

Contenido del libro

Prólogo al contenido	003
El libro de un vistazo	004
Introducción a Sitios web	010

► CAPÍTULO 1 ELECTRÓNICA DIGITAL 011

La electrónica digital	012
El concepto	013
• Los componentes	014
El taller	016
• Sobre la seguridad	017
Las herramientas	020
• Soldador y accesorios	022
• Los instrumentos	023
• Accesorios y complementos	025
Multiple choice	026

► CAPÍTULO 2 CONSTRUCCIÓN DE CIRCUITOS 027

Primeros pasos	028
Circuitos electrónicos	028
• Los componentes	028
• El esquemático	029
• El PCB	029

• La transferencia del trazado a la placa	030
• La perforación y el estañado	030
El protoboard	031
• Topología	031
• Accesorios útiles	032
• Limitaciones	033
Uso del protoboard	033
• Alimentación del circuito	034
• Colocación de componentes	034
• Consejos finales	035
Cómo trabajar con el protoboard	036
Circuito impreso universal	041
• UPGB	045
• Montaje del circuito	045
Circuito impreso en detalle	046
• Método de Fabricación casera	046
• Fabricación profesional	046
• Construcción de un circuito impreso	047
Soldadura para electrónica	047
• Material para soldar	052
• Proceso de soldado	052
• Desoldado	053
Multiple choice	056

► CAPÍTULO 3 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN 057

Instrumentos de medición	058
Instrumentos analógicos	058

• Alcance de tensión del instrumento analógico	058
• Cifra en Ohm/Volt	059
• Infografía 3: Instrumentos de medición	060
• Amperímetro analógico	062
• Índice de clase de un instrumento analógico	062
• El multímetro digital	063
• Principio de funcionamiento	063
• Uso del multímetro digital	064
Cargador de baterías Ni-Cd	067
• Comprobaciones de continuidad	068
• Parámetros de componentes	068
Mediciones con el circuito alimentado	070
• Medición de la corriente de carga I _c	071
• Medición sobre la batería durante la carga	072
El osciloscopio	072
• Mediciones con osciloscopio	072
• Tipos de osciloscopios	072
• Osciloscopio analógico	072
• Osciloscopio de almacenamiento digital (DSO)	072
• Osciloscopio de fósforo digital (DPO)	074
Funcionamiento del osciloscopio	074
• Ancho de banda	075
• Disparo	075
• Los ojos del osciloscopio	075
• Calibración	076
• Clips de masa	077
• Mediciones de formas de onda	078
Medición de tensión y frecuencia	079
• Medición de tensión	079
• Medición de frecuencia	079
Multiple choice	080

CAPÍTULO 4 **DISEÑO DE CIRCUITOS IMPRESOS** **081**

Diseño de circuitos impresos en la PC	082
• Método de diseño tradicional	082
• Entornos de diseño CAD	084
• El módulo de captura de esquemáticos	085
• El módulo de CAD	086
• El control de errores	086
• Cadsoft EAGLE	087
Interfaz de los módulos	088
• Componentes disponibles	089
• Diseño de un circuito esquemático	089
Creación de librerías	091
Generación del circuito impreso	093
• Función de ruteo automático	094
• Manejo de capas	095
• Cómo utilizar CadSoftEAGLE	095
• Diseño de una PCB	095
Limitaciones de la versión freeware	104
• Reglas de ruteo	105
Sistema métrico y mils	106
• Tipos de encapsulados más comunes	107
Multiple choice	108

CAPÍTULO 5 **SIMULACIÓN DE CIRCUITOS EN LA PC** **109**

Diseño y simulación	110
• Proceso de diseño	110
• Ventajas de la simulación de circuitos	112

Capítulo 1

Electrónica Digital



En este primer capítulo, haremos una introducción a los principales conceptos de Electrónica Digital.

Electrónica Digital

En la actualidad, y desde hace muchos años, la **Electrónica Digital** ha estado presente en infinidad de aparatos domésticos, industriales y militares (**Figura 1**). Nació al mismo tiempo que la **Electrónica Analógica**, pero tomó especial significación desde el momento en que se empleó para el diseño y la construcción de **sistemas básicos de cómputo**, el **control industrial**, los **autómatas programables**, los **microcontroladores**, los **microprocesadores** y los **computadores personales**. Gracias a que la Electrónica Digital considera solo

La Electrónica Digital ha estado presente en infinidad de aparatos domésticos, industriales y militares

dos valores —concepto que veremos más adelante—, es mucho más simple procesar y manipular las señales de forma digital que hacerlo de manera analógica. Esta ventaja se produce a partir de que esta última resulta inexacta y costosa, considerando la gran cantidad de componentes que necesita para su fabricación: **transistores** y **resistores electrónicos**.



FIGURA 1.

Actualmente, la electrónica brinda un abanico de posibilidades laborales muy diversas.



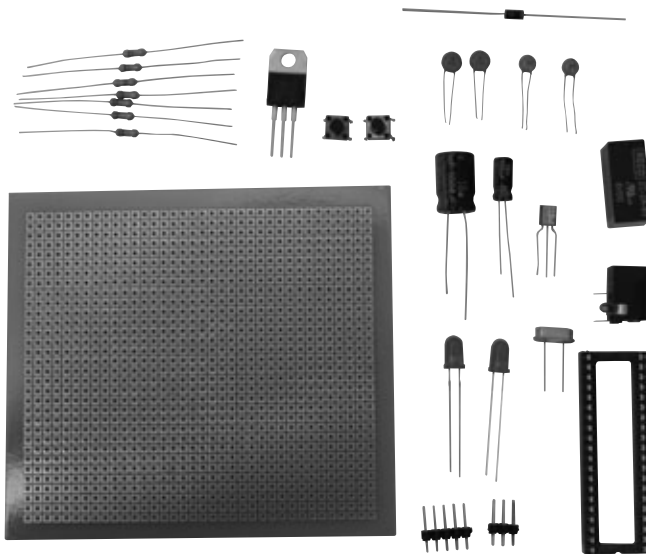
SEÑALES DIGITALES

Si bien podemos manejar señales digitales con un transistor que trabaja de forma lineal o analógica, lo cierto es que no tiene ningún sentido hacerlo, ya que no nos interesan los valores intermedios, sino solo los extremos mínimos y máximos de una señal.

EL CONCEPTO

La Electrónica Analógica trata con variables (**tensión, corriente y potencia**, entre otras) que varían de forma continua con el tiempo. Como ejemplo podemos citar una señal de audio o la tensión que proporciona un sensor de temperatura. Todas estas señales están compuestas por múltiples valores de tensión y la Electrónica Analógica considera todos estos valores. Como contrapartida, en la Electrónica Digital, las variables pueden

tomar solo **dos valores** o **estados** posibles y bien definidos. Dado que estamos tratando el aspecto eléctrico del concepto, esos dos valores pueden ser **0 V** y **5 V** o, de forma binaria, **0** y **1**. La elección del valor de **5 V** no es caprichosa o antojadiza. Es debido a que la mayoría de los sistemas digitales trabajan con una tensión de **5 V**. Sin embargo, en la actualidad, podemos encontrar a menudo sistemas que operan con tensiones de **3,3 V** y aún menores, dependiendo del circuito.



ANALÓGICA Y DIGITAL

Un circuito analógico es mucho más costoso de diseñar y construir. Es por este motivo que el concepto de Electrónica Digital cobra sentido y evoluciona constantemente. En este libro, analizaremos todas sus ventajas y desventajas.

Términos fundamentales

ELECTRÓNICA ANALÓGICA

Trata con variables, como la tensión, la corriente y la potencia, que varían de forma continua con el tiempo.

ELECTRÓNICA DIGITAL

Las variables pueden tomar solo dos valores o estados posibles y definidos.

DAC

Es un circuito cuya función es convertir un valor digital en uno analógico.

ADC

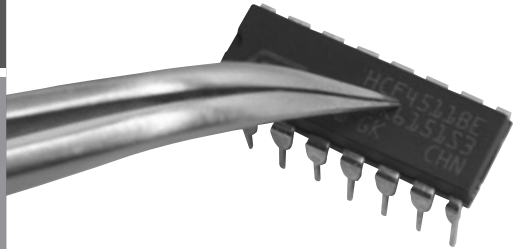
Es un circuito cuya función consiste en convertir un valor analógico en digital.

DISCRETOS

Son componentes primitivos, como las resistencias, diodos, capacitores y transistores, entre otros.

TRANSISTOR

Dispositivo electrónico semiconductor que cumple funciones de amplificador, oscilador, conmutador o rectificador.



LOS COMPONENTES

En Electrónica —tanto Analógica como Digital— se utilizan exactamente los mismos **componentes discretos**. Cuando decimos discretos, queremos significar que se trata de **componentes primitivos**, como las resistencias, los diodos (**Figura 2**), los capacitores y los transistores, entre otros. Por ejemplo, un circuito integrado no es un componente discreto, ya que contiene un circuito en su interior que hace un trabajo determinado por el fabricante. Sin embargo, el circuito integrado está construido en base a varios componentes discretos interconectados entre sí.

Es entonces que nos preguntamos cuál es la diferencia, ya que se utilizan los mismos componentes, tanto para Electrónica Analógica como para Digital. La diferencia se halla en la manera de hacer funcionar estos componentes. Observemos lo siguiente:

Los componentes discretos son: resistores, diodos, capacitores y transistores

un transistor puede funcionar como una resistencia variable que opera como un interruptor eléctrico que anula el paso por completo de la corriente o la deja pasar. Estos dos estados del transistor se los conoce como estado de **bloqueo** (cuando está abierto) y estado de **saturación** (cuando se encuentra cerrado).

Cuando un transistor funciona solo con los estados de bloqueo y saturación (como si fuese un interruptor) podremos decir que está operando de **manera digital**, ya que no considera los valores intermedios. Un ejemplo de ello puede ser un **interruptor**, que conecta o desconecta una bombilla de luz. Si, en

cambio, hacemos funcionar un transistor de manera tal que tenga en cuenta los estados o valores intermedios, el transistor estará operando de **manera lineal** o analógica. Como ejemplo, podemos citar el **regulador de luminosidad** o **dimmer** con que cuentan algunos hogares, que permite graduar la intensidad de luz deseada emitida por la bombilla.

A lo largo de todo el libro, se estudiarán las **compuertas digitales**. Si bien comercialmente se adquieren bajo la denominación de **Circuito Integrado (CI)**, interiormente son transistores que operan de forma digital, que es lo mismo que decir en estado de bloqueo y saturación.

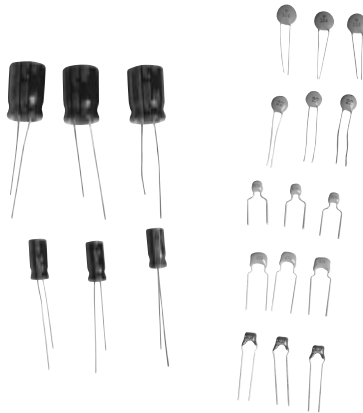


FIGURA 2.

El diodo permite la circulación de corriente eléctrica en un sentido. El más común es el diodo semiconductor.



DESCARGA A TIERRA

Es fundamental conectar a tierra todas las clavijas centrales de los tomacorrientes y de la pulsera de descarga estática. Si no disponemos de una conexión a tierra en la red domiciliaria, podemos utilizar una jabalina enterrada, siguiendo las especificaciones del fabricante.

El taller

El taller es el espacio en el cual efectuaremos todas las pruebas y tareas de Electrónica (**Figura 3**). Por este motivo, es necesario equiparlo adecuadamente. Veamos qué necesitamos. Debe proveer una adecuada ventilación **para evacuar los gases emitidos** por desengrasantes, tóxicos, productos químicos empleados en la fabricación de circuitos impresos y los compuestos de soldadura. Para lograr una buena ventilación, es necesario tener extractores de aire para asegurarnos la renovación constante de oxígeno.

EL BANCO DE TRABAJO

El banco o **mesa de trabajo** debe tener una altura adecuada, el estándar es de **80 centímetros**. Si bien el uso de **cajones** no es aconsejable ya que entorpecen nuestro movimiento, pueden aceptarse si

los tiene solo a los costados. Como manipulemos artefactos eléctricos, el banco debe ser de **madera** o un **compuesto aislante de fibra**. Siempre es recomendable adherir, en toda su superficie, una lámina de goma lisa de un espesor de **2 milímetros**.

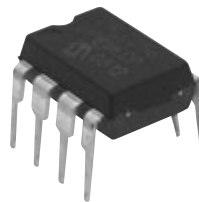
El banco debe ser muy robusto, ya que permanentemente soportará el peso de los equipos de medición, herramientas y, ocasionalmente, aparatos muy pesados, que contengan transformadores o baterías. Sobre su **fondo** podremos agregar una alzada o estante para colocar equipos y componentes sin ocupar espacio de trabajo en su superficie.

Es importante incorporarle una **lámpara con lupa** (lente de aumento) de brazo flexible, para poder ajustar con la mano la posición exacta del circuito que necesitamos. Debemos proveerlo de cuatro o más **tomacorrientes de tres clavijas**



FIGURA 3. El ambiente donde desarrollemos nuestra tarea debe ser un espacio bien iluminado en general, independientemente de la iluminación puntual sobre el banco de trabajo.

El banco o mesa de trabajo debe tener una altura adecuada, el estándar es de 80 centímetros



con conexión a tierra a cada lado (izquierdo y derecho). Es sumamente relevante contar con un **interruptor térmico bipolar** para desconectar eléctricamente el banco en caso de ser necesario.

SOBRE LA SEGURIDAD

El primero de los equipos de seguridad que debemos instalar en el taller es el interruptor diferencial o disyuntor. A pesar de tomar todos los recaudos posibles para mantenernos aislados de tierra, existe una situación de extrema peligrosidad y es nuestra conexión a la **pulsera antiestática**. No olvidemos que esta pulsera nos conecta a tierra, todo lo contrario a lo que evitamos con el piso aislante de goma y los recaudos de aislamiento del banco de trabajo.

En caso de que, accidentalmente, toquemos con nuestra mano el terminal positivo o “vivo” de la red de canalización, quedaremos con nuestro

cuerpo conectado directamente a la red eléctrica. Si bien el interruptor diferencial actuaría en consecuencia, es preferible no llegar a esta situación. Para ello, evitemos colocarnos la pulsera antiestática, a menos que sea indispensable.

Una solución definitiva a este problema es aislar eléctricamente el taller por completo o, en su defecto, el banco de trabajo de la red eléctrica externa. Para hacerlo, podemos colocar un **transformador** con relación **1:1** y de la potencia adecuada.

Por ejemplo, si la **tensión nominal es de 110 V** (depende del país), el transformador deberá ser de **110 V** de entrada y **110 V** de salida, conectando esta última al banco de trabajo. Si tenemos previsto conectar aparatos de gran consumo, debemos emplear un transformador con una potencia mínima de **1 KVA (VA: VoltAmper - K: Kilo)** o superior.



PULSERA ANTIESTÁTICA

Consiste en una cinta, con un abrojo para ajustarla a la muñeca, conectada a un cable de toma de tierra que permite descargar cualquier acumulación de electricidad estática en nuestro cuerpo. Lleva una resistencia de **1 MOhm**.



INFOGRAFÍA 1: EL TALLER ELECTRÓNICO



Refrigeración

Conviene trabajar en un ambiente cómodo y seco para evitar el deterioro de herramientas y componentes. Es muy útil contar con un equipo de aire acondicionado en nuestro taller.

Aire comprimido

Matafuegos

Matafuegos siempre a mano y de Clase C para incendios de origen eléctrico (de CO₂ o de tipo Polvo ABC), debidamente cargados y controlados cada seis meses. Darle una correcta utilización es fundamental en situaciones de emergencia.

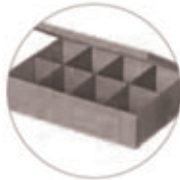
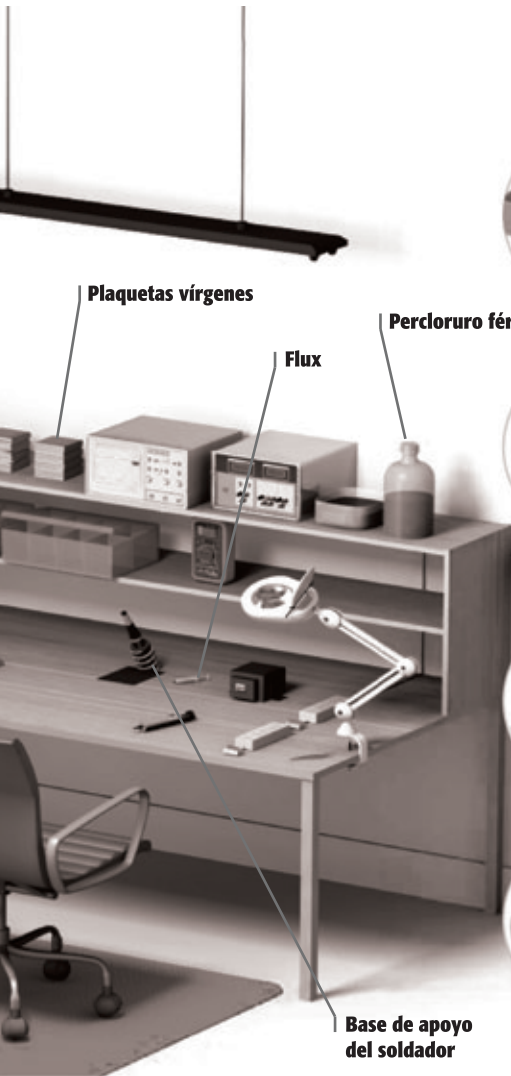
Mesa de trabajo

Cómoda, amplia, limpia y ordenada. Siempre de madera o de material aislante y, mucho mejor, con estantes. Debe estar bien iluminada, en lo posible, cerca de una ventana.

260 cm

150 cm

140 cm



Gaveteros

Estos cómodos clasificadores de elementos nos permitirán mantener ordenado el taller, teniendo siempre a disposición los componentes en forma ágil y rápida.



Disyuntor

Es imprescindible contar con un disyuntor en la entrada de la casa y, al menos, un interruptor termomagnético individual, en la sección del taller, para trabajar con riesgo mínimo. El dimensionado debe realizarlo personal matriculado.



Tomacorrientes

Se necesitan una puesta a tierra general en buen estado y tomacorrientes de 3 bocas en la instalación. Las zapatillas se ubicarán de manera que permitan fácil acceso, evitando cruces de cables.



Jabalina a tierra

Lupa articulada

Muy útil para tareas de soldado through-hole y superficial. Se utiliza para observar el estado final de las soldaduras y para facilitar las maniobras sobre los diferentes circuitos electrónicos.

Claves de seguridad

RED ELÉCTRICA

Debemos asegurarnos de que la red domiciliaria se encuentre en perfectas condiciones de funcionamiento. De ello dependerá nuestra seguridad.

TOMACORRIENTES

Es preciso tener una buena cantidad de tomacorrientes en cada uno de los rincones del taller. De este modo, podremos conectar varios dispositivos sin necesidad de alargues.

DESCARGA A TIERRA

En la actualidad, un taller de Electrónica que no posea un sistema de descarga a tierra es impensable; de él dependerá nuestra seguridad personal.

MATAFUEGO

Es natural que en un taller de Electrónica se genere algún cortocircuito y, para evitar incendios, es recomendable tener a mano un matafuego para fuegos clases A B C.

El taller es el espacio de trabajo en el que pasaremos gran parte del tiempo. Es por eso que debemos mantenerlo en óptimas condiciones operativas y de seguridad. Un espacio incómodo impide el desarrollo de tareas prolongadas (**Figura 4**).

Las herramientas

El taller puede convertirse en un verdadero laboratorio electrónico, siempre que tengamos los instrumentos y las herramientas adecuadas. Veamos cada herramienta en detalle (**Figura 5**).

- **Alicate:** el alicate común produce un corte en forma de "V" y está indicado para cortar cables o terminales gruesos. Tiene que ser de mango aislado pero no necesariamente grueso, ya que no lo usaremos en líneas energizadas, sino en alambres de conexión sin energía domiciliaria.
- **Pinza de fuerza:** es una pinza convencional con mango aislado, utilizada para sujetar tuercas cuando montamos disipadores de calor y, también, otros elementos.
- **Pinza de punta:** puede ser de punta recta u oblicua y se emplea para sujetar componentes o doblar terminales, según sea necesario.

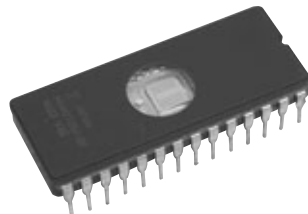




FIGURA 4. Un taller inseguro pone en riesgo nuestra salud y los componentes que debemos reparar.

- **Pinzas Bruselas:** son pequeñas pinzas de punta que se usan para manipular pequeños componentes, por ejemplo, para introducir los alambres en un protoboard o tablero de experimentación.
- **Destornilladores:** aunque resulte obvio, los destornilladores en Electrónica cumplen un papel fundamental para ajustar controles electrónicos y sujetar o retirar tornillos. Recomendamos adquirir un kit para Electrónica de destornilladores pequeños, con punta plana y en cruz.



FIGURA 5. El taller ideal se construye progresivamente. Primero, se adquieren las herramientas más elementales; luego, las más complejas y, finalmente, los instrumentos.

- **Fuente de alimentación:** si bien no es un instrumento de medición, la mencionamos aquí porque es indispensable para efectuar todos los experimentos o prácticas en nuestro taller. Una pequeña fuente que suministre dos tensiones fijas y reguladas será más que suficiente (**Figura 6**).

SOLDADOR Y ACCESORIOS

Además de las herramientas mencionadas, necesitamos varios accesorios para reparaciones electrónicas:

- **El soldador** es fundamental para los trabajos electrónicos, ya que todas las conexiones son unidas por una aleación de estaño y plomo o soldadura libre de plomo (**Figura 7**). Es importante el uso de un soporte para poder depositarlo sobre el banco caliente sin riesgos. Algunos soportes, además, cuentan con una espuma renovable de limpieza para la punta del soldador, algo muy útil debido a los residuos que se acumulan en ese sector, que pueden entorpecer la correcta soldadura.
- **Estaño o soldante:** es un alambre de un diámetro de entre **0,5 mm** y **1 mm**, compuesto de una aleación de **60% de plomo** y **40% de estaño**. Además, en su núcleo cuenta con una pasta a base de resina natural que ayuda a la soldadura. Requiere almacenamiento refrigerado.

Necesitamos también ciertos accesorios en el taller de reparaciones electrónicas

- **Pasta para soldar o “flux”:** es un compuesto en forma de pasta o líquido, que ayuda a soldar/desoldar debido a sus propiedades limpiadoras, ya que baja el punto de fusión del estaño. Es ampliamente utilizado en la soldadura de componentes **SMD**.
- **Bomba succionadora de estaño:** es una pequeña bomba de vacío accionada a mano que, al momento de dispararla sobre la soldadura caliente, la aspira y la remueve. Es indispensable para desoldar circuitos integrados.
- **Cinta desoldante:** es una malla o entretejido de hilos de cobre muy delgados, que están tratados con un producto similar a la pasta para soldar. Para desoldar, apoyamos la punta de la cinta sobre la soldadura que deseamos eliminar, ubicamos el soldador encima de la cinta y dejamos que el calor la traspase hasta fundir la soldadura. Esta se licuará y será absorbida por la malla de cobre. También es fundamental para desoldar circuitos integrados o efectuar una limpieza de los puntos de soldadura de los circuitos impresos y demás componentes.



ALICATE DE CORTE AL RAS

Se utiliza para cortar los terminales sobrantes en una tarjeta de circuito impreso, ya que sus hojas de corte tienen un lado en ángulo y otro totalmente plano, que puede lograr un corte realmente al ras de la tarjeta. No debemos emplearlo para cables o terminales gruesos.



FIGURA 6.
Las tensiones recomendadas son de 5 V y 12 V de 1 Amper o superior.

FIGURA 7.
Recomendamos un soldador del tipo lápiz de 35 o 40 Watts de potencia porque resulta suficiente para la mayoría de los trabajos de soldadura de componentes y partes.

LOS INSTRUMENTOS

Además de las herramientas y los accesorios mencionados anteriormente, el taller debe contar con los instrumentos imprescindibles (Figura 8), que detallaremos a continuación:

- **Multímetro Digital:** también conocido como **DMM** (*Digital MultiMeter*), es el principal instrumento de medición de todo taller electrónico. Por medio del DMM, podremos medir tensiones, corrientes y resistencias, además de cortocircuitos.



Algunos modelos tienen un zumbador que emite un sonido cuando se tocan sus puntas, y es muy útil para seguir trazas en un **PCB** (*Printed Circuit Board*) o cortocircuitos. Los modelos más sofisticados disponen de una sonda para medir temperatura en determinadas partes de un circuito. Otros de los agregados son medidores de capacidad en condensadores o capacitores, medidores de transistores bipolares y **FET** (*Field Effect Transistor* - Transistor de Efecto de Campo). En el **Capítulo 2** estudiaremos el uso del DMM.

- **Sonda o punta lógica:** una punta lógica permite visualizar, por medio de **LEDs** (**Diodo Emisor de Luz**), los estados lógicos en un punto del circuito. Por ejemplo, si en el punto de medición hay **0 V**, se iluminará el led que indica un **cero lógico (0)**. En cambio, si hay **5 V**, se iluminará solo el led que indica el estado que denominaremos binario uno (**1**).
- **Osciloscopio:** el osciloscopio es un instrumento de medición y visualización de señales en el transcurso del tiempo.



FIGURA 8. El taller puede convertirse en un verdadero laboratorio electrónico, siempre que tengamos los instrumentos y las herramientas adecuados.

ACCESORIOS Y COMPLEMENTOS

Además de las herramientas, instrumentos y productos mencionados hasta el momento, un taller se completa con los siguientes accesorios:

- **Protoboard:** es una tarjeta con perforaciones a lo largo de toda la superficie, que permite construir un circuito electrónico sin soldadura. Las conexiones entre los componentes se realizan con alambre del tipo convencional.
- **Circuito impreso:** es una placa de PCB perforada en toda su superficie, que posibilita introducir los componentes y soldarlos. Las conexiones se efectúan manualmente.
- **Resistores:** recomendamos tener todas de 1/4 de Watt y una cantidad de **10** por cada valor: **100 ohms – 330 Ohms - 470Ω - 1 KΩ - 2,2 KΩ - 3,3 KΩ - 4,7 KΩ - 10 KΩ - 22 KΩ - 47 KΩ - 100 KΩ.**
- **Capacitores cerámicos:** Todos con aislamiento para **25 V** o más y una cantidad de **10** por cada valor: **.01 μF - 1 μf.** (μ significa micro y la letra **F** es la unidad de medida, el **Faradio**). Por lo tanto, **μF** significa **microfaradio**. Cuando se indica un punto delante de la capacidad, como **.01**, en realidad es para resumir, queriendo significar **0,01**.
- **Capacitores electrolíticos:** todos con un aislamiento de **25 V** o más y una cantidad de **10** por cada valor: **1 μF – 10 μF - 100 μF - 470 μF - 1000 μF.**

El analizador es una sonda que permite ver, en pantalla, varias señales al mismo tiempo

- **Transistores:** el transistor BC548 es de uso muy frecuente en Electrónica Digital. Recomendamos tener una cantidad de 10 unidades disponibles.
- **Diodos:** el diodo de conmutación por excelencia es el 1N4148. Con una decena de ellos, será suficiente.
- **Reguladores:** en este caso, solo será necesario contar con **5** unidades de cada tipo: **7805 - 7812.**
- **Zócalos Dip:** los zócalos permiten insertar, sin soldadura, integrados, memorias o microcontroladores. Cantidad: **5** de cada tipo: **4x2 - 7x2 - 8x2 - 9x2.**
- **Micro Switch:** pequeños interruptores que tienen el mismo tamaño y distribución de contactos que un circuito integrado ordinario y convencional.
- **Led:** indispensable como indicador lumínico. Cantidad: varios colores, de varios diámetros.
- **Indispensables:** Fusibles de **1 Amper y 20 mm** de longitud - forro o **spaghetti termo contraible** - cables de varios colores - alambres para insertar en protoboard.



MÁS SOBRE SOLDADORES

Algunos soldadores tienen un regulador de temperatura, aunque no es indispensable para los trabajos comunes del taller. No aconsejamos el uso de los llamados soldadores instantáneos, ya que la punta no es lo suficientemente fina y precisa para trabajar en electrónica.

Multiple choice

► **1** ¿Cuál de las siguientes herramientas es un alambre compuesto por una aleación 60% plomo y 40% estaño?

- a- Pasta de soldar o "flux".
 - b- Cinta desoldante.
 - c- Estaño o soldante.
 - d- Multímetro.
-

► **2** ¿Cuál de las siguientes herramientas es una malla o entretejido de hilos de cobre muy delgados?

- a- Pasta de soldar o "flux".
 - b- Cinta desoldante.
 - c- Estaño o soldante.
 - d- Multímetro.
-

► **3** ¿Cuál de las siguientes herramientas es un compuesto en forma de pasta o líquido, que ayuda a soldar/desoldar?

- a- Pasta de soldar o "flux".
 - b- Multímetro.
 - c- Bomba succionadora de estaño.
 - d- Osciloscopio.
-

► **4** ¿Cuál de las siguientes herramientas es una pequeña bomba de vacío accionada a mano?

- a- Estaño o soldante.
 - b- Multímetro.
 - c- Bomba succionadora de estaño.
 - d- Osciloscopio.
-

► **5** ¿Cuál de los siguientes es el principal instrumento de medición de todo taller electrónico?

- a- Estaño o soldante.
 - b- Multímetro.
 - c- Bomba succionadora de estaño.
 - d- Osciloscopio.
-

► **6** ¿Cuál de los siguientes es un instrumento de medición y visualización de señales en el transcurso del tiempo?

- a- Estaño o soldante.
 - b- Multímetro.
 - c- Bomba succionadora de estaño.
 - d- Osciloscopio.
-

Respuestas: 1 c, 2 b, 3 a, 4 c, 5 b, 6 d.

Capítulo 2

Construcción de circuitos



En este segundo capítulo, analizaremos las bases de la composición de los circuitos digitales.

Primeros pasos

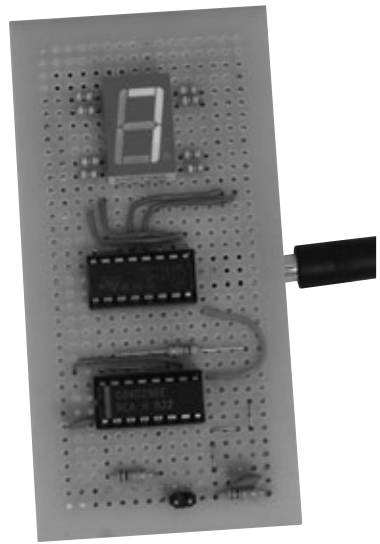
Para iniciarnos en el universo de la **Electrónica Digital** es necesario conocer los principios elementales del funcionamiento de los circuitos. Es por este motivo que comenzaremos a dar los primeros pasos en la construcción de un circuito sobre la base de un **protoboard**, plantilla que ofrece la ventaja de trabajar sin soldaduras.

Con el transcurso de las páginas avanzaremos sobre las características de los **circuitos universales**, conoceremos sus ventajas, limitaciones y utilización práctica. Además, en este segundo capítulo, subiremos la apuesta para detallar de forma teórica y práctica el proceso de **construcción** de un **circuito impreso casero**. Sobre el final de este capítulo, conoceremos todos los secretos sobre la **soldadura** para electrónica y cuáles son los **elementos** necesarios para realizarla correctamente.

Circuitos electrónicos

Un circuito electrónico es un conjunto de componentes eléctricos o electrónicos, interconectados por medio de hilos conductores, con el objetivo de generar, transportar o procesar una señal eléctrica.

Existen diferentes métodos de construcción de circuitos electrónicos, dependiendo de su complejidad, el volumen de producción y el tipo de componentes utilizados.



LOS COMPONENTES

Dentro de un circuito podemos encontrar una gran variedad de componentes, como **fuentes de señal** (sensores y micrófonos), **fuentes de alimentación** (baterías o la red domiciliaria), **dispositivos eléctricos** (bobinas, lámparas, resistencias y capacitores), **componentes electrónicos** (diodos, transistores, circuitos integrados) y **dispositivos mecánicos** (llaves y conmutadores), (Figura 1).

El “esquemático” es la representación gráfica de un circuito electrónico

Según el modo en que se monta un circuito, un componente puede ser de tecnología **through hole** (a través de orificio) o de **montaje superficial**.

EL ESQUEMÁTICO

Antes de comenzar con la construcción de cualquier circuito, debemos contar con un **esquema circuital**. El esquemático es una representación gráfica de un circuito electrónico. Muestra los diferentes componentes con su simbología asociada y las conexiones entre los mismos. Podemos dibujarlo a mano alzada o utilizar un **software** de captura de esquemático, como **Eagle** u **Orcad**. En este libro, utilizaremos el software Eagle.

La creación de un esquema circuital es clave, ya que cualquier error en la construcción derivará en el mal funcionamiento del circuito. Por esta razón recomendamos dibujar el esquemático con un software para tal fin, lo que nos permitirá también, en la mayoría de los programas disponibles,

realizar una simulación del comportamiento real del circuito, predecir sus características antes de construirlo y generar el circuito impreso.

EL PCB

Una vez que tenemos el esquemático debemos construir físicamente el circuito. Generalmente, los circuitos se montan mediante un **circuito impreso** o **PCB** (*Printed Circuit Board*). Es una tarjeta plástica que conecta eléctricamente los componentes del circuito a través de pistas de cobre laminadas sobre un **sustrato no conductor** (fenólico o epoxi). Actúa también como soporte de todo el circuito.

A partir de un esquemático, el diseño del circuito impreso puede hacerse con un software como los mencionados anteriormente; estos poseen muchísimas librerías con las formas físicas de los componentes (**footprints**) para facilitar el diseño. El trazado de las pistas (**roteo**) puede realizarse de forma manual o automática.

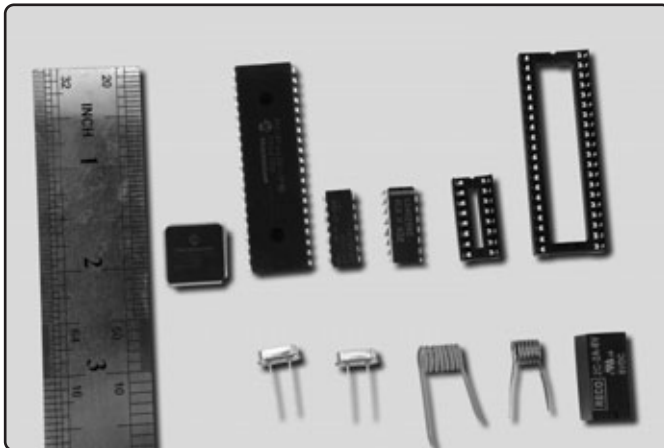


FIGURA 1.
Es importante que sepamos reconocer los componentes más utilizados y sus características para poder construir nuestros propios circuitos. Por ejemplo, un diodo emisor de luz posee polaridad, y no es lo mismo conectarlo hacia un lado o hacia otro.

LA TRANSFERENCIA DEL TRAZADO A LA PLACA

Cuando el diseño está terminado, necesitamos pasarlo a la placa. Para ello existen diversos métodos, pero casi todos se hacen a partir de una lámina de cobre que cubre completamente el sustrato (placa virgen), donde luego se quita el cobre indeseado para dejar los trazados diseñados (**Figura 2**). Este proceso se logra utilizando primero una máscara de trazado, que se obtiene al aplicar tintas (serigrafía) o mediante un proceso de fotograbado.

También existen métodos donde se utiliza una fresa mecánica o hasta un láser para eliminar el cobre residual. Sin embargo, el método más accesible es el de la transferencia del diseño a la placa a través de calor. Para ello, se imprime el trazado en un **material termosensible** como el papel de ilustración.

LA PERFORACIÓN Y EL ESTAÑADO

Los orificios para colocar los componentes se realizan, a nivel industrial, con un taladro controlado por computadora. Nosotros podremos utilizar una

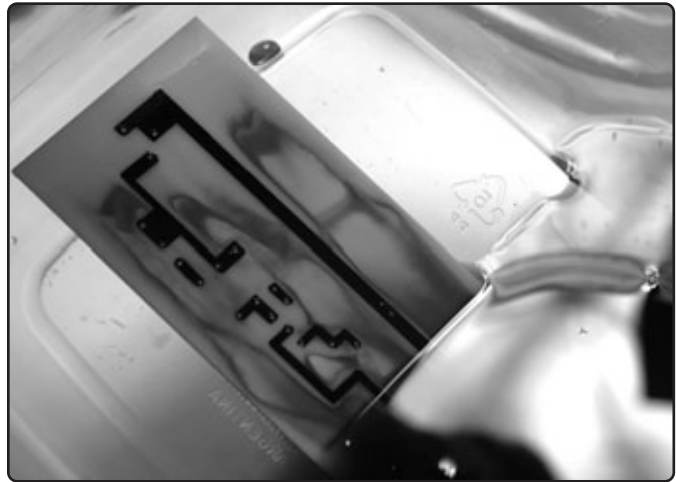


FIGURA 2.
Una máscara temporal de tinta aplicada a la placa virgen. De esta forma, queda preparada para el ataque químico. El percloruro férrico es el elegido para realizar esta acción, al eliminar el cobre indeseado.

MÚLTIPLES CAPAS

Un PCB puede estar formado por múltiples capas conductoras (hasta **dieciséis**). La mayoría de sus componentes son de montaje superficial y son colocados por un robot denominado **pick and place**. Para nosotros, un PCB de una o dos capas será más que suficiente.

agujereadora de banco o un **mini torno**. Para finalizar con la construcción del circuito, los componentes se insertan en los orificios (si son de montaje through hole) o apoyan sobre las pistas de la tarjeta, si son de montaje superficial. Luego se sueldan con estaño, ya sea con un soldador manual o mediante una máquina de soldadura por ola (en caso de grandes volúmenes de producción). Con el circuito armado, ya estamos en condiciones de comprobar su funcionamiento.

El protoboard

El protoboard o tarjeta de proyecto es una placa plástica con orificios metalizados y conexiones eléctricas preestablecidas que se utiliza como banco de pruebas para la realización de circuitos electrónicos sencillos. Es económico y su mayor ventaja es que no

Los orificios para colocar los componentes se realizan, a nivel industrial, con un taladro controlado por computadora

requiere de soldaduras para interconectar los componentes, los cuales son simplemente insertados en los orificios para tal fin. La disposición de sus conexiones internas hace posible el montaje temporal de cualquier circuito (**Figura 3**).

TOPOLOGÍA

El espaciado de los orificios de la tarjeta es generalmente de **2,54 mm**, una medida estándar en el

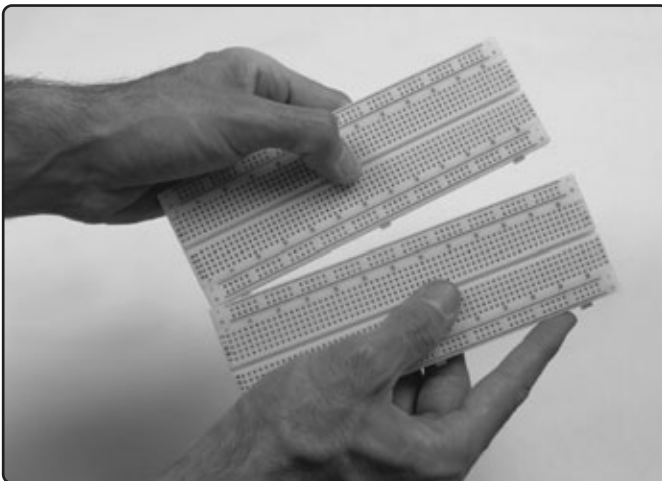


FIGURA 3.
Protoboard de tamaño estándar; son 62 columnas, donde cada una tiene dos secciones de orificios (de A a E y de F a G). Es posible unir dos o más protoboards mediante los enganches ubicados sobre uno de los bordes.

mundo de la electrónica. Podemos distinguir en el protoboard, seis secciones de orificios separadas entre sí por un material aislante. Las secciones **1 y 5**, marcadas en **rojo**, tienen continuidad horizontal y se utilizan como una de las **líneas de alimentación del circuito (Vcc)**. En general se conectan entre sí externamente para disponer de ellas a ambos lados de la tarjeta, al igual que las secciones **2 y 6**, marcadas en azul, que constituyen la otra línea de alimentación, es decir, la **masa circuital o retorno de corriente (Gnd)**.

Las secciones **3 y 4** están compuestas por columnas de cinco orificios cada una y poseen continuidad vertical, haciendo posible la formación de nodos en el circuito. Cada columna se encuentra eléctricamente aislada de las columnas adyacentes.

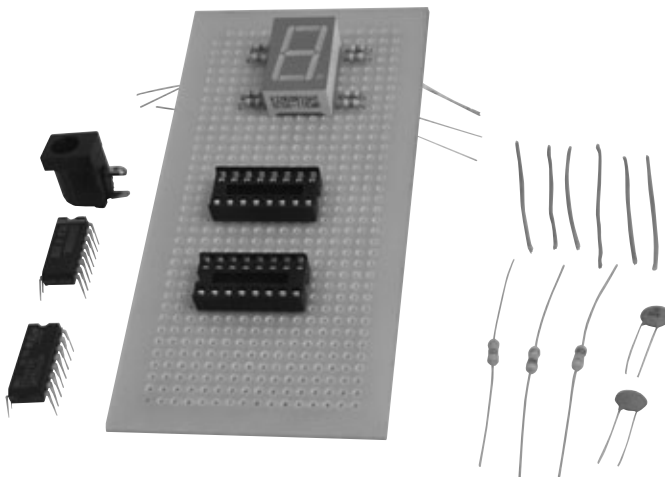
El **canal o surco central** del protoboard se utiliza para insertar los circuitos integrados con encapsulado tipo **DIP (Dual In-line Package)**, cuya separación de

pinos es justamente la misma que la del protoboard. Este hecho los convierte en los circuitos integrados más prácticos a la hora de construir prototipos.

Es importante aclarar que para colocar el protoboard en un lugar fijo, como por ejemplo un tablero, la placa trae un **adhesivo doble faz**. Si no deseamos pegarlo en ningún lugar, le pegamos una plancha de aluminio que también viene incluida, para que no moleste la cinta doble faz.

ACCESORIOS ÚTILES

Para el armado de los circuitos en el protoboard, recomendamos algunos accesorios que nos facilitarán la tarea. Podemos realizar las conexiones entre puntos del circuito mediante un cable **unifilar**, es decir, un alambre constituido por una sola pieza, como lo son el **cable UTP** y el **multipar calibre 20** o **22**. Estos poseen el diámetro adecuado para su inserción en el protoboard. Podemos utilizar el alambre sobrante de las patas



de resistencias y capacitores solo para conexiones cortas, ya que no es un conductor aislado.

Debemos saber que existen componentes electrónicos que no pueden ser colocados directamente sobre el protoboard, como los potenciómetros e interruptores. En estos casos soldaremos el cable unifilar a los pines de los componentes para poder colocarlos en nuestro prototipo.

LIMITACIONES

Si bien el protoboard es una herramienta útil a la hora de construir prototipos, tiene ciertas limitaciones. En cuanto a especificaciones de potencia, el límite máximo es de **5 Watts**, lo que equivale a manejar **1 A** (Amper) en **5 V** (Volts) o **0,4 A** en **12 V**. Si sobrepasamos este límite, las conexiones internas de la tarjeta podrían dañarse y el plástico se derretirá.

El protoboard tiene una pobre funcionalidad para circuitos donde intervienen señales de radiofrecuencia debido a sus características de capacitancia: **2 a 30 pF** (pico Faradios) por punto de contacto. Por esta razón, recomendamos usarlo en aplicaciones que trabajen a frecuencias menores a **20 MHz** (Mega Hertz). El valor de capacitancia expresa la habilidad de un capacitor para almacenar carga eléctrica. La unidad de capacitancia es el Faradio.

El valor de capacitancia expresa la habilidad de un capacitor para almacenar carga eléctrica; su unidad de medida es el Faradio

Otra de sus limitaciones es que no nos permite insertar componentes de montaje superficial directamente. Para poder hacerlo, debemos comprar adaptadores, muchas veces costosos y difíciles de conseguir, o lanzarnos a la compleja tarea de construirlos nosotros mismos.

Uso del protoboard

Si queremos armar un circuito electrónico en el protoboard, debemos proceder ordenadamente para obtener los resultados esperados. Para ello, necesitamos contar con ciertos materiales. Primero, tenemos que disponer de un diagrama esquemático donde se encuentra el diseño del circuito. Debemos tener a mano todos los componentes electrónicos que



FALSOS CONTACTOS

Es alta la probabilidad de encontrarnos durante el armado del prototipo con falsos contactos o cables sueltos, que no se observan a simple vista. Debemos tener paciencia y ser organizados al montar un circuito en el protoboard para evitarnos posibles dolores de cabeza.

forman el diseño. Necesitamos cables unifilares calibre 20 o 22 para realizar las conexiones. Además, precisamos algunas herramientas, como por ejemplo una pinza, un alicate y un cúter, que nos servirán para trabajar los puentes de cable y colocar los componentes. Por último, nos será útil el uso de un multímetro para evaluar el funcionamiento del circuito.

ALIMENTACIÓN DEL CIRCUITO

En los dos bordes de mayor longitud del protoboard se hallan las líneas o buses de alimentación. En color **rojo** tenemos la línea de tensión de alimentación (Vcc), y en **azul**, la de masa de circuito (Gnd). Es útil muchas veces hacer un puente entre ambos Vcc y otro puente entre ambos Gnd. En algunos protoboards, estas líneas están divididas a la mitad en un mismo extremo y es conveniente conectarlas también. De esta manera tendremos energía a ambos lados y a lo largo de la tarjeta cuando conectemos los bornes de la fuente de alimentación a estas líneas.

COLOCACIÓN DE COMPONENTES

Los primeros componentes que tenemos que colocar son los circuitos integrados o chips. Recordemos que el protoboard dispone de un surco o canal central para tal fin. El chip debe quedar sobre el canal central y paralelo al mismo, con sus pines insertados en los orificios que bordean el surco. Así nos aseguramos de que no exista un cortocircuito entre los pines del circuito integrado.

Observando el chip desde arriba, vemos que tiene una pequeña muesca. A la izquierda de ella, se encuentra el pin número 1. Debemos consultar la hoja de datos del componente (buscando por Internet) para conocer la función de cada uno de sus pines y no correr el riesgo de dañar el circuito integrado por una conexión incorrecta. Además, tenemos que colocar todos los chips en la misma dirección para simplificar el montaje del circuito (**Figuras 4 y 5**).

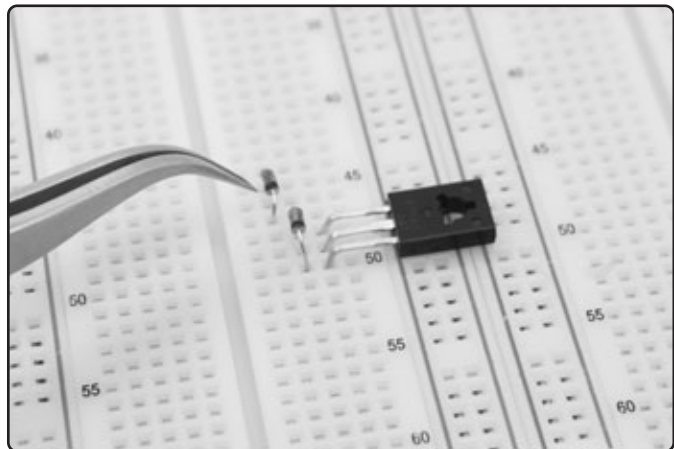
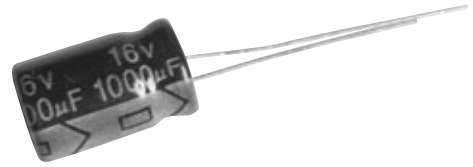


FIGURA 4.
Una de las ventajas que ofrece el protoboard es la posibilidad de insertar los cables sin necesidad de utilizar soldaduras.

En los dos bordes de mayor longitud del protoboard se hallan las líneas o buses de alimentación

Para colocar resistencias, capacitores, diodos y transistores fácilmente, podemos usar una pinza con la que doblar sus patas. También podemos acortárselas utilizando un cúter y evitaremos así que queden demasiado elevados por encima del protoboard.

Debemos tener en cuenta que hay componentes que poseen polaridad. Esto quiere decir que tienen una pata etiquetada como [+] (positiva) y otra como [-] (negativa). Las resistencias no tienen esta característica y las podemos conectar de cualquier manera. No



olvidemos considerar los rangos de operación de cada componente, es decir, las especificaciones de potencia, tensión y corriente máxima.

CONSEJOS FINALES

Daremos algunos consejos para montar un circuito electrónico en el protoboard y no fracasar en el intento. Debemos planear la distribución de los componentes en la tarjeta para que no se produzcan concentraciones de los mismos en una zona. Es preciso asegurarnos de interconectar los componentes correctamente.

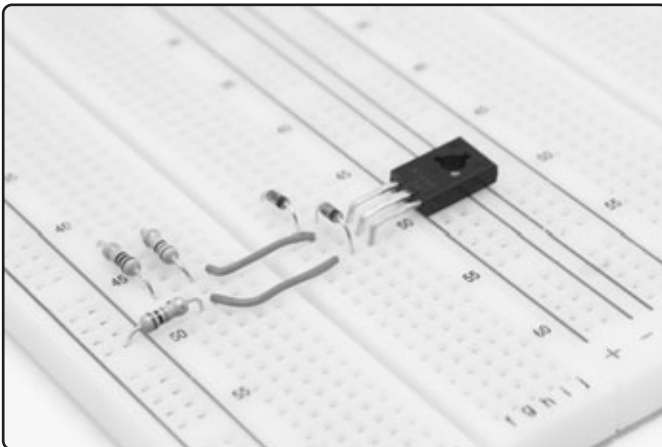
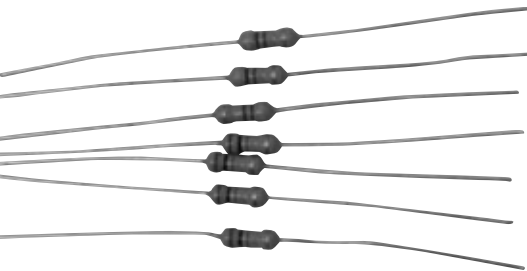


FIGURA 5.
Aquí podemos observar que tenemos energía a ambos lados de la tarjeta gracias a los puentes de cable que conectan estas líneas.

Un consejo que puede parecer obvio, pero en el que queremos hacer hincapié, es que siempre tenemos que guiarnos por el esquemático para realizar el montaje. Es importante ir tachando las conexiones en el diagrama a medida que vamos realizándolas. También es conveniente que utilicemos cables de la menor longitud posible para disminuir los problemas de ruido.

En lo posible, los cables deben estar aislados para evitar cortocircuitos con las patas de los componentes y con otros cables. Tratemos de utilizar cables de diferentes colores en zonas donde se concentran muchas conexiones. En caso de mal funcionamiento

En caso de mal funcionamiento del circuito, revisemos primero las conexiones de alimentación y, luego, los falsos contactos



del circuito, revisemos primero las conexiones de alimentación y, luego, los falsos contactos en el resto del circuito. Si no podemos solucionar el problema, montemos el circuito en otra zona del protoboard.

Cómo trabajar con el protoboard

Realizaremos el montaje de un sencillo **cargador de baterías de níquel-cadmio** basado en un **transistor modelo BD140**. Este actúa como una fuente de corriente constante para entregar la carga necesaria a la batería. Para que el transistor funcione de esta manera, utilizaremos diodos de tipo **1N4148** y, con el fin de fijar las corrientes del circuito, emplearemos resistencias de **10k**, **56**, y **15 Ohms**. También incluiremos una **llave** que nos dará la posibilidad de alternar entre una carga rápida o lenta. Debemos disponer del esquemático del diseño y comprender cómo se interconectan los componentes electrónicos (**Figura 6**).

Vemos en la parte izquierda del diagrama un transformador conectado a la línea domiciliaria, un puente rectificador de diodos (**4x1N4001**), un fusible de **0,5 A** y un capacitor electrolítico de **1000 uF**. Estos componentes constituyen la fuente de alimentación del circuito (**Figura 7**). Debemos identificar cada uno de ellos. En la imagen vemos las **resistencias** de diferentes valores con su **código de colores**, el transistor, los **diodos 1N4148** y el **interruptor**. Para facilitar el montaje del circuito, utilizaremos una fuente de alimentación de banco de pruebas, como podemos ver en el **Paso a paso 1**.

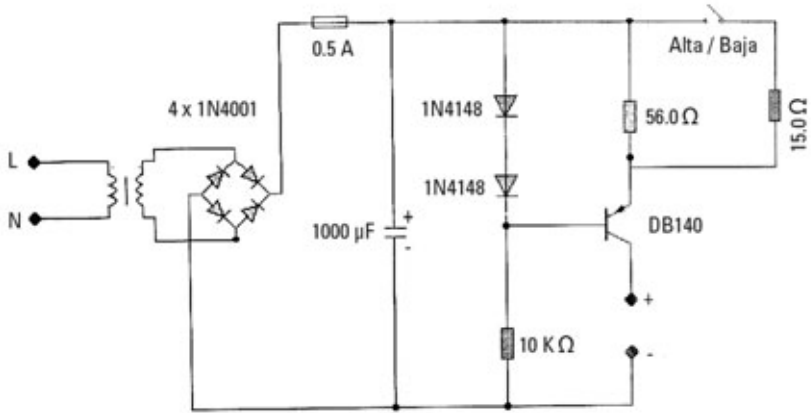


FIGURA 6. Debemos recordar que, como estamos en etapa de experimentación, los reemplazaremos con el uso de una fuente de alimentación de pruebas.

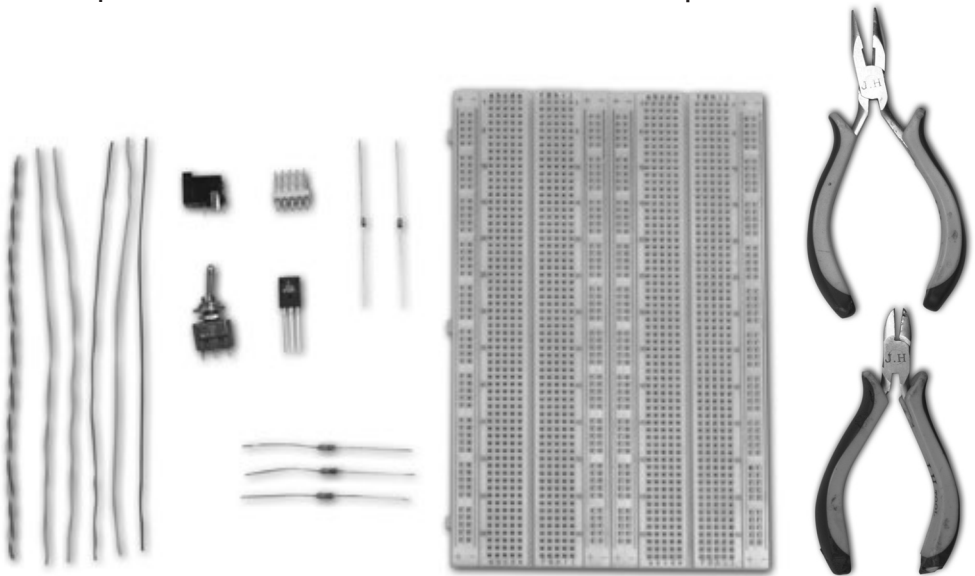
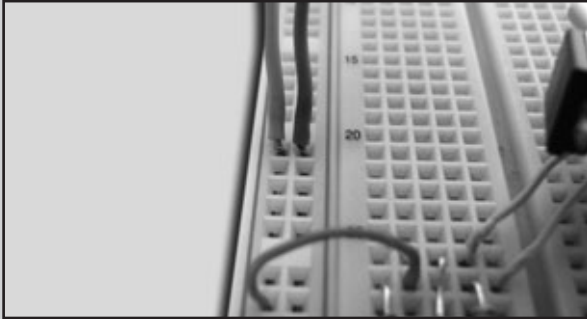


FIGURA 7. Entre los componentes que necesitamos para trabajar, también debemos disponer de los cables unifilares para hacer los puentes de conexión y de las pinzas para corte.

PASO A PASO /1

Montaje del circuito

1



Conecte cada línea de alimentación con su opuesta mediante puentes de cable, respetando los colores: **rojo** para la **alimentación positiva (Vcc)** y **azul** para la **negativa (Gnd)**.

Tiene que conectar otro cable para cada línea con uno de sus extremos al aire para engancharlo con las pinzas cocodrilo de la fuente de alimentación. Para evitar cortocircuitos, **Vcc** debe quedar del lado izquierdo y **Gnd** del lado derecho, o viceversa.

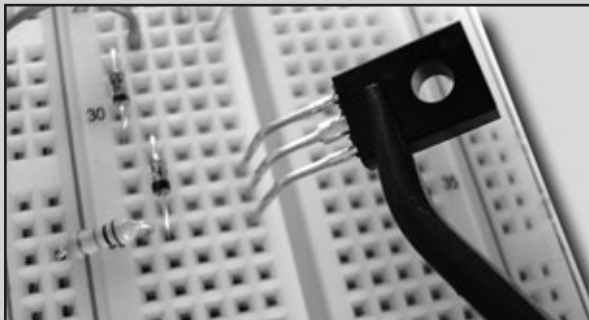
2



Ahora coloque los dos **diodos 1N4148**, cuyas caídas de tensión hacen que el transistor funcione como fuente de corriente constante. Estos van conectados en serie como se ve en la imagen. El **ánodo** del primer diodo va conectado a la línea de alimentación positiva. El **cátodo** se conecta a la misma columna que el ánodo del segundo diodo.

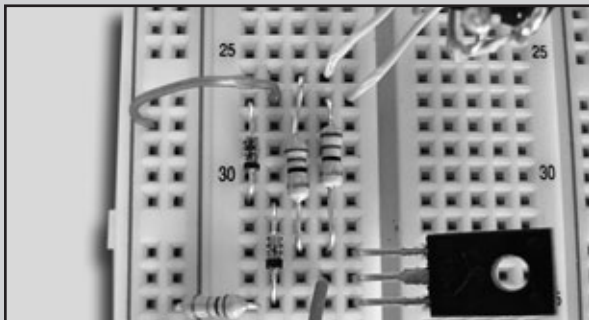
PASO A PASO /1 (cont.)

3



El **transistor BD140** es de tipo **PNP**, lo que significa que la corriente de emisor tiene sentido entrante, mientras que las de colector y base, sentido saliente. Observando el transistor del lado del orificio con unas **pequeñas marcas**, de izquierda a derecha, se observa: **emisor**, **colector** (**centro**) y **base**. Debe entonces conectar la base del transistor al cátodo del segundo diodo, y el emisor y el colector, a distintas columnas del protoboard.

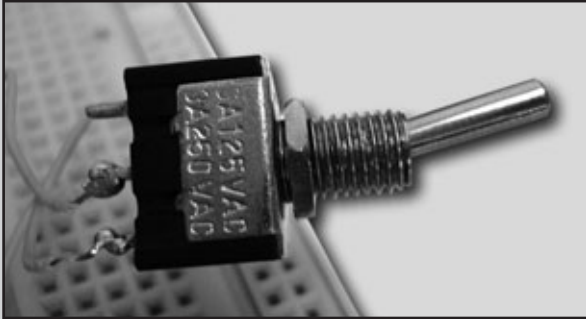
4



Tome la resistencia de valor **10k Ohms** (marrón, negro, naranja) y coloque una de sus patas en la misma columna que la base del transistor del paso anterior. Conecte la otra al **bus de alimentación** marcado con azul (Gnd). Inserte la resistencia de valor **56 Ohms** (verde, azul, negro) de manera que uno de sus extremos quede conectado al bus de alimentación positivo (Vcc) y, el otro, a la columna donde se encuentra el emisor del transistor.

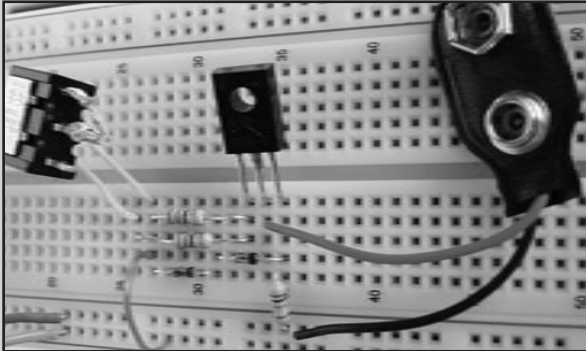
PASO A PASO /1 (cont.)

5



Para colocar la llave de selección debe soldarle un cable en cada uno de los extremos. Uno de los cables debe ir conectado a Vcc, y el otro, a una columna libre del protoboard. Coloque entonces la última resistencia, la de **15 Ohms**. Inserte una de sus patas en la columna donde conectó el extremo de la llave que no está unido a Vcc, y la otra, en la columna donde se encuentra el emisor del transistor.

6

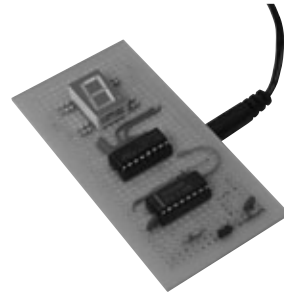


Ahora tiene que conectar el porta batería de manera que el extremo positivo quede unido al **colector del transistor** (pata central), y el extremo negativo, a la **masa circuital Gnd** (la línea de alimentación azul). Luego coloque la batería en el porta batería. Una vez que realice esta acción, el circuito está listo para ser alimentado.

Circuito impreso universal

El circuito impreso universal o **UPCB** (*Universal Printed Circuit Board*) es una tarjeta de uso general para construir prototipos electrónicos permanentes utilizando soldadura (**Figura 8, 9, 10 y 11**).

Entonces, no necesitaremos recurrir al diseño y fabricación de un circuito impreso específico, con lo cual nos ahorraremos un tiempo considerable. Al igual que en el protoboard, el espaciado de los orificios es de **2,54 mm** (0,1 pulgadas). Su precio es accesible, y viene en diferentes tamaños, configuraciones y calidades.



PERFBOARD

El circuito impreso universal más básico es el **perfboard**, una placa compuesta de **fenólico** o **epoxi**. Consta de varias columnas de orificios metalizados aislados eléctricamente. Los componentes se insertan en estos agujeros, pero para hacer las conexiones debemos utilizar puentes de cable o estaño. Este tipo de placa se utiliza para la realización de proyectos no profesionales y los diseños resultantes no son muy prolivos. No es recomendable si queremos hacer el mismo circuito más de una vez.

STRIPBOARD

Una versión más avanzada del perfboard es el **stripboard**, también llamado **veroboard**, la marca comercial más popular. En este caso las columnas de orificios (tiras) están conectadas eléctricamente.



FIGURA 8. Vemos el ejemplo de especificaciones de un fabricante. Existe la posibilidad de trabajar con pistas más finas y vías más pequeñas.



INFOGRAFÍA 2: EL CIRCUITO IMPRESO (PCB)

Sustrato

Los más económicos y de fabricación casera, son aquellos realizados sobre sustrato de papel impregnado de resina fenólica (Pértinax).

Silkscreen

Grabado de colores (generalmente blanco) sobre la superficie de un impreso, utilizado para identificar los componentes en el futuro ensamblado, indicando nombre y polaridad.

Vías

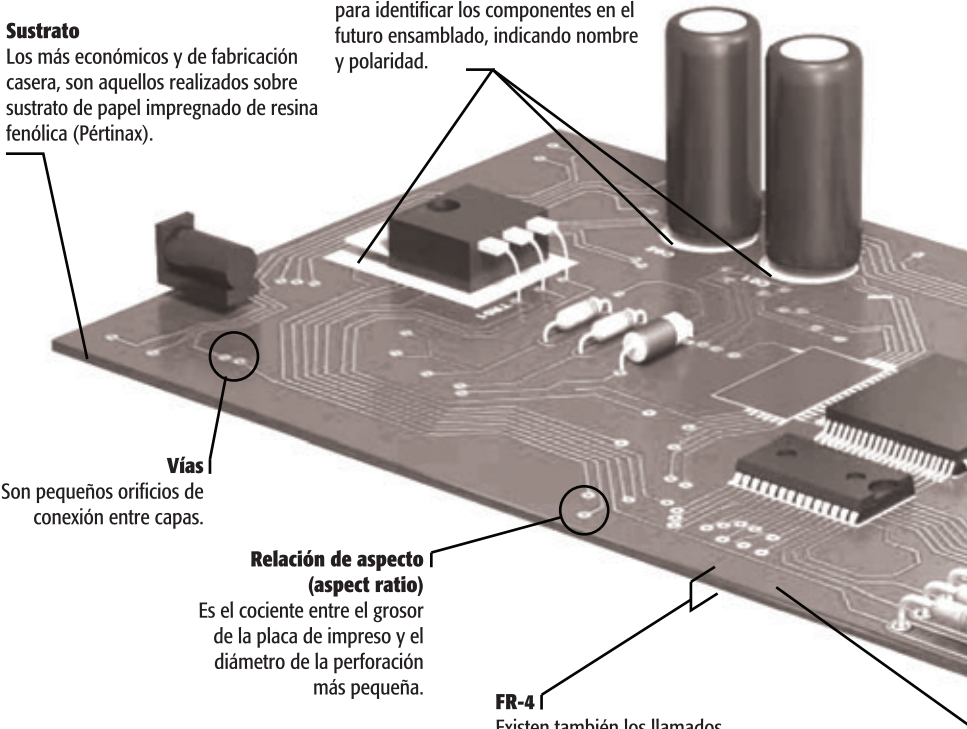
Son pequeños orificios de conexión entre capas.

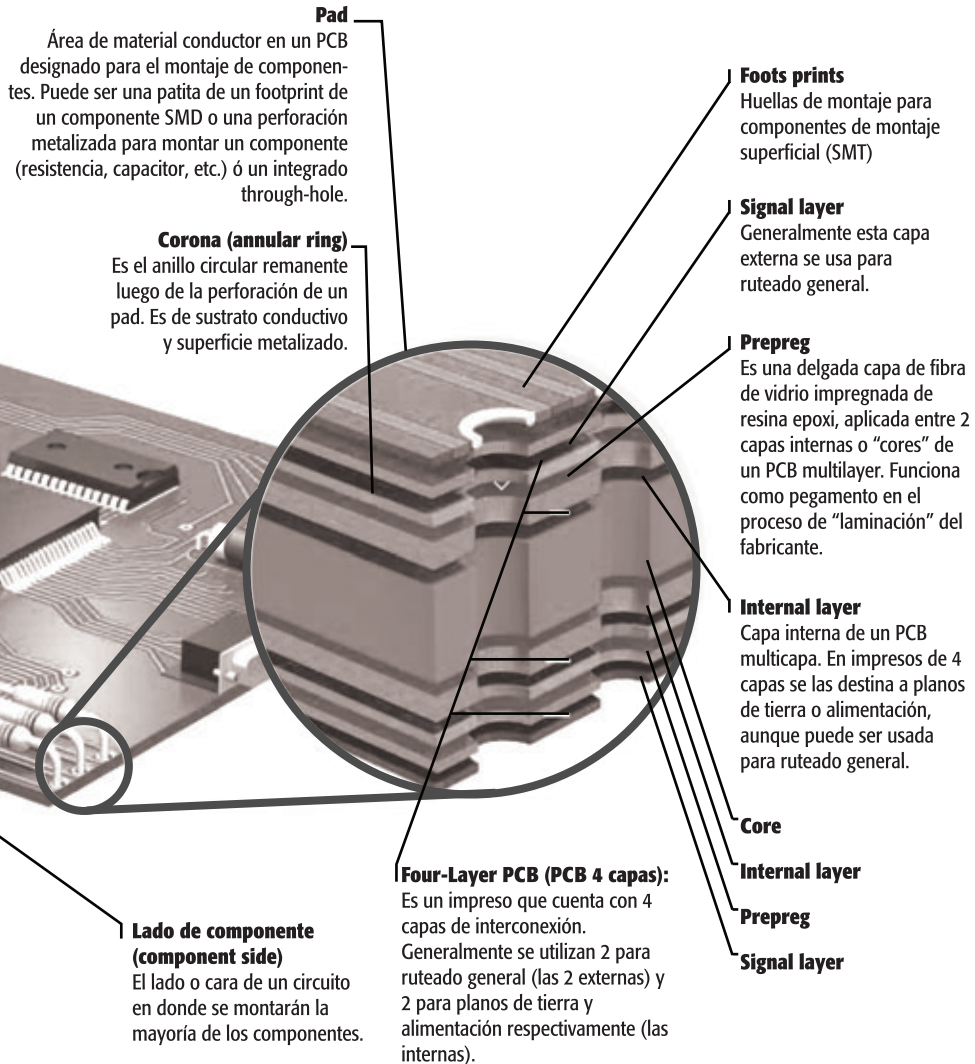
Relación de aspecto (aspect ratio)

Es el cociente entre el grosor de la placa de impreso y el diámetro de la perforación más pequeña.

FR-4

Existen también los llamados impresos "doble capa" -double layer-. Son generalmente de sustrato de fibra de vidrio del tipo FR-4 ("Flame retardant" : retardante de llama de factor 4) .





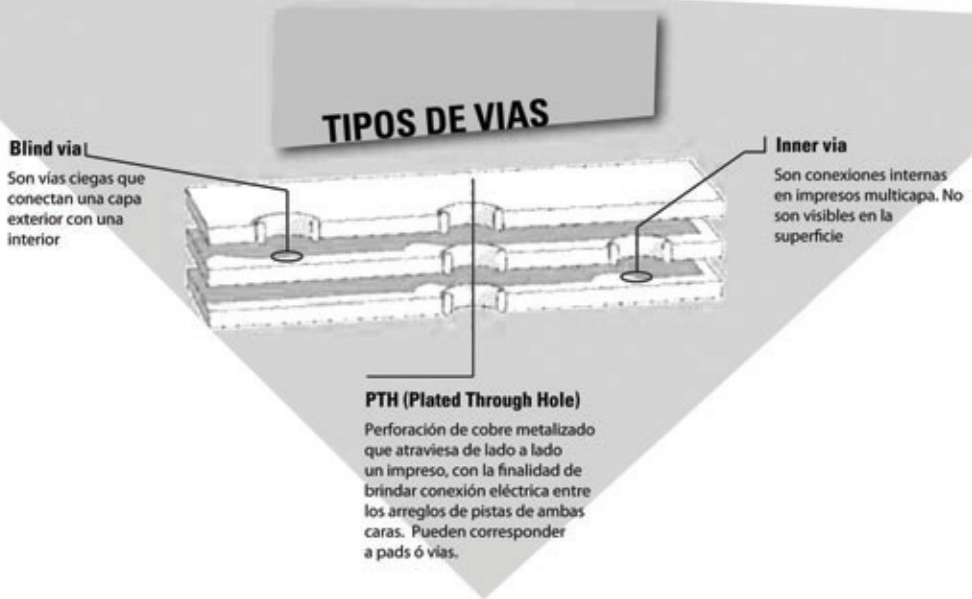


FIGURA 9. El PCB está formado por una capa de cobre montada sobre un sustrato aislante.

Propiedades eléctricas	
Constante dieléctrica (Er)	4.7 1 Mhz
	4.35 500 Mhz
	4.34 1 Ghz
Resistencia eléctrica de la superficie (min)	2×10^5 Mohms
Resistencia volumétrica (min)	2×10^7 Mohms
Ruptura dieléctrica	55 kV
Resistencia al arco	100 segundos

FIGURA 10. En esta tabla podemos analizar sus propiedades eléctricas.

Es importante que diseñemos la distribución y el trazado antes de montar el circuito. Una vez hecho esto, debemos montar los circuitos integrados para que queden perpendiculares a las columnas de conducción. Luego, cortamos la conducción de las tiras de orificios de manera que los pines enfrentados del integrado no se encuentren unidos. Habiendo tomado esta precaución, aprovechamos las tiras de orificios para conectar el resto de los componentes. Al igual que en el protoboard, los puentes de cable también serán útiles.

Es mucho más fácil hacer una réplica del circuito en el stripboard que en el perfboard. La única

Propiedades térmicas		Propiedades físicas	
TG: Temperatura de transición del vidrio	135 °C	Flamabilidad:	UL94-V-0
Coeficiente de expansión térmica		Absorción de humedad	<0.25%
Eje X:	14 ppm /°C Ambient to Tg	Resistencia a la torsión	
Eje X:	13 ppm /°C Ambient to Tg	1) 40000 psi LW	
Eje y:	175 ppm /°C Ambient to 288	2) 50000 psi CW	

FIGURA 11.
El circuito impreso es una placa especialmente diseñada para el montaje de los componentes.

desventaja es que es menos modificable, ya que cortamos algunas columnas de orificios para adecuarlas a nuestro diseño.

UPCB

Es el circuito impreso universal propiamente dicho, lo más parecido a un PCB. Cuenta con el surco central necesario para montar circuitos integrados de encapsulado DIP (*Dual In Package*). También incluye las líneas o buses en los bordes para alimentar el circuito electrónico. Permite una gran variedad de conexiones, ya que también podemos utilizar puentes de cables en él. Es la opción de mejor calidad, pero también la más costosa. Posee una máscara que recubre las áreas que no necesitan de soldadura y que protege contra la oxidación de la placa y los posibles cortocircuitos. Si operamos con cuidado, lograremos una muy prolija presentación del circuito utilizando el UPCB.

MONTAJE DEL CIRCUITO

La construcción del diseño en el circuito impreso universal depende en gran medida del formato elegido. Debemos familiarizarnos profundamente con la forma y la estructura de la configuración de la placa que vamos a utilizar.

Necesitamos disponer de las mismas herramientas que en el caso del protoboard, y sumar el soldador para electrónica (o cautín) y el estaño.

Partiendo de un esquema circuital, será conveniente dibujar primero la distribución de los componentes y su conexión en un papel, para después lanzarnos a la tarea de colocarlos y soldarlos a la placa. Recordemos que al no tratarse de un protoboard, cada vez que decidamos quitar un componente soldado, el cobre de las pistas se verá debilitado, y podrá despegarse de la tarjeta si es que realizamos el desmontaje sucesivas veces. Si al finalizar la construcción del circuito dejamos una parte de la tarjeta sin utilizar, podemos cortarla con un cúter o sierra. De esta forma minimizaremos el tamaño del prototipo y aprovecharemos la placa sobrante para armar otro circuito. Si deseamos producir en serie el diseño probado en el circuito impreso universal, deberemos realizar un PCB específico.

El UPCB posee una máscara que protege a la placa de la oxidación y de los cortocircuitos

Circuito impreso en detalle

Una vez hecho el diseño del circuito impreso, es necesaria la construcción del mismo. Esta es una tarea que requiere ciertos cuidados, ya que una plaqueta mal fabricada puede poner en peligro el funcionamiento de nuestro proyecto.

MÉTODO DE FABRICACIÓN CASERA

Para impresos que no tengan un alto grado de complejidad, podemos optar por la construcción casera. Se parte de una plaqueta virgen, la cual consta de una base aislante llamada sustrato, sobre la cual se encuentra adherida una fina placa de cobre. El objetivo es obtener nuestro circuito sobre dicha placa, eliminando el cobre sobrante. Para lograr esto tenemos que dibujar a mano sobre la capa de cobre el circuito a obtener, utilizando un marcador indeleble. Luego, para eliminar el cobre sobrante se sumerge la plaqueta en una solución de percloruro férrico.

FABRICACIÓN PROFESIONAL

Para plaquetas con alto grado de dificultad o para producción a gran escala, la construcción de circuitos

impresos en forma profesional es la más indicada. De esta manera podemos obtener en forma automatizada circuitos multicapas, los cuales poseen varias capas conductoras. El proceso de fabricación de estos impresos comienza por las capas internas, las cuales poseen láminas de cobre en ambos lados. Se aplica en estas un film fotosensible para que, mediante fotoexposición y posterior revelado, el diseño del circuito impreso quede grabado sobre las láminas de cobre. Posteriormente se elimina el cobre sobrante, es decir, el que no se encuentra grabado, y los restos de film.

Luego, se realiza una inspección óptica automática, en la cual se compara el impreso obtenido con el diseño original para detectar diferencias. Las placas que no pasan el test son descartadas. Pasado el test, se agregan las capas siguientes mediante prensado y se vuelve a repetir el proceso. La interconexión entre los circuitos correspondientes a cada capa del impreso se realiza mediante orificios llamados vías.

La construcción casera solo es viable para impresos simples, sin demasiada complejidad

▶ OTRO MÉTODO DE FABRICACIÓN

Otro método de fabricación es realizar el diseño en una PC e imprimirlo en un papel vegetal con una impresora láser. Ese dibujo se pasará a la plaqueta virgen por medio del planchado del papel impreso sobre la capa de cobre.

CONSTRUCCIÓN DE UN CIRCUITO IMPRESO

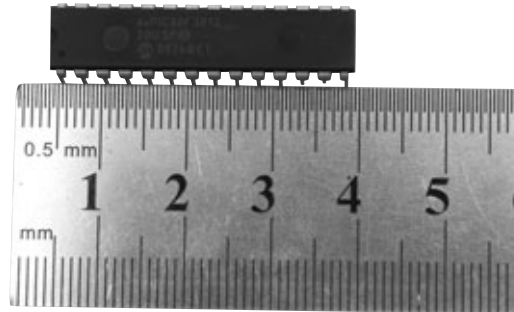
En este apartado aprenderemos paso a paso cómo realizar la construcción de un circuito impreso correspondiente a un **cargador de baterías de Ni-Cd**. Los materiales que necesitamos son: **placa virgen de pertinax o epoxi** (de **10 cm x 10 cm**), **percloruro férrico**, **lana de acero**, **guantes de látex**, **alcohol fino**, **marcador indeleble**, **multímetro**, **alicate**, **agujereadora y mecha de acero rápido** de **1 mm**. Con respecto a los componentes electrónicos, necesitamos: **2 diodos 1N4148**, una resistencia de **10 K Ω** , una resistencia de **56 Ω** , una resistencia de **15 Ω** , un transistor **BD140** y una llave simple. Para soldar los componentes a la placa, necesitaremos un soldador de **30 W** y **estaño** (**Paso a paso 2**).

son de baja potencia, alrededor de **30 W**, para evitar el deterioro de los componentes electrónicos en el proceso de soldado.

El soldador está formado por una resistencia eléctrica en su interior, una **punta de cobre** y un **mango aislante**. Al conectar el cable de alimentación, la resistencia eléctrica se calienta, transmitiendo ese calor a la punta de cobre. Dado que se trata de una herramienta que alcanza temperaturas elevadas, es conveniente el empleo de un soporte adecuado para el mismo. Existen diferentes tipos de soldadores, pero los que se utilizan en electrónica son los llamados "lápiz", nombre que se les da debido a su forma. La potencia estos instrumentos es de alrededor de 30 W.

Soldadura para electrónica

El soldador es una de las herramientas básicas de todo electrónico profesional o hobbista. Con él podremos realizar las uniones entre los componentes electrónicos y las pistas de cobre de los circuitos impresos. Para estos casos, los soldadores empleados



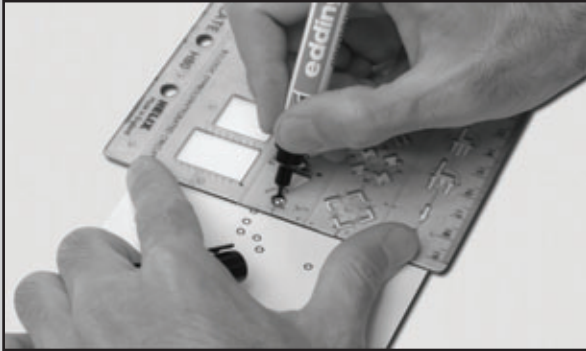
TIPOS DE SOLDADORES

Existen diferentes clases de soldadores. Los más comunes son los de tipo lápiz y pistola. El segundo se calienta por medio de una corriente que pasa por él. Es útil para trabajos esporádicos porque se calienta instantáneamente.

PASO A PASO /2

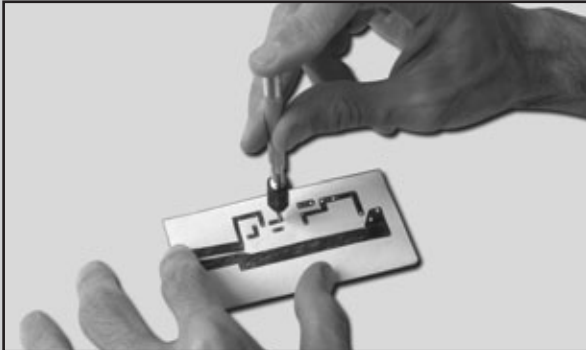
Construcción de circuito impreso

1



Lo primero que debe hacer es diseñar el circuito que quiere desarrollar. Para ello tiene que utilizar un marcador indeleble y una plantilla para diseño electrónico (*electronic template*). Simplemente, debe trazar las líneas que corresponden a las pistas y los orificios, que es donde colocará los componentes.

2



Superponga el diagrama del circuito sobre la plaqueta para realizar las perforaciones donde posteriormente se soldarán los componentes electrónicos. Utilice una perforadora con mecha de **1 mm**. Es una tarea delicada, ya que corre el riesgo de que se levante alguna isla de la plaqueta. Las islas son las áreas de cobre donde van soldados los componentes y donde se debe perforar.

PASO A PASO /2 (cont.)

3



Una vez que tiene los orificios creados, copie el diseño del circuito (PCB) de la figura sobre la capa de cobre. Esto se hace con el marcador indeleble. Recuerde que todo lo que esté cubierto con la tinta del marcador indeleble no será atacado por la solución de percloruro férrico.

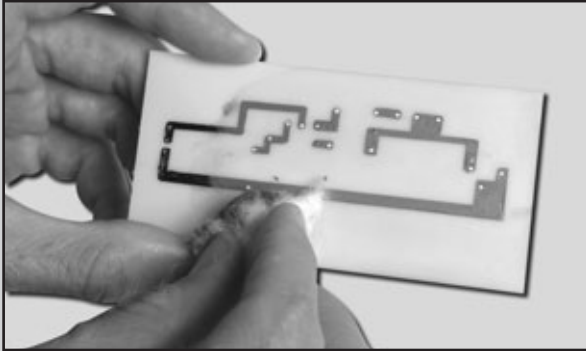
4



Vierta **percloruro férrico** en un recipiente plástico o de vidrio y sumerja la plaqueta en él durante **15 minutos** aproximadamente. Pasado el tiempo, retire la plaqueta y verifique que no queden sectores de cobre más que los correspondientes al circuito.

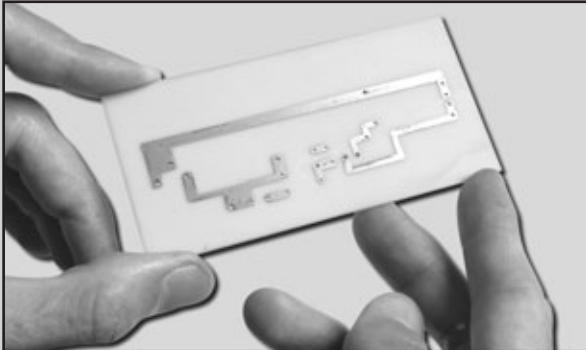
PASO A PASO /2 (cont.)

5

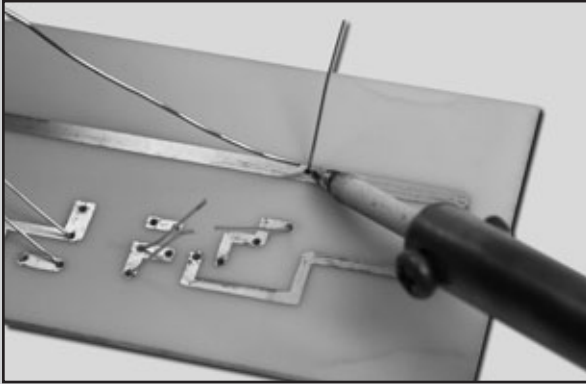


Retire la plaqueta del recipiente y lávela varios minutos con agua. Recuerde que el **percloruro férrico** es un ácido, con lo cual deberá tener mucho cuidado al manipularlo. Seque la plaqueta y retire la tinta del marcador indeleble con una lana de acero. Luego, limpie la superficie con papel tissue humedecido en alcohol fino.

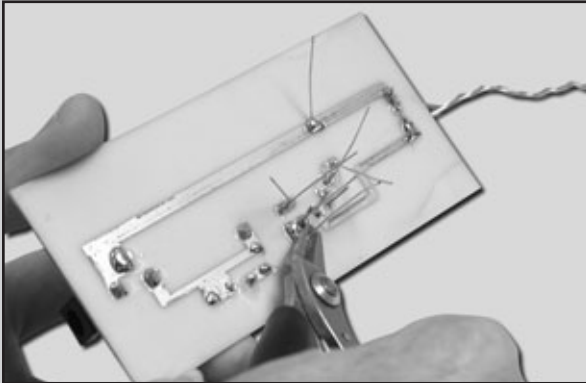
6



Una vez que tiene la plaqueta lista, debe verificar que las pistas hayan quedado correctamente formadas, del mismo modo que las islas. Para una revisión más exhaustiva utilice un multímetro en la función de continuidad o midiendo resistencia. En el caso de que exista un corto entre dos pistas, será necesario eliminar el cobre excedente con un cúter o herramienta similar.

PASO A PASO /2 (cont.)**7**

Con la plaqueta en condiciones, coloque los componentes más pequeños, como las resistencias y los diodos. Luego dé vuelta la plaqueta y aplique la soldadura. Siempre es recomendable que el soldador tenga una buena temperatura para trabajar mejor con la aleación de estaño.

8

Luego, siga con los componentes más grandes, como los capacitores, transistores, integrados y llaves. Esta práctica facilitará el proceso de soldado. Finalmente, debe cortar con el alicate el alambre excedente de los terminales de los componentes.

MATERIAL PARA SOLDAR

El estaño es el elemento que se utiliza para realizar la soldadura. En realidad, no se trata de estaño solamente, sino de una aleación de **60% de estaño y 40% de plomo**. Además de estos dos materiales, posee una resina, la cual permite realizar una buena soldadura, protegiendo a las superficies de la temperatura del soldador. Físicamente es un alambre de textura blanda. Se vende en carretes y existen distintos espesores, como de **0,5 mm, 1 mm**, etc., dependiendo del tamaño del área a soldar.

PROCESO DE SOLDADO

El proceso de soldado consiste en unir, tanto mecánica como electrónicamente, un componente electrónico con la correspondiente pista de cobre, empleando un soldador y estaño.

Una vez que el soldador alcanzó la temperatura de operación, se deberá tener la precaución de que la punta del instrumento esté limpia. Para ello, se puede emplear un cepillo o un trozo de tela de jean. Nunca se deben usar materiales que rayen la punta. Las partes que se vayan a soldar deben estar limpias y libres de impurezas. Una buena práctica es estañar previamente las partes a soldar.

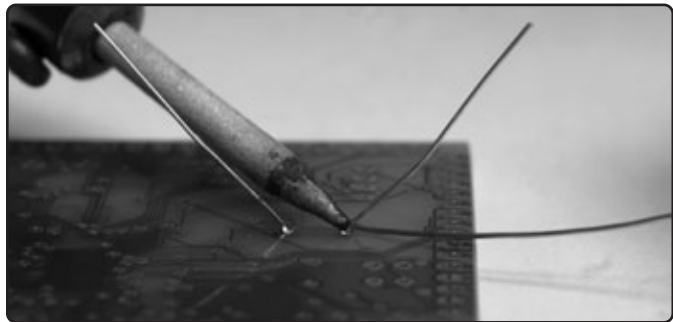
Los soldadores empleados son de baja potencia y manejan cerca de 30 Watts

Ahora sí estamos listos para soldar. Para hacerlo, tomamos con una mano el soldador y, con otra, un trozo de estaño. Calentamos entre 2 y 3 segundos el área a soldar y sin quitar el soldador aplicamos el alambre de estaño en la zona. Rápidamente quitamos el estaño y por último el soldador, con el fin de permitir que se enfríe la soldadura. No debemos forzar el enfriamiento, ya que esto puede derivar en una mala soldadura.

Dependiendo del tamaño del área a soldar, variará la cantidad de estaño a utilizar. Si aplicamos poca cantidad, si bien conducirá la electricidad, la soldadura no va a tener una adecuada resistencia mecánica, con lo cual, puede desoldarse fácilmente. Si aplicamos estaño en exceso, corremos el riesgo de poner en corto las pistas del circuito impreso al desbordarse el estaño. En general, con unos pocos milímetros es suficiente (**Figura 12, 13, 14 y 15**).

FIGURA 12.

Soldar es sencillo, pero requiere de experiencia. Es importante cumplir con las buenas prácticas, como mantener limpia la punta del soldador, aplicar el calor adecuado y usar la correcta cantidad de estaño.



Se debe aplicar el calor justo y necesario, ya que si nos excedemos, es probable que se dañen los componentes o que se levanten las pistas del circuito impreso. Por otro lado, si aplicamos poco calor, se puede realizar una soldadura “fría”, la cual a simple vista es opaca, y tendrá poca resistencia mecánica y baja conductividad eléctrica.

DESOLDADO

Existen varios métodos para desoldar componentes electrónicos. Uno de ellos es mediante el uso de un **desoldador (chupador de estaño)**. Este dispositivo es básicamente una bomba de succión, formada en general por un cilindro de aluminio el cual tiene en su interior un émbolo accionado por un resorte. Posee una punta por la cual se succiona el estaño y un pulsador que libera el resorte que desplaza el

émbolo y produce la succión.

El procedimiento de uso es bastante simple. Primero se prepara el desoldador, accionando el émbolo. Luego se apoya la punta del desoldador sobre el estaño que necesita ser quitado. Seguidamente, se apoya la punta del soldador sobre el área a ser desoldada. (**Figura 16**)

Luego de unos pocos segundos, cuando se funde el estaño, se acciona el pulsador del desoldador, para producir la succión del estaño. Este proceso se deberá repetir si aún quedan restos de estaño.

En este capítulo, aprendimos cómo realizar circuitos impresos y sus características. Además hicimos las primeras conexiones en el protoboard, valiéndonos de las ventajas que aporta trabajar sobre este. También, analizamos todo sobre el proceso de soldado.

SOLDADO DE INTEGRADOS SMD

01. Debemos limpiar bien el footprint con alcohol isopropílico y luego aplicar el flux en gel.

02. Debe preestañarse la superficie de los pads depositando una delgada capa de estaño en la punta del soldador.

03. Se barren las dos hileras en forma de pinceladas. No debemos excedernos en la cantidad de estaño.

04. Luego de limpiar otra vez con alcohol y aplicar flux, se debe colocar el componente SMT sobre el footprint, ejerciendo una ligera presión.

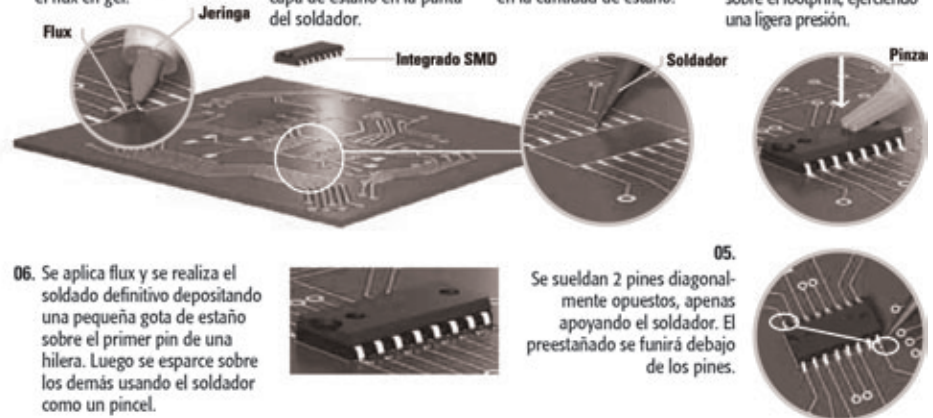


FIGURA 13. En esta infografía, encontramos las diferentes técnicas de soldado.

SOLDADO DE COMPONENTES THROUGH HOLE

01. Se inserta el componente sobre la cara. Se flexionan los alambres del componente, para que no se caiga de la placa al soldarlo.

02. Se debe precalentar el PAD y la base del alambre donde se llevará a cabo la soldadura.

03. Soldado: el estaño debe apoyarse sobre el PAD y la cara opuesta a la punta del soldador.

04. Se debe rodear el PAD con el soldador, para que el estaño derretido se adhiera al alambre.



FIGURA 14. En estos pasos, analizamos cómo realizar el soldado de componentes through hole.

SOLDADO DE COMPONENTES SMD

01. Se calienta el footprint SMD donde se soldará el componente. Una delgada película de estaño quedará adherida sobre él.

02. Estañamos apenas la punta del soldador, y depositamos una pequeñísima cantidad de estaño sobre uno de los contactos del componente.

03. Apoyamos el componente sobre el footprint y lo presionamos levemente con la pinza. Aplicamos el soldador sobre el contacto para que el componente quede unido.

04. Pasamos el contacto opuesto, y luego lo soldamos con una pequeña cantidad de estaño, retirando siempre hacia arriba el soldador.

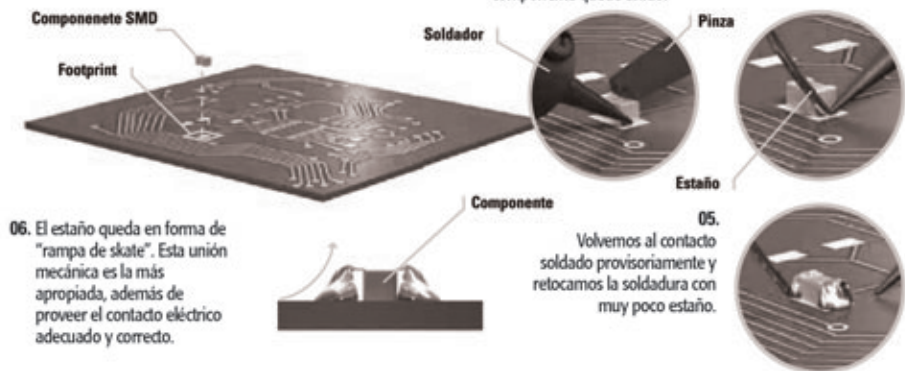
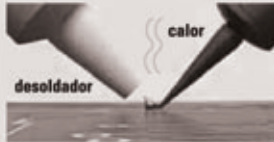


FIGURA 15. Al seguir este procedimiento, aprenderemos a soldar componentes SMD.

TÉCNICAS DE DESOLDADO DE DISTINTOS TIPOS DE COMPONENTES

DESOLDADO DE COMPONENTES E INTEGRADOS THROUGH - HOLE

Es necesario, antes que nada, calentar bien el punto por soldar; fundir el estaño y succionarlo con el desoldador. A veces hay que derretir una pequeña cantidad de estaño sobre el soldador anterior.



Deberemos retirar velozmente la punta del soldador y succionar el estaño. El estaño succionado restante se irá liberando por el pico cada vez que se accione la corredera del soldador. El PAD queda finalmente abierto y sin dañarse por sobretemperatura.



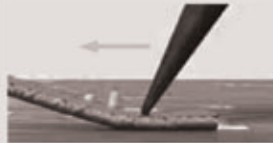
En general se procede de la misma manera pin por pin. Lo mejor es calentar toda la hilera de pines y usar una pinza de fuerza para extraer el componente en cuestión.

DESOLDADO DE COMPONENTES SMD

Con la punta del soldador preestañada o aplicando una pequeñísima cantidad de estaño sobre las soldaduras, derretimos cada unión una vez, hasta asegurarnos de que el estaño fluya de manera correcta.



Mientras lo hacemos, ejercemos presión sobre los costados para mover el componente. Podemos sujetar el componente con la pinza fina por su cuerpo, pero quizás dificulte la maniobra dependiendo del circuito. Lo más fácil es trabajar simplemente con el soldador.



Hay que calentar ambas uniones, derretiendo una y pasando rápidamente a la otra. Luego de quitar el componente, conviene limpiarlo con cinta de desoldar.

DESOLDADO DE INTEGRADOS SMD

Aplicamos flux sobre las hileras soldadas de pines. Puede depositarse un poco de estaño para ayudar a derretir el estaño sólido cuando se aplique el soldador.



El impreso debe estar bien afirmado para poder hacer fuerza con una pinza de sujeción. Se debe intentar calentar toda la hilera al mismo tiempo, utilizando la mayor área posible del soldador. A medida que afloja el estaño, levantar primero una hilera y luego, la otra.



Para finalizar el proceso, luego de quitar el integrado conviene limpiar el footprint con cinta de desoldar (solder wick) para eliminar así, excesos de estaño en la superficie.

FIGURA 16. Vemos de qué manera realizar el soldado de integrados SMD.



HISTORIA DEL PROCESO DEL SOLDADO

El primer proceso de soldadura fue la **soldadura de fragua**, que predominó hasta el siglo XIX. Se desarrollaron luego la **soldadura por arco** y la **soldadura a gas**, seguidas por la **soldadura por resistencia**. A principios del siglo XX, las técnicas de soldado se multiplicaron.

Multiple choice

► **1** ¿Cuáles de las siguientes vías son conexiones internas en impresos multicapa?

- a- Blind vía.
 - b- Inner via.
 - c- Foot via.
 - d- Core via.
-

► **2** ¿Cuáles de las siguientes son vías ciegas que conectan una capa exterior con una interior?

- a- Blind vía.
 - b- Inner via.
 - c- Foot via.
 - d- Core via.
-

► **3** ¿Cómo se llama el área de material conductor en un PCB designado para el montaje de componentes?

- a- Internal layer.
 - b- Four Layer PCB.
 - c- Corona.
 - d- Pad.
-

► **4** ¿Cómo se llama la capa interna de un PCB multicapa?

- a- Internal layer.
 - b- Four Layer PCB.
 - c- Corona.
 - d- Pad.
-

► **5** ¿De qué manera se denomina el impreso que cuenta con cuatro capas de interconexión?

- a- Internal layer.
 - b- Four Layer PCB.
 - c- Corona.
 - d- Pad.
-

► **6** ¿Cómo se denomina el anillo circular remanente luego de la perforación de un pad?

- a- Internal layer.
 - b- Four Layer PCB.
 - c- Corona.
 - d- Core.
-

Respuestas: 1 b, 2 a, 3 d, 4 a, 5 b, 6 c.

Capítulo 3

Instrumentos de medición



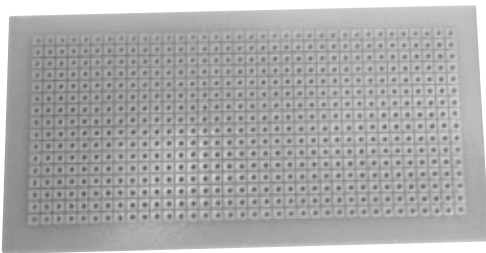
En este tercer capítulo, explicaremos cuáles son las medidas que podemos realizar sobre un circuito.

Instrumentos de medición

En esta capítulo explicaremos cuáles son las medidas que podemos realizar sobre un circuito, cuál es la manera apropiada de hacerlo y qué instrumentos necesitamos.

Tomar una medida es comparar dos cantidades de una determinada magnitud física. Para esto, podemos contar con instrumentos digitales o analógicos. Los primeros —por definición de la norma **IEC 485** (*International Electrotechnic Commission*)— son aquellos donde la indicación aparece en forma numérica.

Los segundos —por definición de la norma **IEC 51**— son aquellos en los cuales la indicación resulta de relacionar la posición de un índice respecto de una escala graduada. Lo que diferencia a un instrumento analógico de uno digital son los procesos que se realizan en la adquisición de la señal a medir. Para el caso de estos últimos, los procedimientos involucran técnicas de conversión analógico-digital de la señal de entrada. Los analógicos, en cambio, proporcionan una salida de naturaleza continua, ante una entrada del mismo tipo.



Instrumentos analógicos

En este apartado, conoceremos las nociones elementales inherentes a los instrumentos analógicos. Analizaremos sus parámetros y especificaciones más relevantes. La presencia de una escala graduada y de un índice o aguja para la indicación de resultados son datos más que suficientes para reconocer, en forma inmediata, un instrumento analógico. El corazón de todo instrumento de medición analógico en continua es el elemento de imán permanente y bobina móvil, también conocido como **D'Arsonval**.

Los analógicos son instrumentos en los que se establece un campo magnético en el espacio existente (entrehierro) entre la bobina móvil y el imán permanente (**Figura 1**). La bobina móvil es solidaria con el índice (aguja de indicación) que se desplaza sobre la escala graduada. Dicho campo magnético tiene dirección radial y uniforme. Esto conlleva a una relación matemática entre la **cupla** (par de fuerzas que genera el movimiento del índice) y la **señal** que se detecta.

ALCANCE DE TENSIÓN DEL INSTRUMENTO ANALÓGICO

Describiremos a continuación cómo se utiliza en los voltímetros analógicos, el instrumento de D'Arsonval como núcleo. Si llamamos **I_m** a la intensidad de corriente máxima que circula por la bobina del galvanómetro, y **R_g** a la resistencia eléctrica que presenta dicha bobina, al aplicar la ley de Ohm, podemos determinar el alcance de tensión **U_m** del instrumento básico. Se denomina alcance de un instrumento al máximo valor de medida —valor de fondo de escala—

que puede indicar bajo una determinada configuración. Ahora bien, ¿qué pasaría si necesitáramos realizar medidas de tensiones mayores a las que permite el instrumento básico de D'Arsonval?

Para resolver esto, es necesario intercalar otra resistencia **Rs** (denominada resistencia multiplicadora) en serie con la bobina. También tendremos que aplicar una tensión **Us** mayor, para establecer una corriente **Im** que produzca la misma deflexión del índice. De este modo, hemos cambiado el alcance de tensión del instrumento de **Um** a **Us**.

Todo voltímetro analógico de continua incorpora el instrumento de D'Arsonval como núcleo

CIFRA EN OHM/VOLT

Quando se habla de **cifra en Ohm/Volt**, se hace referencia a la indicación de la sensibilidad del instrumento. Recordemos que **Im** es la intensidad de



FIGURA 1.
Observamos un multímetro analógico. En su frente se destacan los valores de medición y el switch para alterna y continua.



INSTRUMENTO DE D'ARSONVAL

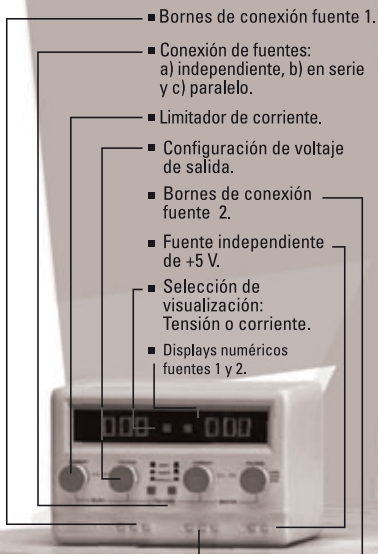
Es un miliamperímetro cuya indicación es sensible al valor medio de la corriente que circula por su bobina. Al ejercer una cupla antagónica de igual magnitud a la de la excitación, se consigue detener el índice sobre la escala graduada.



INFOGRAFÍA 3: INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Fuente variable regulada

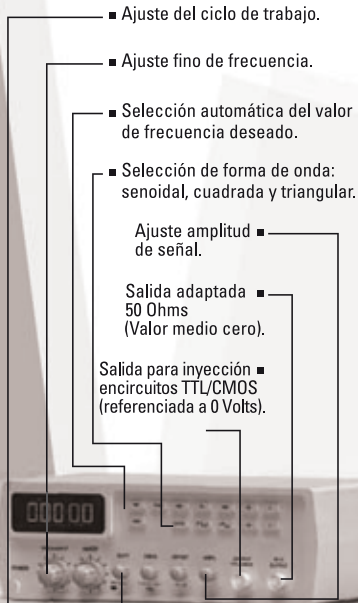
Instrumento que se utiliza para la prueba y excitación de circuitos de continua. En general estos instrumentos, nos brindan tensiones de trabajo de +5 V, +-12 V y una fuente continua de 0 a 25 V con salidas desde 5 hasta 10 A. Poseen sistemas de limitación de corriente. Si aumenta la corriente hasta el límite configurado, la fuente cortará automáticamente.



- Bornes de conexión fuente 1.
- Conexión de fuentes:
a) independiente, b) en serie y c) paralelo.
- Limitador de corriente.
- Configuración de voltaje de salida.
- Bornes de conexión fuente 2.
- Fuente independiente de +5 V.
- Selección de visualización: Tensión o corriente.
- Displays numéricos fuentes 1 y 2.

Generador de señales

Fuente de señales de distintas formas de onda, amplitud, frecuencia y ciclo de trabajo. Nos permite excitar circuitos de prueba de manera sencilla, sin la necesidad de construir un circuito oscilador.



- Ajuste del ciclo de trabajo.
- Ajuste fino de frecuencia.
- Selección automática del valor de frecuencia deseado.
- Selección de forma de onda: senooidal, cuadrada y triangular.
- Ajuste amplitud de señal.
- Salida adaptada 50 Ohms (Valor medio cero).
- Salida para inyección en circuitos TTL/CMOS (referenciada a 0 Volts).



Tester digital o multímetro

Permite realizar las medidas más habituales, en alterna y en continua, con muy buena exactitud. Es posible medir diferencias de tensión, intensidad de corriente, resistencia y comprobar continuidad eléctrica. Incorpora funciones de prueba de diodos, capacitores y medición de ganancia hfe de transistores bipolares.

- Conector para mediciones como amperímetro hasta 200 mA (con fusible).
- Conector para mediciones como amperímetro hasta 10 A. (SIN fusible).
- Amperímetro de alterna: 20 mA a 10 A de corriente eficaz.
- Amperímetro de continua: Alcances de 2 mA a 10 A.
- Sección comprobación de continuidad, prueba de diodos y óhmetro (200 Ohm-200 MOhm)
- Voltímetro de alterna. Alcance: ■ 700 V eficaces
- Voltímetro de continua: ■ alcances de 200 mV a 1000 V

Display de indicación numerica.

Conector V/Ohm/f para medición de tensión.
Conector de tierra COM

Tester digital o multímetro

Permite realizar las medidas más habituales, en alterna y en continua, con muy buena exactitud. Es posible medir diferencias de tensión, intensidad de corriente, resistencia y comprobar continuidad eléctrica. Incorpora funciones de prueba de diodos, capacitores y medición de ganancia hfe de transistores bipolares.

- Canal 1.
- Pantalla digital de visualización.
- Canal 2.

Conector para fuente de disparo externa. ■
Sección Horizontal: Selección de la base de tiempos (Time/Div). Posicionamiento origen de traza.

Sección de Trigger: Selección de tipo y nivel de disparo

Sección Vertical: Configuración de Volts/división para ambos canales. Posición del cero.

Selección de cursores y funciones varias



corriente máxima admisible por el instrumento de **D'Arsonval**. Para el voltímetro se cumple la siguiente ecuación: $I_m = U_m / R_g = U_s / R_i = cte$, donde **Ri** es la resistencia interna del voltímetro para un determinado alcance.

Llamaremos resistencia interna de un voltímetro a la suma de las resistencias **Rs** (multiplicadora) y **Rg** (del devanado de la bobina): $R_i = R_s + R_g$.

Al cociente **Ri / Us** se lo denomina **cifra en Ohm/Volt** y es una indicación de la sensibilidad del instrumento. A mayor cifra en Ohm/Volt, estaremos en presencia de un instrumento de mayor calidad.

AMPERÍMETRO ANALÓGICO

Un razonamiento similar al anterior se emplea para utilizar el instrumento de D'Arsonval como **amperímetro** de distintos alcances. En estos casos, se hace uso de una resistencia derivadora **Rshunt** (denominada resistencia de Shunt) en paralelo con el instrumento básico, conformando un divisor de corriente. Ante la excitación de una corriente **Is**, la resistencia derivadora Rshunt se elige de manera que, a través de la bobina de resistencia **Rg**, circule **Im**, por la simple aplicación de la **Ley de Ohm**.

Otro índice o parámetro de fabricación característico de los instrumentos analógicos es el denominado **índice de clase C**

ÍNDICE DE CLASE DE UN INSTRUMENTO ANALÓGICO

Otro índice o parámetro de fabricación característico de los instrumentos analógicos es el denominado **índice de clase C**, el cual nos permite calcular el error intrínseco del instrumento. Se define así al error que se comete sistemáticamente por la utilización del instrumento en la obtención de una medida. Es propio del instrumento. Dado el índice de **clase C**, el error intrínseco (**Ei**) del instrumento se obtiene al despejar la siguiente ecuación: **Ei = C x (Valor de fondo de escala)** (Figura 2).



FIGURA 2. Los instrumentos analógicos son precisos, pero debemos saber que siempre hay un margen de error en la medición.

EL MULTÍMETRO DIGITAL

Se denomina multímetro a aquel instrumento que nos permite configurarlo como **voltímetro**, **amperímetro** y **óhmetro** (instrumento de medición de valores de resistencia). Las versiones digitales incorporan funciones de **capacímetro**, **frecuencímetro** (hasta 20 KHz), de medición de **hfe** (ganancia), de transistores y de termocuplas, para medir temperaturas sobre superficies. A estas funciones extra se les suman las utilidades de comprobación de **continuidad eléctrica** y **prueba de diodos**.

Podemos destacar también que con multímetros digitales es posible realizar medidas, no solo de

voltajes y de **corrientes continuas**, sino también de **señales alternas** que se ajusten a los alcances del instrumento (**Figura 3**). Algunos multímetros más completos incorporan la función “**autorango**”, es decir, el instrumento selecciona automáticamente el rango, sin necesidad de intervención de la persona.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Un multímetro digital está formado por distintos bloques funcionales que conforman las etapas de tratamiento de la señal a medir. La primera etapa está compuesta por un amplificador atenuador construido a partir de amplificadores operacionales.

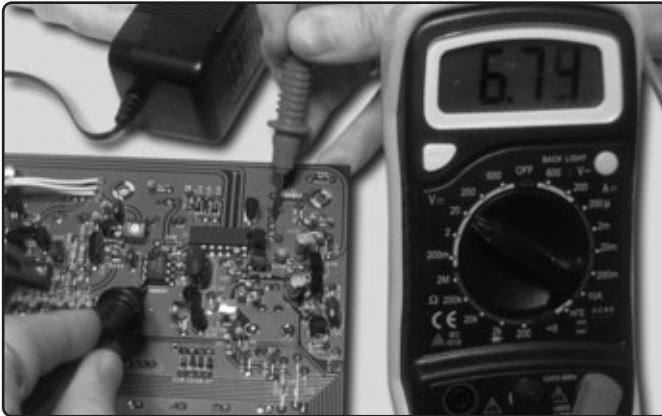


FIGURA 3.

Un multímetro digital nos permitirá realizar la mayoría de las mediciones necesarias en la práctica: medidas de tensión AC y DC, corriente AC y DC, capacidad, resistencia y comprobación de continuidad.



CONSEJO PARA INSTRUMENTOS ANALÓGICOS

Siempre conviene medir lo más próximo posible al fondo de escala, para que el error relativo tenga menor peso. El error relativo mínimo que podemos obtener es el que se comete cuando se mide a fondo de escala.

El bloque atenuador, además de actuar como selector de rango, proporciona una elevada resistencia de entrada, para minimizar el error de inserción en las medidas de voltaje (**Figura 4**).

El bloque siguiente corresponde a un acondicionador de señal, que adapta la salida del amplificador atenuador al rango de trabajo del conversor A/D (generalmente, de **12 bits** y del tipo doble-rampa). Para mediciones de alterna, se deriva la entrada a circuitos rectificadores que convierten la señal a un valor de continua. Lo que resta, simplemente, es la etapa de procesamiento de la salida digital del conversor A/D, que permite la visualización del resultado en el display numérico (**Figura 5**).

USO DEL MULTÍMETRO DIGITAL

Aprenderemos a realizar dos mediciones sobre un circuito: la medida de diferencia de tensión entre dos puntos y la intensidad de corriente por una rama.



FIGURA 4.
Observamos la rueda de selección de un multímetro digital con los alcances y tipos de medición que se pueden realizar.

El multímetro es el instrumento que permite realizar la mayoría de las mediciones de un circuito

Antes de empezar, realizaremos unas comprobaciones de rutina. Primero, nos aseguraremos de que el **tester** tenga buena carga de batería. Algunos testers muestran el nivel de batería en el display. Pero también podemos darnos cuenta de que la batería está baja, porque el pitido que genera el instrumento —cuando medimos continuidad— es débil.

Verificaremos, también, que el **fusible** de protección del multímetro no se encuentre cortado. Generalmente, el fusible queda expuesto cuando retiramos la tapa trasera del tester. Además, controlaremos que las puntas y los cables de las puntas estén en buenas condiciones. Por último, al realizar las medidas, tomaremos la precaución de no tocar con nuestros dedos las partes metálicas de las puntas de medición; Las tomaremos siempre por su mango plástico, para no afectar las medidas y también por seguridad. De todas maneras, en este caso, los valores de tensión y corriente manejados son completamente

Cómo funciona un multímetro digital

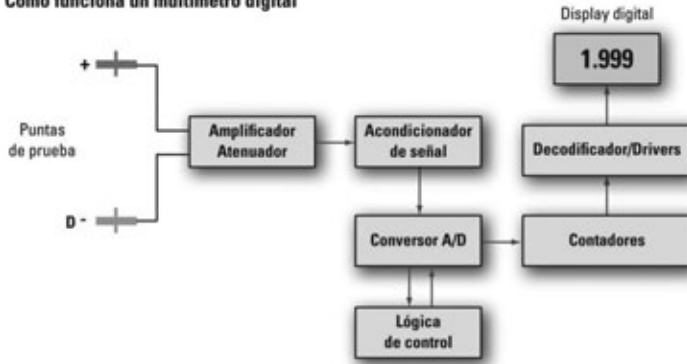


FIGURA 5. Este es el esquema constructivo interno de un multímetro digital. Se observan todas las etapas involucradas hasta la visualización de la medida en el display numérico.

inocuos. El circuito en cuestión se puede armar sencillamente con una **batería** de **9 V** y dos **resistencias comerciales** de **3,3 KOhm**.

Para medir una diferencia de tensión, ubicamos en el circuito los bornes de la **resistencia R2**. Debemos

asegurarnos, previo a la medición, de que el alcance seleccionado sea el adecuado, para no dañar al tester y poder registrar la medida. La tensión a medir será aproximadamente de **4,5 V**. Luego, el alcance que se deberá seleccionar con la rueda será el de **20 V** para la "sección de continua".



Para medir una diferencia de **tensión positiva**, debemos ubicar la **punta roja** del tester digital sobre el borne superior de la resistencia **R2**. Debido al sentido de la circulación de corriente, este borne será el de valor tensión positivo. La masa o retorno del multímetro (**COM**) se ubicará sobre el otro borne, que corresponde a la tierra del circuito, es decir, nos "colgamos" en paralelo de la resistencia **R2** (**Figura 6**).

El tester configurado como voltímetro en su condición ideal actúa como un circuito abierto. Presenta, de este modo, una impedancia infinita cuando se conectan las puntas en paralelo con los bornes a medir. Esto no es así en la realidad. La resistencia interna (R_i) del tester tiene un valor definido que derivará corriente para sí, disminuirá la caída sobre R_2 y afectará, así, la medida.

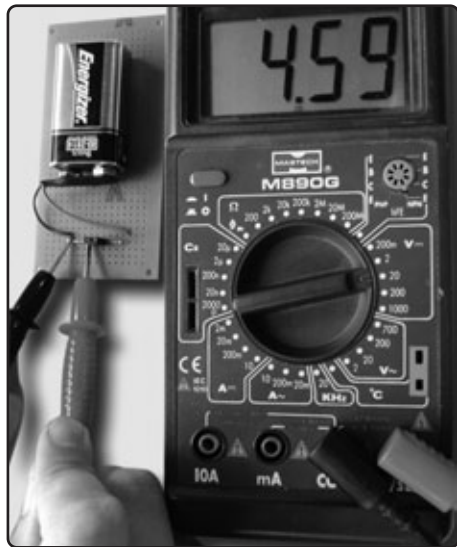
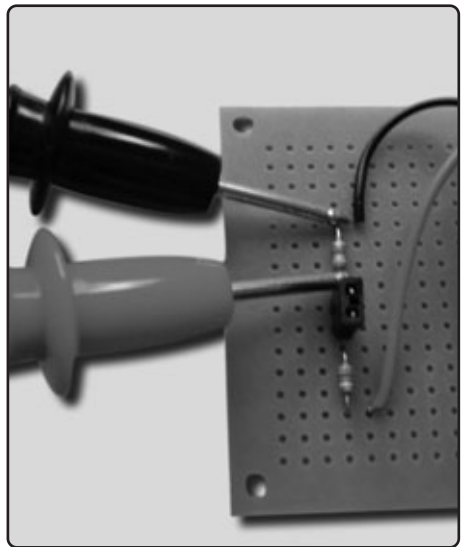


FIGURA 6. Al colocar las puntas al revés, la medida arrojará un valor negativo en el multímetro.

A esto se lo llama error de inserción. Por suerte, se los puede calcular en forma exacta. Para nuestro caso, hacemos las cuentas como se ve en la **Figura 7**.

Para realizar una medición de corriente, ahora configuraremos el multímetro como amperímetro. La primera diferencia con respecto a la medición de voltaje es que el tester deberá colocarse en serie con la corriente a medir. Así, nos vemos obligados a abrir el circuito para intercalar el multímetro. La corriente por medir será de **1,36 mA**.

Luego, el alcance a seleccionar será el de **2 mA** para la sección de corriente continua. Para efectuar la medición, debemos cambiar la posición del cable de **punta rojo (vivo)**. Ahora, se ubicará en la entrada (**mA**) del tester, protegida por el fusible de **200 mA**.



Algunos testers muestran el nivel de batería en el display

Las puntas del tester deben colocarse de manera tal que la roja se conecte con la entrada de corriente a medir, y la negra, con el punto de salida. Registraremos así un valor positivo de corriente. Si invirtiéramos las puntas, el signo de la indicación en el display cambiaría. El amperímetro ideal es visto como un cortocircuito (**resistencia cero**) por el circuito. Pero la resistencia interna del amperímetro, aunque muy pequeña, se suma a la equivalente del circuito, y se opone también al paso de la corriente. Por lo tanto, la corriente medida tiene un valor menor al real. El cálculo de dicho error de inserción se ve en la **Figura 8**.

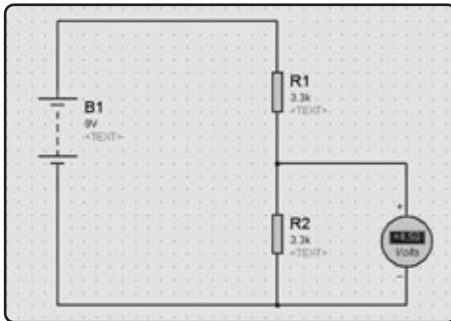


FIGURA 7.

Rinterna voltmetro = 1 Mohm

Vverdadero = $9\text{ V} \cdot \left[\frac{3.3\text{ k} + 3.3\text{ k}}{3.3\text{ k}} \right] = 4.5\text{ V}$

Vmedida = $9\text{ V} / (R1 + R2 // Ri) \cdot (R2 // Ri) = 9\text{ V} / (3.3\text{ k} + 3.289\text{ k}) \cdot (3.289\text{ k}) = 4.4925$

%error = $(\text{Verdadero} - \text{Vmedida}) / \text{Verdadero} = 0.75\%$ Menor al 1%.!!!

Cargador de baterías Ni-Cd

En este apartado realizaremos la comprobación de continuidad, y la medición de parámetros de componentes, voltajes y corrientes en funcionamiento normal. Haremos las mediciones pertinentes para la comprobación del funcionamiento del circuito cargador de baterías de Ni-Cd. Para tal tarea, utilizaremos un multímetro digital típico, de **3 ½ dígitos**. Todas las mediciones que llevaremos a cabo serán de continua, ya que el circuito no posee tensiones ni corrientes de alterna, salvo en el circuito de fuente, que no analizaremos aquí.

Primero, haremos ciertas comprobaciones sin alimentación, relacionadas con la seguridad eléctrica,

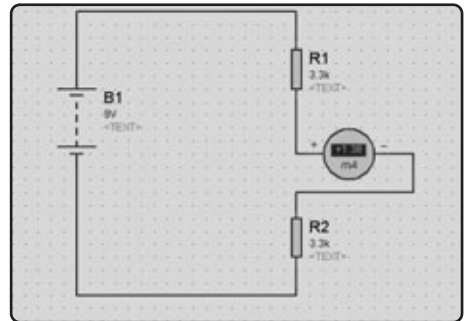


FIGURA 8.

Rinterna amperímetro = 100 Ohm (ejemplo)

Iverdadera = $9\text{ V} \cdot \left[\frac{3.3\text{ k} + 3.3\text{ k}}{3.3\text{ k}} \right] = 1.3636\text{ A}$

Imedida = $9\text{ V} / (R1 + R2 + Ri) = 9\text{ V} / (3.3\text{ k} + 3.3\text{ k} + 100\text{ Ohm}) = 1.3433$

%error = $(\text{Iverdadera} - \text{Imedida}) / \text{Iverdadera} = 1.49\%$

conexión y buen funcionamiento de los componentes del circuito. Las otras mediciones se harán con el circuito cargador alimentado a **12 V de continua** (Figura 9).

COMPROBACIONES DE CONTINUIDAD

Realizaremos una comprobación de rutina, para la cual se empleará el multímetro en el modo **detección de continuidad**. En este modo, no importa la posición de las puntas. Mientras haya conexión, la alarma sonora se activará indicando que existe continuidad eléctrica. La punta de medición roja debe conectarse al borne **V/Ohm** del multímetro y, la negra, a la tierra (**COM**). La comprobación consiste en asegurarnos de que haya continuidad eléctrica en los bornes que deben estar conectados a la masa del circuito.

Tomando como referencia la **Figura 9**, hacemos base en **C** (GND a la entrada del circuito) con cualquier

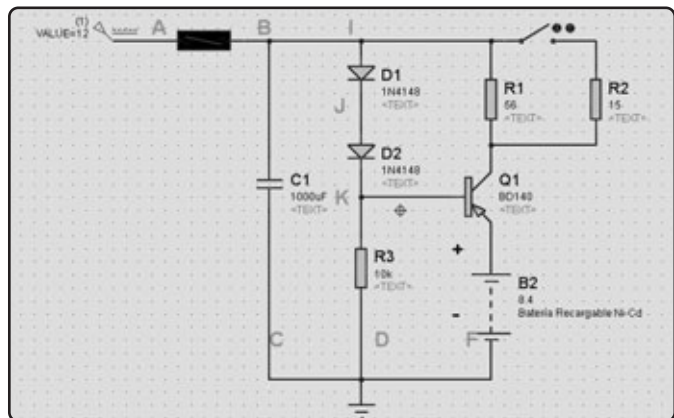
No importa el orden con que se conecten las puntas sobre el circuito para medir continuidad

punta, y recorreremos los puntos **D** (borne a masa de la resistencia de 10k) y **F** (borne negativo de la batería sobre el circuito). La alarma sonora indicará la existencia de continuidad eléctrica.

PARÁMETROS DE COMPONENTES

Ahora, vamos a medir ciertos parámetros de los componentes utilizados, que nos indicarán si se encuentran en buen estado. Salvo la medición del **hfe** (ganancia) del transistor **PNP**, las otras dos se pueden realizar con el circuito ensamblado. Las mediciones son las siguientes:

FIGURA 9.
Observamos el diseño del circuito donde se marcan los puntos de referencia para las mediciones.

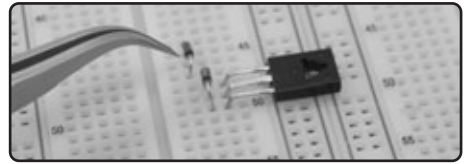


- Medición del umbral de los diodos (I y J de la **Figura 9**, en la página anterior).
- Medición de las resistencias de selección de velocidad de carga.
- Medición del h_{fe} (ganancia) del transistor PNP.

La utilidad de comprobación de diodos se encuentra casi siempre en la misma posición de la rueda que la detección de continuidad. Al posicionar la punta roja **V/Ohm** sobre el ánodo del diodo (**I**) y la punta **COM** sobre el cátodo (**J**), observaremos, en pantalla del multímetro, un valor en **mVolts**, que indicará la tensión umbral del diodo (**cercano a los 600 mV**).

Si invertimos las puntas de medición, el tester deberá indicar infinito, mostrando el número 1 en el bit más significativo. Esto es así ya que, ahora, la corriente que inyecta el tester para realizar la medición se encuentra con el diodo en inversa. Luego, el multímetro ve un circuito abierto y la medición no se efectúa por no poder establecerse la corriente.

A continuación, pasaremos a medir las resistencias de conmutación, cuyos valores se encuentran calcula-



dos para el establecimiento de dos intensidades de corriente fijas: **15 mA** y **45 mA**. Para llevar a cabo estas mediciones, emplearemos el multímetro digital como **óhmetro**. Siempre con la punta roja en el borne **V/Ohm** y la negra en la tierra común **COM**, medimos a ambos extremos de las resistencias del circuito. Es suficiente la selección del alcance más bajo de **200 Ohm**. La medición del h_{fe} del transistor bipolar es muy sencilla de realizar, aunque no todos los multímetros incorporan esa funcionalidad.

Una vez insertado el componente en el zócalo, se visualiza en pantalla la ganancia del transistor. El **BD140** es un transistor bipolar PNP, por lo que debe insertarse en el zócalo correspondiente. Esta es una función que mide el parámetro **h_{fe}** de transistores bipolares. No debe usarse para hacer medidas de transistores del tipo **FET**, ya que puede dañarse (**Figura 10**).

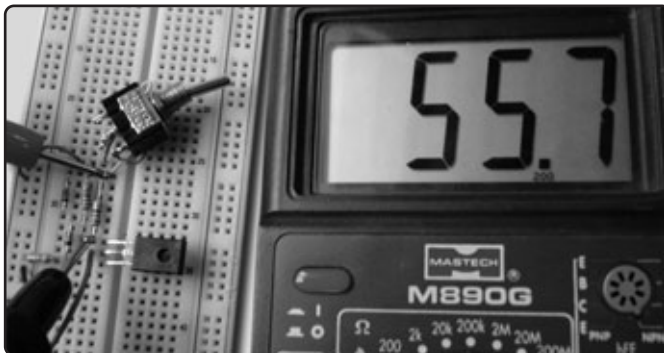


FIGURA 10.
Con el circuito sin alimentar, es posible utilizar el multímetro como óhmetro y estimar el valor de las resistencias.

Mediciones con el circuito alimentado

Hasta el momento, aprendimos a tomar medidas. Ahora, realizaremos algunas mediciones elementales pero, en esta ocasión, lo haremos con el circuito alimentado con 12 V.

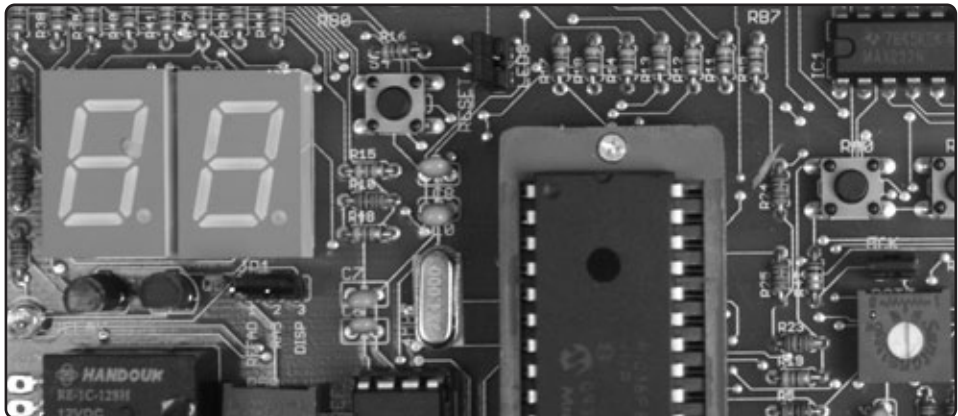
Realizaremos una medición de voltaje sobre los diodos **D1** y **D2**. Una vez que se han realizado todas las mediciones anteriores, podemos proseguir a alimentar el circuito con los **12 V de continua**. Mediremos, ahora, la caída de tensión de “on” de ambos diodos en conducción. Estos diodos tienen como función polarizar, en forma permanente, la juntura **Emisor-Base** del transistor **PNP**.

Como todos sabemos, establecida **IB**, **IC** queda únicamente determinada a través de la ganancia **hfe**

del transistor de **unión bipolar**: $IC = hfe \times IB$. Vamos a verificar, mediante dos rápidas medidas, que efectivamente encontremos 1,2 V sobre los diodos, polarizando la juntura del PNP. También veremos qué valor de tensión encontramos sobre la **juntura E-B**.

Como primer paso, seleccionaremos el alcance de **2 V** del instrumento, corriendo la rueda de selección hacia la posición indicada. Luego, colocaremos la punta roja sobre el **ánodo (I)** del diodo 1. Efectuaremos la medida, posicionando ahora la **punta COM** sobre el **cátodo (K)** correspondiente al diodo 2. Como era previsto, la medida arrojará un valor de tensión fijo cercano a los **+1,2 V**.

Para medir la corriente, ponemos el cable rojo en el borne (mA) del tester



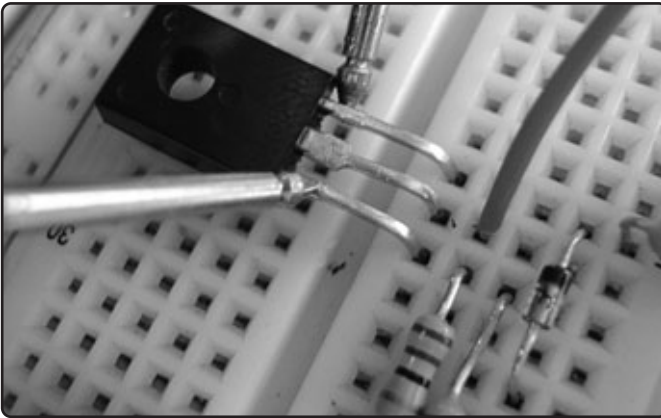


FIGURA 11.
Los diodos polarizan la junta del transistor en forma permanente. Con esta configuración del tester, podremos medir la caída de tensión sobre la junta E-B (emisor-base).

Si procedemos de la misma manera, pero ahora ubicamos las puntas para medir la diferencia de **tensión E-B (emisor-base)**, comprobamos una caída cercana a **1 V**. Notemos que colocamos las puntas siguiendo el sentido de la corriente de base, es decir, saliendo de la misma. Por eso se ubica la punta negra **COM (-)** del tester sobre la base y la roja sobre el emisor que está a un potencial superior (**Figura 11**).

MEDICIÓN DE LA CORRIENTE DE CARGA IC

A continuación, pasemos a la medición de la corriente **I_c** de carga del circuito, que es la correspondiente al colector del transistor **PNP** y es la que se utilizará para cargar la batería cuando se la conecte en los bornes indicados. Como el transistor **BD140** se comporta como una fuente de corriente, siempre entregará por su colector una intensidad de carga constante, independientemente de la tensión que exista en bornes de la batería. Por cálculo, se estima que esta será de **15 mA** con la llave abierta y de **45 mA** con la llave en cortocircuito.

Ahora, necesitaremos dos alcances de continua para completar las mediciones.

Para realizar una medición de corriente, debemos desconectar el cable de punta roja del borne (**V/Ω/f**) del multímetro y posicionarlo en el borne marcado como (**mA**), por el que pueden circular hasta **200 mA** sin destruir el fusible de protección. Si necesitáramos medir una corriente mayor a este valor, colocaríamos el cable de punta roja en el borne marcado **20 A**, lo que indica la máxima corriente que soporta el instrumento en esa conexión que, por otra parte, no está protegida por fusible.

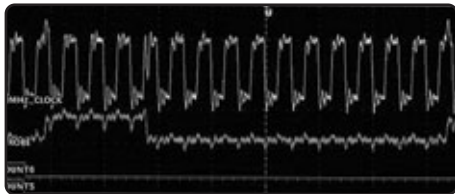
Debido a que la resistencia interna **R_i** del tester en modo amperímetro es muy pequeña, no debe apreciarse un cambio radical en la corriente de colector o de carga. Procediendo así, tomamos la lectura del instrumento para ambas posiciones de la llave y usamos el alcance apropiado para cada una. Vale destacar que debemos posicionar las puntas del multímetro de manera que coincida la punta roja

con el borne de entrada de corriente (+), y el negro COM con el de salida (-).

MEDICIÓN SOBRE LA BATERÍA DURANTE LA CARGA

Por último, debemos monitorear el valor de tensión en carga que toma la batería a medida que transcurre el tiempo. Para ello, posicionaremos el tester en paralelo con la batería en carga cada 15 minutos.

El tiempo de carga dependerá, principalmente, del parámetro **mA/h** de la batería en cuestión, pudiendo llegar a varias horas. Espaciaremos la toma de muestras en el tiempo, para no reiterar demasiado las mediciones. Siempre tenemos que comprobar que la tensión registrada no se escape del valor nominal **+10%** que establecimos como límite. Cuando detectemos que el valor de tensión alcanzó el **10%** del valor nominal de entrega de tensión de la batería, desconectaremos el circuito y consideraremos que la carga se ha realizado.



Para medir la corriente, debemos desconectar el cable rojo del borne (V/ Ω /f) y colocarlo en el borne (mA)

El osciloscopio

Es uno de los instrumentos de medición más utilizados por los profesionales. Veamos de qué se trata y cuáles son las claves que necesitamos saber para emplearlo. El osciloscopio es un instrumento que permite reproducir gráficamente las variaciones de señales de tensión a través del tiempo, en una pantalla. De este modo, es posible analizar, con gran detalle, distintas formas de onda y comprender el funcionamiento de un circuito (**Figura 12**). Este elemento es una herramienta esencial en cualquier laboratorio o taller de electrónica y en otras áreas también, por ejemplo, la militar y la médica.

MEDICIONES CON OSCILOSCOPIO

El concepto básico de este instrumento es que representa formas de onda en dos dimensiones.



OSCILOSCOPIO DE MUESTREO

Es un instrumento utilizado para analizar señales periódicas de muy alta frecuencia, mayor aún que el ancho de banda (osciloscopio analógico) o la tasa de muestreo (osciloscopio digital), y de muy baja amplitud, generalmente, de hasta 3 V pico a pico.



FIGURA 12.
Es posible utilizar el osciloscopio para analizar distintas formas de onda individualmente, o también para observar y comparar dos o más, y ver el modo en el que interactúan entre sí.

El eje vertical, o **eje Y**, se usa en general para representar la tensión de entrada, mientras que el horizontal, o **eje X**, se emplea usualmente como eje de tiempo. Así, tendremos en pantalla una representación temporal de la señal de tensión aplicada a la entrada. En los osciloscopios duales y en los multicanales, es factible representar dos o más señales en pantalla en forma simultánea, lo cual resulta práctico para comparar distintas formas de onda y analizar su interacción.

Aunque la representación temporal de formas de onda es la aplicación más común en los osciloscopios, también es posible representar de manera gráfica el comportamiento de una variable respecto de otra, o funciones paramétricas. Un aplicación de este último caso son las **figuras de Lissajous**, mediante las cuales podemos determinar gráficamente algunos parámetros y relaciones de dos formas de onda de manera simultánea.

TIPOS DE OSCILOSCOPIOS

Más allá de que la filosofía de funcionamiento de estos instrumentos es la misma, existen diferentes

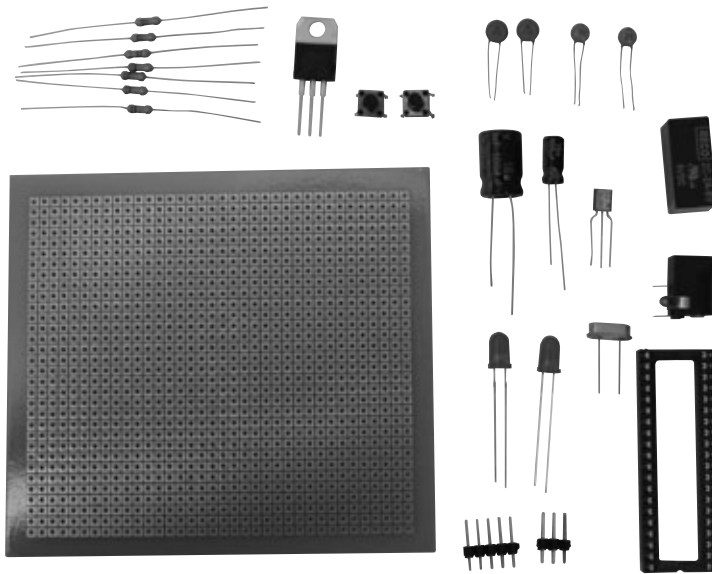
tipos, lo que nos permite clasificarlos en categorías. Una de las más importantes es si son analógicos o digitales. A su vez, dentro de estos, tenemos subcategorías, como por ejemplo, los osciloscopios con persistencia y los de muestreo.

OSCILOSCOPIO ANALÓGICO

Utiliza el principio de deflexión electrostática de un haz de electrones, para crear las gráficas en un Tubo de Rayos Catódicos (TRC). Aquí, las tensiones aplicadas a las placas deflectoras X e Y producen un punto que se mueve en la pantalla. En el eje horizontal, esto es controlado por una base de tiempos, mientras que, en el eje vertical, la deflexión es proporcional a la amplitud de la señal de entrada.

OSCILOSCOPIO DE ALMACENAMIENTO DIGITAL (DSO)

Es la forma convencional de los osciloscopios digitales y emplea pantallas del tipo raster, como las usadas en los monitores de PC para representar las gráficas. El equipo convierte la señal de entrada a un formato digital, por medio de técnicas de conversión



analógico-digital, para luego guardar esta información y procesar la señal. La limitante está en la velocidad de la conversión.

OSCILOSCOPIO DE FÓSFORO DIGITAL (DPO)

Con poco más de una década en el mercado, es una variación muy versátil del DSO, que utiliza una arquitectura de procesamiento en paralelo para permitir

el análisis de señales que resultarían prácticamente imposibles con un DSO. Se especializa en el muestreo de fenómenos transitorios que ocurren en el inicio de los sistemas digitales (pulsos, glitches y errores de transición).

Funcionamiento del osciloscopio

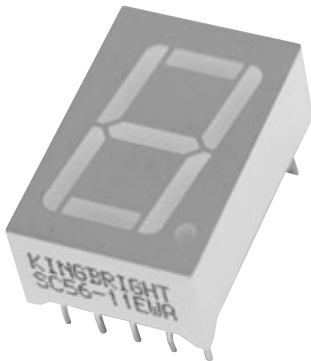
Hasta el momento hemos conocido las características principales del osciloscopio. En este apartado, veremos los principios elementales de su funcionamiento. En el osciloscopio, una señal con forma de rampa proveniente de la base de tiempos, produce

Las puntas de prueba son las encargadas de entregarnos la mejor señal

el movimiento del haz en el sentido horizontal. La señal a medir, convenientemente acondicionada, ocasiona el movimiento en sentido vertical. La base de tiempos se sincroniza con un instante de la señal a medir y está calibrada de modo de hacer corresponder el desplazamiento del haz con una medida temporal y visualizar la señal en la pantalla.

ANCHO DE BANDA

En un **osciloscopio analógico**, la respuesta en frecuencia del amplificador vertical ocasiona una atenuación gradual de las señales de alta frecuencia. Por ejemplo, un osciloscopio de 20 MHz puede visualizar correctamente una señal senoidal de 20 MHz, pero puede mostrar señales de mayor frecuencia, solo que serán atenuadas por el amplificador vertical.



En el caso de un **osciloscopio digital**, existe una frecuencia de muestreo, que es la que determina la cantidad de muestras de la señal que el osciloscopio toma para reconstruirla. El fabricante especifica además el ancho de banda de forma similar al osciloscopio analógico. Para poder visualizar de manera correcta una señal, debemos garantizar que sus componentes más importantes entren en el ancho de banda que puede mostrar el osciloscopio.

DISPARO

La base de tiempos debe sincronizarse con la señal a visualizar para que siempre arranque la visualización en el mismo instante. Para esto, el osciloscopio incorpora un circuito de comparación que genera un pulso de sincronismo interno basado en la observación del nivel de la señal y el sentido (ascendente o descendente) en el que lo cruza. Esta comparación puede hacerse además con una señal externa. Existen, también, otros modos de trabajo en los que se fuerza un disparo aún sin señal, para ver señales sin variaciones, o se lo demora por un cierto tiempo, para evitar redisparos no deseados en señales complejas.

LOS OJOS DEL OSCILOSCOPIO

Las puntas de prueba son las encargadas de entregarnos la mejor señal. Veamos, entonces, cuáles son las características que deben tener para arrojar resultados precisos.



KARL FERDINAND BRAUN

El físico alemán Karl Ferdinand Braun fue el inventor del osciloscopio de rayos catódicos. Lo realizó en el año 1897, y también descubrió que ciertos cristales actuaban como rectificadores, convirtiendo la corriente alterna en continua.

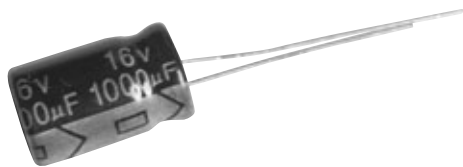
Muchas veces, perdemos de vista la importancia que tienen las puntas de prueba, cuando evaluamos integralmente las condiciones de medición.

Debemos tener presente que ellas conforman los "ojos" de nuestro osciloscopio. Si no son capaces de entregarnos la mejor calidad de señal posible, resulta poco probable que obtengamos buenos resultados de la señal bajo prueba. Idealmente, las puntas deberían ser "transparentes" para el equipo, queriendo significar con esto que la señal presente en el punto de prueba del circuito es "vista" por el osciloscopio, sin ningún tipo de interferencia o distorsión, tanto para el instrumento como para el circuito bajo prueba.

CALIBRACIÓN

Aunque no siempre lo hacemos, para garantizar una buena medición es fundamental efectuar una calibración de las puntas antes de ser usadas. De este modo, obtendremos una respuesta plana dentro del espectro de frecuencias (es decir, todo el espectro es tratado de igual forma).

Para ello, es posible utilizar la señal de calibración del osciloscopio, midiéndola con la punta a calibrar. Esta es una onda cuadrada de una amplitud y frecuencia estable y conocida. Debemos ajustar el pequeño potenciómetro incluido en la punta de prueba, hasta que la señal se vea perfectamente cuadrada:



La atenuación x10 de las puntas lógicas se emplea para disminuir el efecto de carga de la punta sobre el circuito

sus bordes no deben aparecer redondeados o con sobreimpulsos. Las puntas de prueba pueden tener una atenuación fija, o contener una llave conmutadora para seleccionarla. Estas atenuaciones vienen prefijadas en valores **x1** (sin atenuación) y **x10** (con atenuación). Veremos, aquí, la manera en que estas señales son presentadas en la pantalla de nuestro osciloscopio y la forma de interpretarlas.

Los osciloscopios digitales tienen características que ayudan a la interpretación de la señal, tal como la indicación automática de la frecuencia y el nivel de tensión de la señal mostrada.

Primero, observemos cómo está configurada la pantalla del instrumento. Se ve que está dividida, formando una retícula de **10x8** cm, con dos ejes centrales subdivididos cada **2 mm**. Los circuitos internos del osciloscopio están calibrados de manera tal que la representación gráfica de la amplitud y el tiempo de la señal en pantalla pueden leerse directamente a través de la retícula, contando simplemente la cantidad de divisiones que ocupa.

Esto es posible porque los mandos de amplitud (**eje vertical**) y base de tiempos (**eje horizontal**) están

ajustados a ganancias prefijadas, relativas a cada división. Están expresadas en V por división (**V/div**) y, en segundos por división (**s/div**), respectivamente. Algunos osciloscopios incluyen también, en uno de los costados de la pantalla, una escala expresada en porcentaje. Particularmente, se indican los valores **0%**, **10%**, **90%** y **100%**. Estas marcas están para facilitar una lectura directa del tiempo de los flancos de subida y bajada de una determinada señal. Recordemos que estos parámetros se miden, justamente, entre el **10%** y el **90%** del valor pico a pico de la señal.

Entonces, si ajustamos la amplitud de la señal para que su valor pico a pico coincida con las marcas **0%** y **100%**, podremos obtener una lectura del tiempo de dichos parámetros directamente desde donde la señal cruza las marcas **10%** y **90%**. Solamente debemos contar las divisiones que ocupa y multiplicar por la base de tiempo seleccionada (**Figura 13**).

Cualquiera sea el tipo de osciloscopio que utilicemos, debemos tener presente que se trata de un instrumento de precisión que tiene sus limitaciones.

Si bien para cada área de especialización existe un osciloscopio que se adapta mejor, la mayoría de las aplicaciones no profesionales pueden resolverse mediante uno analógico de **20 MHz**, siendo un **DSO** de **100 MHz** apropiado para gran cantidad de tareas profesionales.

CLIPS DE MASA

Las puntas del osciloscopio vienen con un clip de puesta a masa que es removible. Este será conectado a un punto de prueba del circuito para proveer la referencia común a ambos. En muchos casos no existe mayor inconveniente, pero cuando trabajamos con potencias o señales de muy alta frecuencia, deberemos tener el menor camino posible desde la señal hasta la punta de prueba, por lo que el clip de masa se conecta directamente al punto de masa más próximo al elemento a medir. Esto nos asegurará una muy buena performance desde el punto de vista eléctrico.

Cabe destacar que la masa del osciloscopio está vinculada al terminal de tierra del enchufe, y suele ser además un punto de puesta a tierra.

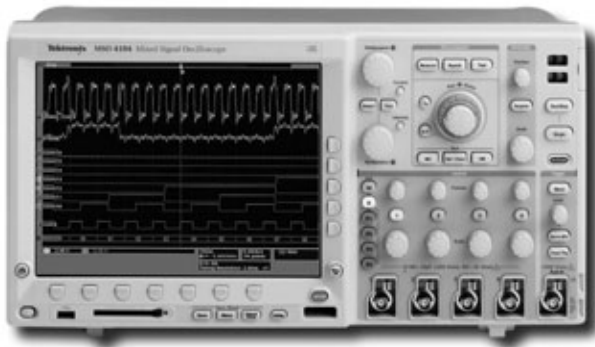


FIGURA 13.

Los circuitos internos del osciloscopio están calibrados de forma tal que la gráfica mostrada puede ser interpretada a través de las divisiones y marcas que posee la pantalla.

MEDICIONES DE FORMAS DE ONDA

Toda señal que se repite en el tiempo es periódica. Posee parámetros que la definen y que son inherentes a su naturaleza: la amplitud, la frecuencia o el período y su fase. Veamos cada una de ellas:

- **Amplitud:** es la diferencia entre el valor máximo de la señal (positivo o negativo) y el valor tomado como referencia (masa del circuito). Su unidad es el Volt (**V**) o el Ampere (**A**), dependiendo de si estamos analizando formas de onda de tensión o de corriente, respectivamente.
- **Período y frecuencia:** la frecuencia de una señal se expresa con la letra **f** y la unidad que la representa es el Hertz (**Hz**). Indica la cantidad de ciclos u oscilaciones de una señal periódica que ocurren en un intervalo de tiempo de un segundo. El período se expresa con la letra **T** y su unidad es el

segundo (**s**). Existe una relación unívoca entre ambos los parámetros: la frecuencia es la inversa del período. A continuación vemos la fase.

- **Fase:** este parámetro se define para señales periódicas, en donde un ciclo completo de la señal corresponde a 360° (**deg**) o 2π radianes (**rad**). La fase de una señal en un determinado instante es la fracción de ciclo transcurrido desde su inicio. Cuando comparamos dos señales periódicas idénticas, puede ocurrir que no coincida en el tiempo el paso por dos puntos equivalentes de ambas señales.

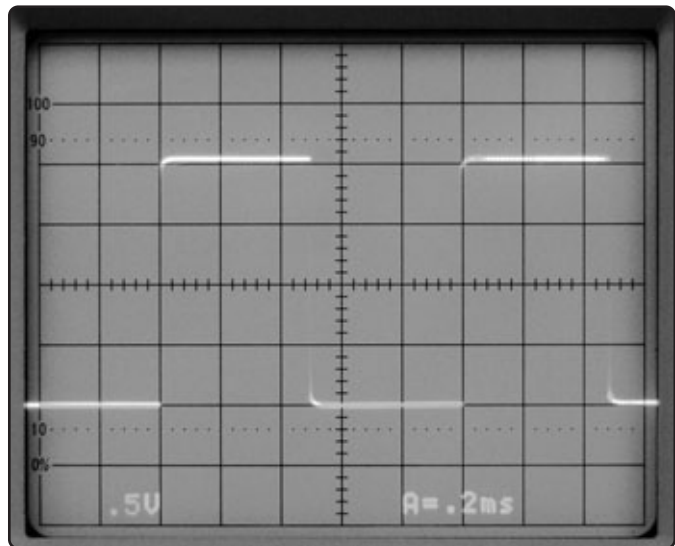
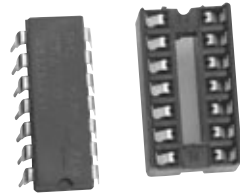


FIGURA 14.
Señal cuadrada bajo medición. Se utiliza la retícula calibrada para medir la amplitud y la frecuencia o período de la señal.

Medición de tensión y frecuencia

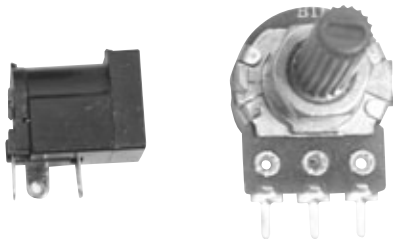
La medición de estos parámetros de la señal bajo análisis puede efectuarse a través de la retícula que posee la pantalla del osciloscopio. Hoy en día, la mayoría de los osciloscopios incorporan diversas funciones que nos ayudan a obtener una lectura más rápida y precisa de la señal en pantalla. Nos muestran información de la diferencia de tensión o de tiempo entre dos puntos, y otros datos relevantes de la señal (**Figura 14**).

MEDICIÓN DE TENSIÓN

En primer lugar, ajustamos la posición vertical del canal hasta que el piso o el techo de la señal coincidan con alguna división horizontal de la retícula, y contamos cuántas divisiones verticales ocupa.

A este valor, lo multiplicamos por el valor de ganancia del canal seleccionado y obtenemos, así, el valor de tensión pico a pico de la señal. En nuestro caso, la señal ocupa 4 divisiones verticales exactas, y como la ganancia del canal está en 0,5 V/div, tenemos:

$$V = 4 \text{ div} \cdot 0,5 \frac{\text{V}}{\text{div}} = 2 \text{ Volt}_{\text{pico a pico}}$$



La amplitud es la diferencia entre el valor máximo de la señal y el valor tomado como referencia de masa

MEDICIÓN DE FRECUENCIA

Procedemos de forma similar a la medición de tensión. Ajustamos la posición horizontal del canal hasta que uno de los flancos (puede ser el ascendente o el descendente) coincida con alguna división vertical de la retícula. Luego, contamos cuántas divisiones horizontales ocupa un período de la señal.

A este valor, lo multiplicamos por la base de tiempo seleccionada y obtenemos, así, el período. Si hacemos la inversa del período, podemos inferir el valor de la frecuencia de la señal. En nuestro caso, la señal ocupa 5 divisiones horizontales exactas y, como la base de tiempo del canal está en 0,2 ms/div, tenemos:

$$T = 5 \text{ div} \cdot 0,2 \frac{\text{ms}}{\text{div}} = 1 \text{ ms}$$

$$\Rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = 1000 \frac{1}{\text{s}} = 1 \text{ kHz}$$

