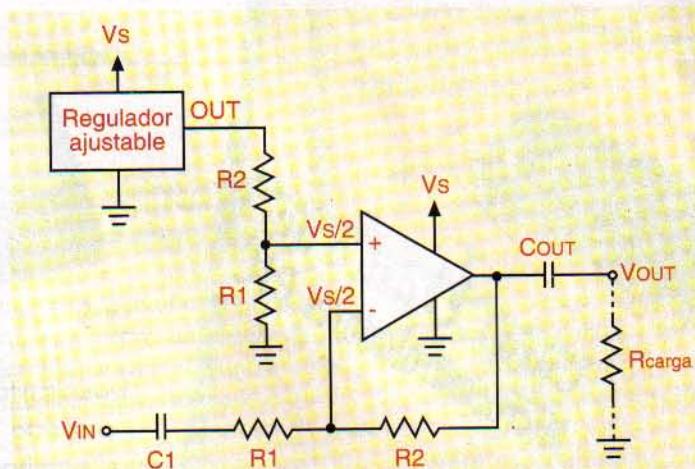


Figura 6. Amplificador inversor de fuente sencilla que utiliza un regulador de voltaje autoajustable para polarización externa

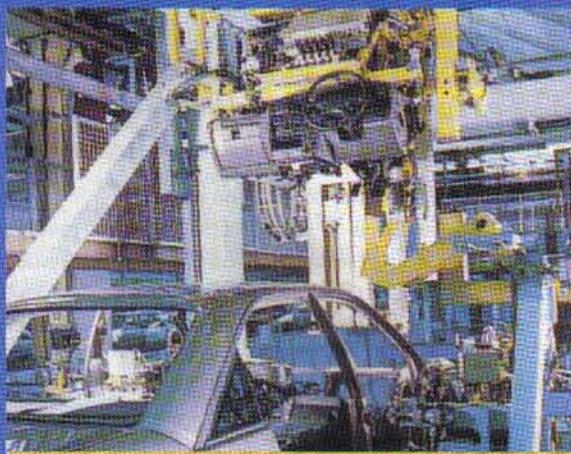
Referencias

- [1] Sedra, Abel S., Smith, K., C. "Microelectronic Circuits". 4^a Ed. Oxford University Press. N. Y., USA, 1998.
- [2] Floyd, T. "Electronic Devices: Conventional - Flow Version". 4^a Ed., Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J. 1996.
- [3] Horowitz, Paul, Hill, Winfield. "The Art of Electronics". 2^a Ed. Cambridge University Press, USA.
- [4] Avendaño, Luis E. "Sistemas Electrónicos Lineales: Un Enfoque matricial". Publicaciones UTP, Pereira, 1995.
- [5] Huelsman, L. "Active and Passive Analog Filter Design and Introduction". McGraw-Hill Inc. N.Y. USA. 1993.

Fundamentos de neumática e hidráulica

Parte 2. Aplicaciones

Los sistemas neumáticos e hidráulicos son una excelente alternativa para automatizar procesos industriales donde se requieran grandes fuerzas en espacios reducidos, el ambiente de trabajo presente riesgos de explosiones o choques eléctricos, o se necesite el control preciso de un movimiento determinado. En esta segunda parte examinaremos otros aspectos clave de estas importantes tecnologías.



JORGE EDUARDO HERNÁNDEZ M.

Ing. Electrónico Universidad Distrital
edhernandez@cekit.com.co

GUILLERMO RAMOS RAMOS

Ing. Electrónico Universidad Nacional
gramos@telesat.com.co



Figura 1. Actuadores neumáticos rotatorios. Generalmente se usan para movimientos angulares

En esta segunda parte nos referiremos a los actuadores rotatorios y a otros tipos de componentes utilizados en los sistemas neumáticos como dispositivos finales o como accesorios. También examinaremos el funcionamiento y las características de los principales tipos de válvulas de control empleadas en estos sistemas, así como el uso de señales neumáticas para representar y transmitir información sobre temperatura, humedad, presión, etc. Finalmente describiremos la estructura de un sistema hidráulico representativo.

Actuadores rotatorios

En este tipo de actuadores, **figura 1**, la presión del aire se convierte en una fuerza de torsión o **torque**, inversamente proporcional a la velocidad de rotación. Estos actuadores se utilizan principalmente para efectuar movimientos angulares. Algunos poseen dos topes regulables para permitir el ajuste

preciso del ángulo de giro. Otros incluyen un émbolo cuyo movimiento lineal es convertido en un movimiento circular, por medio de un sistema de piñón y cremallera.

Otros tipos de actuadores

En la **figura 2** se muestran otras configuraciones de actuadores neumáticos, los cuales se utilizan para ejecutar tareas especiales. Algunos ejemplos son las pinzas o módulos de sujeción, los actuadores giro-lineales, los actuadores gemelos (*twin*) y las combinaciones de cilindros.

Válvulas de control

Las **válvulas de control** son dispositivos que se utilizan para controlar, manual o automáticamente, el caudal de un fluido, por ejemplo aire o agua, comportándose en este sentido como orificios de área variable. Cuando la orden de bloquear, liberar o desviar el flujo es una señal eléctrica, se

En la primera parte de esta serie examinamos los principios básicos y estructurales de los sistemas neumáticos e hidráulicos. También describimos las características generales de los **compresores** y de los **cilindros lineales**, utilizados, respectivamente, como fuentes de presión y como actuadores en los sistemas neumáticos.

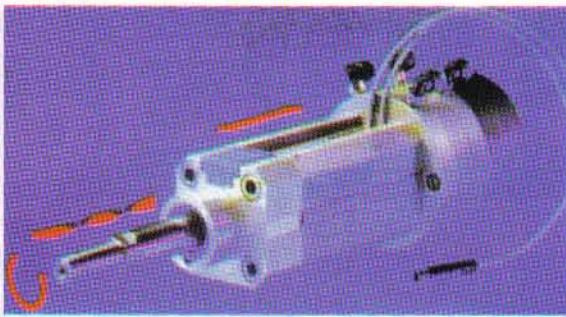


Figura 2. Otros tipos de actuadores neumáticos. El de la izquierda es una pinza para agarrar objetos, mientras que el de la derecha puede trabajar como actuador lineal o rotatorio.

tiene lo que se denomina una **electroválvula, figura 3**. Las electroválvulas pueden ser electroneumáticas o electrohidráulicas, dependiendo de la naturaleza del fluido que controlan.

Una electroválvula se compone de un cuerpo y un dispositivo de mando, **figura 4**. El cuerpo incluye el obturador y uno o dos asientos. El obturador o tapón es la pieza que controla el paso del fluido entre la entrada y la salida. Está unido a un vástago, accionado por el dispositivo de mando, que pasa a través de la tapa del cuerpo. Cuando la válvula está desconectada, el vástago empuja el obturador contra el asiento, lo cual bloquea el paso de fluido.

El dispositivo de mando de una electroválvula puede ser un solenoide o un servomotor. Las electroválvulas de solenoide son inherentemente dispositivos de dos posiciones, esto es que sólo pueden estar completamente abiertas o cerradas. Por tanto, son adecuadas para sistemas de control del tipo «todo o nada».



Figura 3 Aspecto de una electroválvula típica de 5/2 (cinco puertos, dos posiciones)

Las electroválvulas de motor, por su parte, que se utilizan para controlar fluidos de mayor presión, pueden ser también de control **proporcional**, lo cual significa que tienen la habilidad de situarse en cualquier posición intermedia entre el cierre y la apertura plena. En las válvulas de gran tamaño, la función de apertura y cierre la efectúa la propia presión del fluido, debido a que el manejo directo, mediante un motor o un solenoide, no es práctico.

También existen electroválvulas de **doble solenoide, figura 5**, las cuales poseen dos bobinas y operan en forma similar a los *flip-flops* electrónicos. Así, para que la válvula pase de una posición a la otra, y permanezca en ella, basta con aplicar un pequeño pulso a la bobina que está en la posición opuesta. La principal función de estos sistemas es la de «memorizar» señales de apertura y cierre.

La mayoría de las electroválvulas poseen también un sistema de accionamiento manual, con el cual se pueden comutar de una posición a otra, sin necesidad de señales eléctricas. Esto se hace en labores de

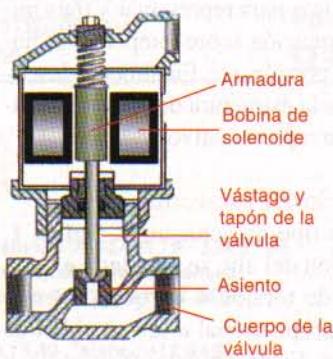


Figura 4 Vista transversal de una electroválvula operada por solenoide

mantenimiento para corroborar el buen funcionamiento de la válvula, así como la existencia del fluido a presión. .

Tipos de válvulas

Además del tipo de dispositivo de actuación (solenoides o motor), las electroválvulas neumáticas pueden ser también clasificadas de acuerdo a otros criterios, siendo los más importantes la dirección de movimiento del obturador, el método de accionamiento y la cantidad de entradas o salidas de aire (puertos). Así, por ejemplo, se habla de electroválvulas **lineales** o **rotatorias**, dependiendo, respectivamente, de si el obturador actúa en dirección de su propio eje o gira con respecto a él. También existen válvulas de accionamiento **directo** o **indirecto**.

En las válvulas de **accionamiento directo**, la junta de asiento se encuentra unida directamente al núcleo magnético. En las válvulas de **accionamiento indirecto**, por su parte, la propia presión del fluido proporciona las funciones de apertura y cierre. Por tanto, consta realmente de dos válvulas: una principal, que es la que maneja el fluido, y una auxiliar o **piloto**, la cual, mediante el control del paso de un pequeño caudal de fluido, acciona una corredera que modifica la posición de las vías, puertos o bocas de conexión de la primera.

Dependiendo del número de puertos o vías y la cantidad de posiciones de conmutación, las electroválvulas se especifican mediante una fracción de la forma **M/N**, donde M corresponde al número de puertos y N al número de posiciones. Así, por ejemplo, una válvula de



Figura 5 Válvula de doble solenoide. Poseen la capacidad de memorizar y conservar la posición, sin importar si la bobina se deja energizada

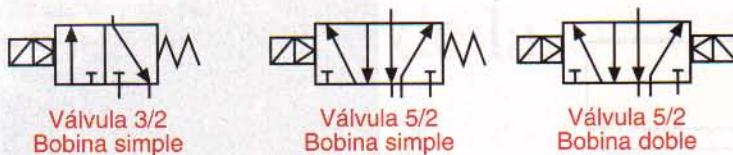


Figura 6 Símbolos de válvulas eléctricas comunes

3/2 vías tiene tres orificios o puertos y permite dos posiciones diferentes. En la **figura 6** podemos apreciar los símbolos utilizados para representar diferentes tipos de válvulas eléctricas.

En la **figura 7** se muestra, como ejemplo, un sistema neumático formado por una válvula de 5/2 vías y un cilindro de doble efecto. También se indica la ruta que sigue el aire a presión a través del sistema para cada una de las posiciones de la válvula. El significado de las letras utilizadas en estos esquemas es el siguiente:

P : Puerto de alimentación de aire
R, S: Puertos para evacuación del aire
A, B: Puertos de trabajo

Electroválvulas proporcionales

Las **electroválvulas proporcionales**, **figura 8**, son dispositivos, accionados por un motor o un servomotor de CA reversible de baja velocidad, que se utilizan para regular el paso exacto de fluidos a través de conductos. Su principal aplicación es en sistemas de control de posición y fuerza, donde se requieren movimientos proporcionales y precisos.

En la **figura 9** se muestra como ejemplo un sistema de control de posición en lazo cerrado con una válvula proporcional. En este caso, la magnitud de la señal enviada por el controlador hacia la válvula depende de la cantidad de pulsos recibidos del sensor, lo cual, a su vez, indica la distancia que falta para alcanzar la posición deseada. Así, cada vez que la presión del aire, la temperatura o cualquier otro factor ocasione un cambio de posición, el controlador tendrá la capacidad de hacer pequeños ajustes para posicionar exactamente el cilindro donde se requiere.

Señales neumáticas

Muchas variables del mundo real, como la temperatura, el voltaje, la corriente, etc., son susceptibles de ser representadas mediante señales neumáticas de presión. En la **figura 10** se ilustra la idea general. Por ejemplo, podemos utilizar una señal neumática variable entre 0,2 y 1,2 bares para representar cualquier nivel de un tanque entre 0 y 6 metros. De este modo, una presión de 0,7 bares correspondería a un nivel de 3 metros (50%).

Este método de conversión de señales análogas es relativamente lento y se utiliza principalmente cuando la

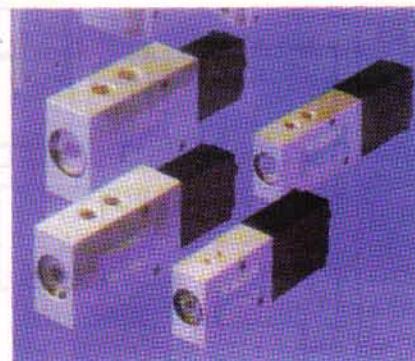


Figura 8. Válvulas proporcionales.
Permiten regular el caudal que pasa a través de ellas

transmisión de señales eléctricas representativas sobre largas distancias ofrece algún tipo de riesgo, especialmente de explosión. Típicamente se emplean señales neumáticas con valores nominales desde 0,2 bar hasta 1 bar (20-100 kPa ó 3-15 PSI).

Acessorios neumáticos

Además de los elementos examinados hasta el momento, existen otros auxiliares o accesorios que deben tenerse en cuenta cuando se estructuran sistemas neumáticos, **figura 11**. Entre estos figuran, por ejemplo: mangueiras, tubos plásticos, rieles, tapones, espigas, boquillas, derivaciones, pasamuros, silenciadores, tuercas de apriete, briduras, enchufes, conectores, tubos protectores, etc.

Los **silenciadores** o **toberas**, en particular, se utilizan para reducir el nivel de ruido en las conexiones de

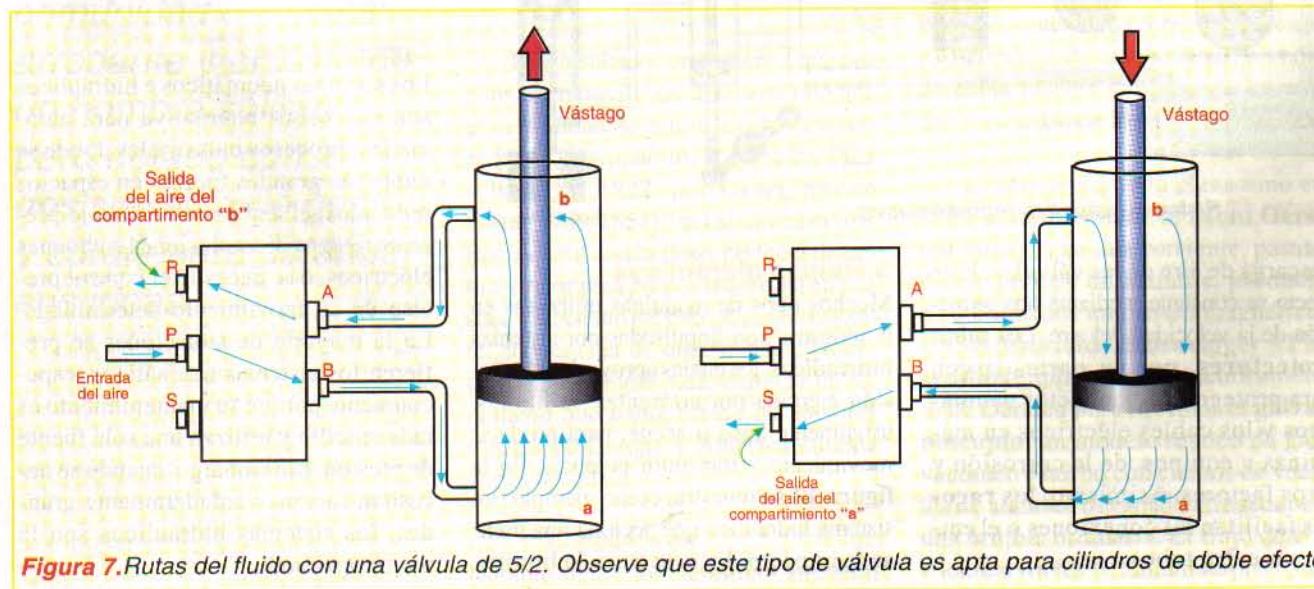


Figura 7. Rutas del fluido con una válvula de 5/2. Observe que este tipo de válvula es apta para cilindros de doble efecto.

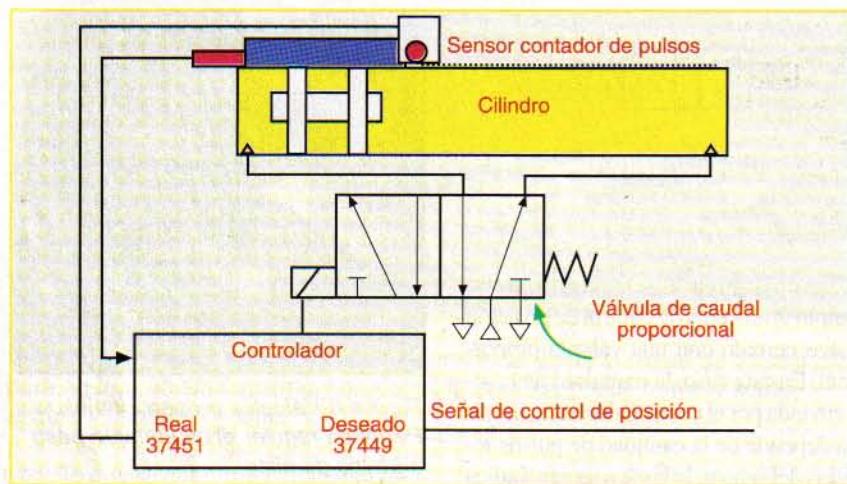


Figura 9. Control en lazo cerrado con válvulas proporcionales. Por medio de un dispositivo de procesamiento podemos ubicar un actuador en puntos muy precisos.

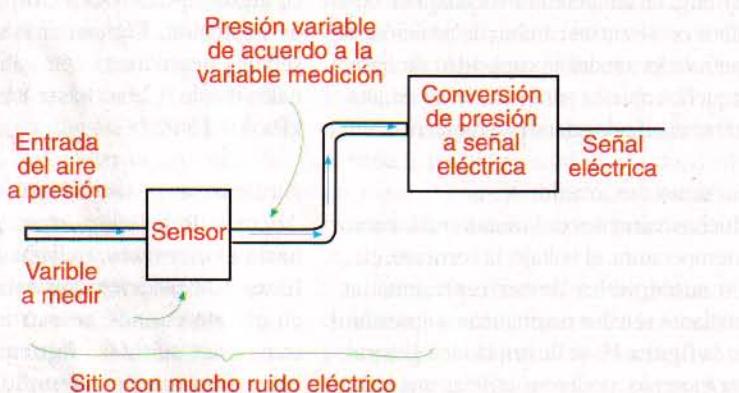


Figura 10 Transmisión de señales por medios neumáticos. Cuando, en el sitio donde se mide la variable física, el ruido eléctrico o el peligro de explosión no permitan el uso de cables, podemos transmitir señales por medios neumáticos para que sean convertidas al modo eléctrico en lugares distantes

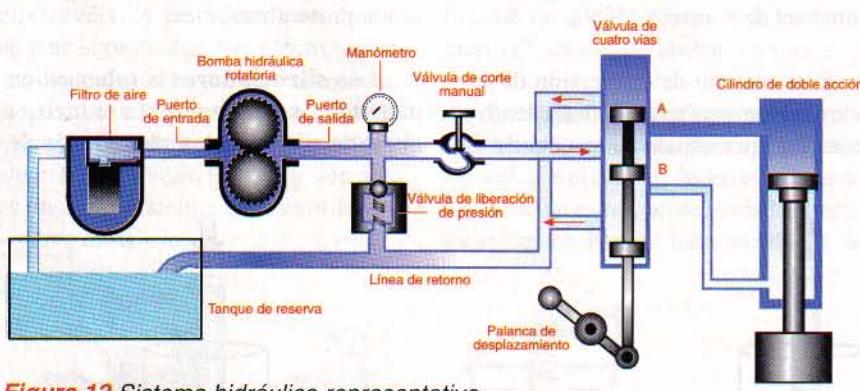


Figura 12 Sistema hidráulico representativo

descarga de aire de las válvulas. Este efecto se consigue mediante una reducción de la velocidad del aire. Los **tubos protectores**, por su parte, sirven para proteger los conductos neumáticos y los cables eléctricos en máquinas y equipos, de la corrosión y otros factores. Asimismo, los **racores** facilitan las conexiones o el empalme entre tubos.

Sistemas hidráulicos

Muchos tipos de máquinas utilizadas en la industria son impulsadas por sistemas **hidráulicos**, los cuales aprovechan la presión ejercida por corrientes de fluidos, usualmente agua o aceite, para producir movimiento y transmitir potencia. En la **figura 12** se muestra, como ejemplo, un sistema hidráulico que acciona una prensa de impacto. En este caso, la **bomba**,

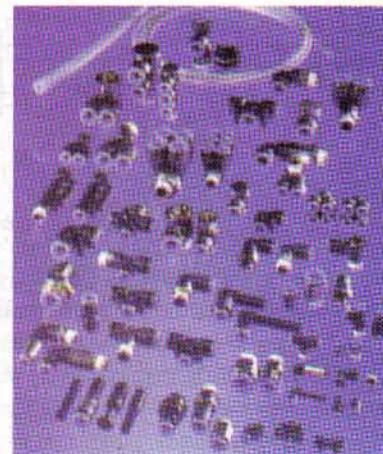


Figura 11 Accesorios comunes empleados en los sistemas neumáticos. Podemos utilizar, por ejemplo, silenciadores o toberas para disminuir el ruido cuando una electroválvula expulsa el aire al medio ambiente

impulsada por un motor eléctrico, actúa como la fuente de energía, recibiendo en cada vuelta, por su puerto de entrada, una cantidad fija de fluido procedente del tanque de reserva e impulsándola desde su puerto de salida a través de la tubería.

A medida que el fluido circula a través del sistema y ejerce una fuerza sobre el área transversal de los conductos, se desarrollan presiones que son controladas y aprovechadas por diversos elementos, tales como válvulas, reguladores y cilindros. En nuestro caso, por ejemplo, la válvula de cuatro vías se utiliza para alterar la dirección de flujo del fluido, mientras que el cilindro de doble efecto controla la prensa de impacto, actuando como carga.

Conclusiones

Los sistemas neumáticos e hidráulicos son una buena alternativa para automatizar procesos industriales donde se requieran grandes fuerzas en espacios reducidos, el ambiente de trabajo presente riesgos de explosiones o choques eléctricos, o se necesite el control preciso de un movimiento determinado. En la mayoría de situaciones se prefieren los sistemas neumáticos, especialmente porque su mantenimiento es más sencillo y utilizan una sola fuente de presión. Sin embargo, cuando se necesitan fuerzas verdaderamente grandes, los sistemas hidráulicos son la mejor opción.

Los orígenes de la ley de Ohm

JORGE EDUARDO HERNÁNDEZ M.

Ing. Electrónico Universidad Distrital
edhernandez@cekit.com.co

La ley de Ohm es probablemente la fórmula matemática más conocida y utilizada por aficionados, estudiantes, técnicos y profesionales de la electricidad y la electrónica en todo el mundo. Este artículo examina sus orígenes, marcados por el escepticismo de una comunidad científica arrogante y el valor de un hombre solitario pero dotado con la dosis exacta de genio y coraje para defender sus ideas.

La ley de Ohm, denominada así en honor de su descubridor, es probablemente una de las fórmulas más potentes, recordadas y utilizadas en la electricidad y la electrónica. La misma establece que la cantidad de corriente (I) que fluye a través de un conductor, es igual al voltaje (V) aplicado, dividido por la resistencia eléctrica (R) del material. Esto es:

$$I = V \div R$$

Este resultado, sin embargo, que nos parece tan obvio hoy día, demandó una gran cantidad de genio, coraje y esfuerzo para ser propuesto, primero en 1825 y luego en 1827, por **Georg Simon Ohm (1789-1854)**, un físico y matemático alemán con la dosis perfecta de genio y valor para proponer algo así en una sociedad científica escéptica y arrogante, convencida de que su ecuación era demasiado simple para explicar un fenómeno que había retado las mejores mentes de Europa y América durante varias décadas.

Los antecedentes

Durante siglos, los científicos supieron

de la existencia de un fluido galvánico (la corriente eléctrica) que jugaba algún papel misterioso en sus estudios; pero la naturaleza elusiva y fugaz de las corrientes electrostáticas que utilizaban las hacían un objeto difícil de análisis para cualquier tipo de estudio significativo.

Alessandro Volta cambió completamente todo esto en los primeros meses de 1800 cuando anunció formalmente la invención de su celda generadora de electricidad. Su batería hidroeléctrica, antecesora de las modernas baterías húmedas, dio a los científicos la primera fuente de corriente dinámica, es decir, que podía fluir completamente. Por cerca de veinte años, sin embargo, todos los estudios de corrientes galvánicas sufrieron de una seria desventaja: no había manera de medir su intensidad o cantidad de flujo.

El acontecimiento clave vino en 1820 cuando **Hans Christian Oersted** mostró que una corriente, pasando a través de un alambre, producía a su alrededor un campo magnético. Un año más tarde, **Schweigger y Poggendorff** aplicaron el descubrimiento de Oersted para inventar el **galvanoscopio**, un modelo rústico de galvanómetro hecho con cientos de vueltas de alambre devanado alrededor de una brújula ordinaria. El flujo de corriente a través del alambre producía

R
E
V
W

un campo magnético que deflectaba la aguja de la brújula en una cantidad proporcional.

Primera aparición

Georg Simon Ohm (1789-1854), un físico y matemático alemán fascinado con la electricidad y por aquel entonces profesor del Gimnasio Jesuita en Colonia (Alemania), vio la posibilidad de combinar la batería hidroeléctrica de Volta con un galvanoscopio para estudiar la naturaleza del flujo de la corriente eléctrica. Utilizando equipos primitivos y alambres de notable calidad construidos por el mismo, Ohm se propuso encontrar la relación exacta que existía entre el potencial o voltaje aplicado a un conductor, la longitud del mismo, y la cantidad de deflexión de la aguja en un galvanoscopio.

Su procedimiento consistió en conectar el galvanoscopio directamente a la batería y anotar cuidadosamente la posición de la aguja de la brújula. Esto le daba una lectura de referencia. Entonces insertó, uno por uno, alambres metálicos de composición y longitud conocidas, hechos por él mismo, en el circuito y anotó la nueva posición de la aguja para cada uno. Esta era su lectura experimental. Naturalmente, la resistencia de cada alambre de prueba hacía que la aguja mostrara una pequeña cantidad de deflexión en las condiciones del experimento.

En 1825, Ohm reportó sus primeros hallazgos en un documento titulado «*Noticia preliminar de la ley según la cual los metales conducen electricidad de contacto*».

Este artículo examinaba la disminución en la fuerza electromagnética producida por un alambre a medida que se incrementaba su longitud. La publicación de este documento se convertiría en un error que marcaría la vida de Ohm durante los siguientes dieciseis años. Técnicamente hablando, la ecuación que Ohm presentó en el artículo era incorrecta. La misma establecía que

$$V = m \log\left(1 + \frac{x}{r}\right)$$

donde V representaba la disminución en la deflexión de la aguja, x la longitud del conductor, r la resistencia del material conductor y m la cantidad de potencial aplicado. La ecuación incorrecta de Ohm fue el resultado de una extendida ausencia de conocimientos acerca de la teoría básica de las baterías. De hecho, cuando ya era muy tarde para detener la publicación del impreso, Ohm se dio cuenta que había utilizado una fuente de potencia inestable, es decir, una cuya voltaje de salida variaba con la cantidad de carga.

Johann Christian Poggendorf (1796-1877), uno de los pocos aliados de Ohm en la comunidad científica, le sugirió el uso de una batería termoeléctrica de Seebeck, en lugar de la batería hidroeléctrica de Volta. La batería termoeléctrica era el primer dispositivo práctico que tomaba ventaja del efecto termoeléctrico, descubierto por **Thomas Johann Seebeck** (1770-1831) en 1821. El efecto Seebeck hace que dos conductores diferentes, fuertemente unidos, produzcan un potencial eléctrico cuando uno de ellos es calentado. El voltaje de salida es pequeño, pero lo es también su resistencia interna.

Georg Ohm repitió todos sus experimentos utilizando una batería termoeléctrica estable y un galvanoscopio. Los resultados no estaban de acuerdo con sus hallazgos, y él inmediatamente vio que podría desarrollar una ecuación mucho más simple que no contuviera un término logarítmico. La ecuación que ahora conocemos como la **ley de Ohm** concuerda con los datos de esta nueva serie de experimentos. Por el tiempo en que pudo contactar al editor, el escrito ya estaba en la imprenta. Consideró entonces que lo mejor que podía hacer era publicar una carta corta prometiendo desarrollar una nueva serie de experimentos.

En esta carta, Ohm manifestó que demostraría como la cantidad de corrien-



Figura 1. Analogía de la Ley de Ohm

te que fluye a través de un circuito tiende a cero, a medida que la longitud del conductor se approxima a infinito. Esta charla matemática constituyó su segundo error, de tipo político en este caso. Su carta enfureció a la mayoría de científicos de la época, debido a que ellos creían firmemente que el único procedimiento científico apropiado era recolectar montañas de datos antes de jugársela con cualquier tipo de ecuación.

Segunda aparición

En 1826, Ohm estaba listo para mostrar al mundo, sobre la base de resultados experimentales, que él sabía de lo que estaba hablando: existía una relación simple entre resistencia, corriente y voltaje. La corriente dependía de la resistencia del circuito de alambre a través del cual fluía, de la misma forma como el agua fluía más fácilmente en una tubería ancha y corta que a través de una manguera de jardín larga y estrecha, **figura 2**. Su segundo documento se titulaba «*Determinación de la ley de acuerdo a la cual los metales conducen electricidad de contacto, junto con las nociones de una teoría del dispositivo de Volta y del galvanoscopio de Schweigger*». La ecuación corregida era

$$Y = \frac{a}{(b+x)}$$

donde « Y » representa la cantidad de flujo de corriente a través del conductor, « a » el voltaje de excitación, « x » la resistencia del conductor bajo prueba, y « b » la resistencia interna combinada de

la fuente de potencia y el galvanoscopio. De todos modos, Ohm temía que la base puramente experimental de su trabajo minara la importancia de su descubrimiento, y así sucedió.

A comienzos de 1827, Ohm publicó su famoso libro «Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet» (La batería galvánica tratada matemáticamente), un verdadero hito en la historia de la ciencia, donde formula su teoría completa de la corriente eléctrica y expone su tesis de que la comunicación de electricidad ocurre entre «partículas contiguas», como él las llamó. Es en este libro, que comienza con la fundamentación matemática necesaria para comprender el resto de su trabajo, donde aparece formalmente lo que ahora conocemos como la ley de Ohm. Con todo esto, Ohm creyó entonces, que se había reivindicado completamente consigo mismo por haber propuesto en un principio una ecuación incorrecta y estaba seguro de convencer a sus colegas, quienes aceptarían finalmente su ley de la conducción eléctrica.

La comunidad científica, sin embargo, particularmente los viejos físicos alemanes, no estaba aún lista para aceptar a Ohm y su trabajo. Por alguna razón, la ecuación que representaba la ley de Ohm les parecía muy simple, demasiado simple para explicar un fenómeno que había retado las mejores mentes de Europa y América por cerca de treinta años. Además, aunque Ohm había formulado su ley teóricamente, consideraban que sus pruebas matemáticas eran vagas y confusas, y el enfoque no era el correcto.

Por otro lado, en la carta de Ohm que siguió a su primer documento, existían todavía afirmaciones suyas insuficientemente comprendidas. La mayoría de científicos reputados lo consideraba todavía un charlatán y lo hicieron objeto del ridículo. Amargado y decepcionado, Ohm retornó en septiembre de 1827 a su profesión de maestro. Sin embargo, siguió siendo duramente criticado, tanto que se vió obligado a renunciar a su puesto de profesor de física y matemáticas en el Gimnasio Jesuita en marzo de 1828. Decidió entonces

permanecer en Berlín, donde se dedicó a la investigación y consiguió algunos trabajos temporales enseñando matemáticas. En los años que siguieron, Ohm vivió en el aislamiento y la pobreza.

La reivindicación

Pasaron varios años antes de que unos pocos científicos influyentes comenzaran a mirar en serio el trabajo de Ohm. El incidente que provocó esta apacible renovación del interés fue un documento publicado en 1831 por Pouillet, quién había repetido, inadvertidamente, el trabajo de Ohm y llegado exactamente a los mismos resultados. Pouillet se proclamaba a sí mismo como el fundador de la ley de la conducción eléctrica. Lo mismo creían la mayoría de los científicos de su tiempo. Varios de ellos, sin embargo, notaron una fuerte similitud entre el trabajo de Ohm y el documento de Pouillet.

En 1833, Ohm aceptó una posición como director de la escuela politécnica de Nuremberg pero, aunque se desempeñaba también como profesor de física, no era aún el puesto universitario por el cual se había esforzado toda su vida. En 1841, dieciséis años después que él anunciara su ley de la conducción eléctrica, llegó la reivindicación, cuando la British Royal Society de Londres reconoció el significado de su descubrimiento, lo admitió como miembro extranjero al año siguiente, y le otorgó la medalla de oro Copley por «el más conspicuo descubrimiento en el dominio de la investigación exacta». Ohm recibió así un crédito apropiado para su trabajo, una apología formal por el retraso en el reconocimiento y una bien merecida ronda de aplausos de sus colegas. Otras academias científicas, tales como las de Berlín y Turín, también lo eligieron como miembro correspondiente. En 1845 se convirtió en miembro pleno de la Academia Bávara.

En 1849, justamente cinco años antes de morir, el sueño de toda la vida de Ohm se hizo realidad cuando le fue dada una cátedra de física experimental en la Universidad de Múnich. En 1852 fue nombrado profesor de física en la Universidad de Berlín. Ohm murió el 6 de julio de 1854 en Múnich a la



Figura 2. Plazoleta de Ohm en Erlanger (Alemania), donde se honra la memoria de su hijo más ilustre.

edad de 65 años, sin haberse casado nunca ni dejado descendencia. En 1864, una década después de su muerte, la British Association for the Advancement of Science adoptó el ohmio (W) como la unidad de medida de la resistencia eléctrica. De este modo, Ohm, al igual que Ampere y Volta, están ahora inmortalizados en el lenguaje cotidiano de los ingenieros, técnicos, estudiantes, aficionados y todos aquellos que estamos involucrados de una u otra forma, en el fascinante campo de la electricidad y la electrónica alrededor del mundo.

Epílogo

Georg Simon Ohm descubrió una de las leyes más fundamentales de la electricidad y la electrónica. Sin embargo, fue virtualmente ignorado la mayor parte de su vida por la comunidad científica de Alemania y el resto de Europa. Aunque su trabajo finalmente fue reconocido y aclamado, e incluso existe un cráter en la luna con su apellido, queda la duda de por qué alguien que hoy es un nombre familiar por su importante contribución a la ciencia tuvo que luchar durante tanto tiempo para obtener el reconocimiento que se merecía. Una causa pudo haber sido su carácter introvertido. Otra, sus enfoques matemáticos de tópicos que los científicos de la época trataban empíricamente. También existían disputas personales con hombres poderosos a quienes Ohm no les caía bien, como **Johannes Schultz**, que era una figura influyente en el Ministerio de Educación de Berlín, y **Georg Friedrich Pohl**, un importante profesor de física de esa ciudad. La verdadera razón nunca se ha sabido.