

USERS

Técnico PC

MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

01

ELECTRÓNICA ELEMENTAL

CONCEPTOS DE ELECTRÓNICA INDISPENSABLES
PARA UN TÉCNICO REPARADOR DE PC

Componentes electrónicos, electrónica digital, instrumentos de trabajo, taller y seguridad, medición de componentes, construcción de circuitos, protoboard, soldado, desoldado y ¡mucho más!



Prólogo al contenido

Podemos definir a la electrónica como una rama de la física que se encarga del estudio de los cambios que sufre la corriente eléctrica en su paso a través de diferentes dispositivos y de los efectos que esos cambios producen (emisión de ondas de radio, transmisión de datos, equipamiento médico y una larga lista que abarca casi todos los elementos que nos rodean a diario). Es interesante destacar que el comienzo de la electrónica se asocia a la invención de la válvula triodo por parte de Lee De Forest en 1906. Pese a su juventud (alrededor de 100 años es muy poco tiempo para una disciplina científica), el desarrollo que ha experimentado es enorme, especialmente a partir de la segunda mitad del siglo pasado.

Teniendo esto en cuenta, saber de qué forma se componen y funcionan los dispositivos tecnológicos que utilizamos en la vida diaria requiere un conocimiento profundo sobre la electrónica digital. No se trata de conceptos sencillos, ya que implican una serie de elementos, teorías e información sobre procesos atómicos importantes.

En este sentido, esta obra nos ofrece un extenso y muy completo recorrido por el mundo de los sistemas digitales, donde tanto el ensayo como el error son claves fundamentales para perfeccionarnos cada vez más.

A lo largo de este libro, podremos conocer cuál es el alcance de la electrónica; para esto analizaremos ciertos conceptos teóricos y también aprenderemos la forma adecuada de aplicar estos conocimientos en algunas situaciones eminentemente prácticas.

Por esta razón, invitamos a todos los lectores interesados en el mundo de la electrónica, tanto a los aficionados como a los expertos, a entrar en este apasionante universo, y a descubrir todo lo que esta obra nos brinda.

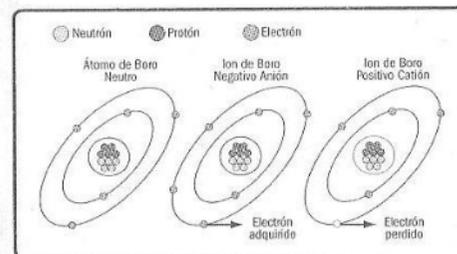
Claudio Peña Millahual

Autor y editor de RedUsers

Contenido del libro

► CAPÍTULO 1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES 7

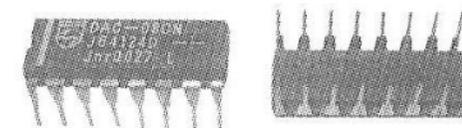
Estructura atómica	8
Conceptos importantes	9
Movimiento de los electrones	10
Conductores y aislantes	13
Conductores	13
Aislantes	14
Tipos de electricidad	14
Electricidad estática	15
Electricidad dinámica	15
Corriente eléctrica	15
Corriente continua y corriente alterna	16
Resistencia eléctrica	16
Potencia eléctrica	17
Unidades de medición	18



► CAPÍTULO 2 COMPONENTES ELECTRÓNICOS 19

Componentes pasivos	20
Resistencias	20
Condensadores	25

Bobinas y transformadores	27
Componentes activos	28
Diodos	28
Transistores	32
Tyristores	34
Circuitos integrados	35

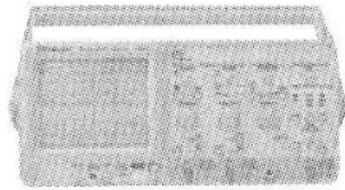


► CAPÍTULO 3 ELECTRÓNICA DIGITAL 37

Inicio de la electrónica digital	38
Migración de los sistemas analógicos a digitales	41
Procesamiento digital de señales analógicas	43
Teorema de Nyquist	44
El taller	45
El banco de trabajo	46
Sobre la seguridad	47
Claves de seguridad	48

► CAPÍTULO 4 INSTRUMENTOS DE TRABAJO 49

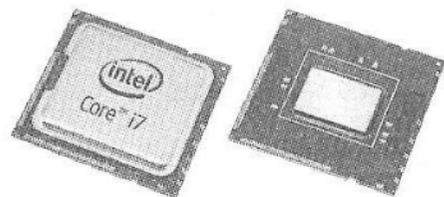
Herramientas de trabajo	50
Multímetro	50



Voltímetro	51
Amperímetro	52
Otros instrumentos	53
Osciloscopio	56
Niveles de señal	59
Compensación	60

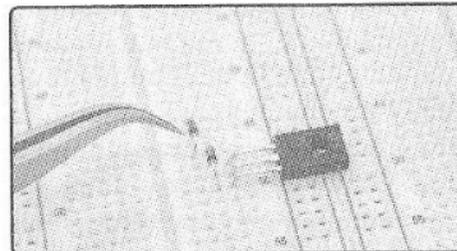
► **CAPÍTULO 5
MEDICIÓN DE
COMPONENTES** 61

Realizar mediciones	62
Mediciones en caliente	62
La fuente de alimentación	62
Desde la salida hacia la entrada	64
Seguimiento de la señal	64
Inyección de señal	68
Mediciones en frío	69
Medición de resistencias	70
Medición de condensadores	70
Bobinas y transformadores	72
Semiconductores	73



► **CAPÍTULO 6
CONSTRUCCIÓN
DE CIRCUITOS** 75

Circuitos electrónicos	76
El esquemático	76
El PCB	77
La transferencia del trazado a la placa	77
La perforación y el estañado	78
Protoboard	79
Topología	79
Accesorios útiles	80
Limitaciones	81
Uso del protoboard	82



Alimentación del circuito	82
Colocación de componentes	82
Circuito impreso universal	84
Perfboard	84
Stripboard	84
UPCB	85
Montaje del circuito	85
Circuito impreso en detalle	85
Fabricación casera	86
Fabricación profesional	86
Construcción de circuito impreso	86
Materiales para soldar	91
Proceso de soldado	91
Desoldado	92

Capítulo 1

Conceptos fundamentales

Explicaremos conceptos básicos de química y cómo, a partir del átomo, se llega a la energía eléctrica de uso hogareño.

Estructura atómica

Para introducirnos en el campo de la electricidad, será necesario que comencemos con el análisis de una serie de conceptos básicos de la química elemental. Tomaremos como punto de partida la partícula con la que están formados todos los elementos: el **átomo**. Este se compone de un núcleo, su parte central, en cuyo interior se encuentra un conjunto de partículas denominadas **protones** y **neutrones**, de igual cantidad. En el exterior, tenemos una nube de electrones que giran en órbitas alrededor del núcleo. Un átomo se considera eléctricamente neutro, lo cual significa que posee la misma cantidad de protones que de electrones.

La **masa atómica**, también llamada **número másico**, es la suma de los protones y los neutrones, que se conoce como nucleones. Por ejemplo: en un átomo de carbono, que tiene 6 protones y 6 neutrones, el número másico es 12.

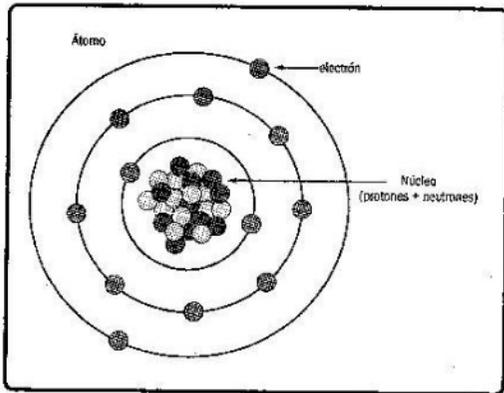


Figura 1. Esquema que muestra la ubicación de los protones, neutrones y electrones.

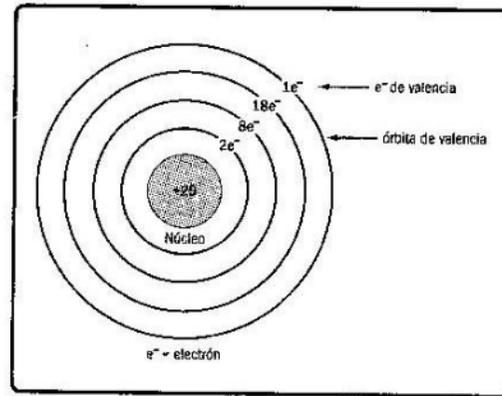


Figura 2. Esquema que representa un átomo de cobre.

La cantidad de protones de un átomo de cualquier elemento químico está representada por un número que se conoce con el nombre de **número atómico (NA)**. Este es el que diferencia un elemento químico de otro y también nos informa la cantidad de electrones. Por ejemplo: un átomo de hidrógeno tiene 1 protón, por lo tanto, su NA es 1; en el caso del cobre, que tiene 29 protones, su NA es 29.

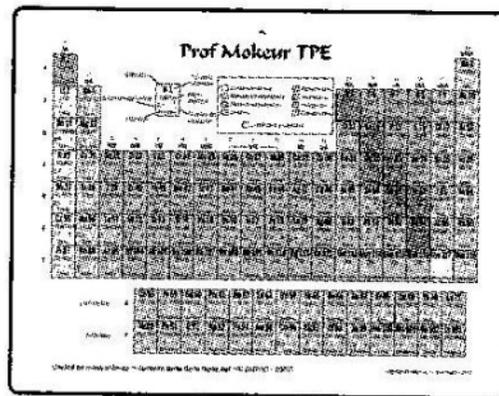


Figura 3. En la tabla periódica de elementos químicos se encuentran todos los que existen en la naturaleza.

El peso atómico, también llamado masa atómica relativa, es un valor medio relativo a la masa atómica. Por ejemplo: el peso atómico del magnesio es 24,3050 y, en este caso, el número másico es 24, y el atómico, 12.

El tamaño de un átomo no está del todo definido. Debido a la estructura de la nube de electrones que no permite realizar un cálculo con exactitud, se puede decir que ronda un valor estimado de $1,0586 \times 10^{-10}$ m. Si suponemos que un átomo es del tamaño de una habitación, entonces el tamaño del núcleo sería la punta de un lápiz. Un protón tiene un peso aproximado de 1.836 veces respecto de un electrón. Esto nos da la pauta de que la mayor parte de la masa se concentra en el núcleo.

CONCEPTOS IMPORTANTES

En este punto será necesario definir algunos conceptos fundamentales, los cuales precisaremos para poder entender cómo es el proceso de generación de la electricidad.

Neutrones: son partículas sin carga eléctrica, que poseen una masa o un volumen mayor a los protones. Cuando se encuentran libres (sin pertenecer a un núcleo), se desintegran en 1 protón, 1 electrón y 1 neutrino.

Neutrinos: son partículas neutras con una masa aproximada a 0. Se liberan de una desintegración radiactiva. Apenas interactúan con la materia. Es de suponer que constantemente somos atravesados por estas partículas irradiadas de las emisiones solares.

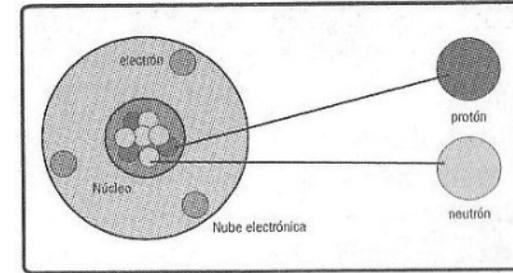


Figura 4. El núcleo del átomo está constituido por protones y neutrones, y los electrones se encuentran girando a su alrededor.

Protones: son partículas con carga eléctrica positiva, de masa mayor a la de los electrones. A diferencia de estos, si están fuera del núcleo, se vuelven muy inestables.

Electrones: son partículas con carga eléctrica negativa. Son el elemento de menor tamaño en un átomo. Giran en órbitas alrededor del núcleo y constituyen la nube de electrones.

Positrones: son electrones positivos. Tienen igual masa que los electrones, pero la carga eléctrica es positiva. Si colisionan un electrón y un positrón, se destruyen mutuamente, emiten dos rayos gamma, y se convierten en fotones.

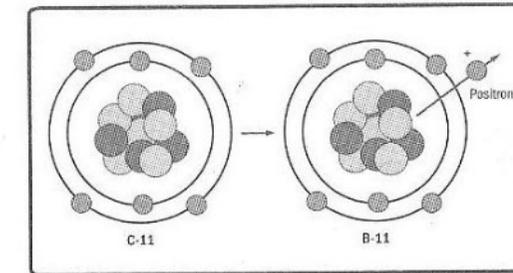


Figura 5. Esquema que detalla la producción de un positrón.

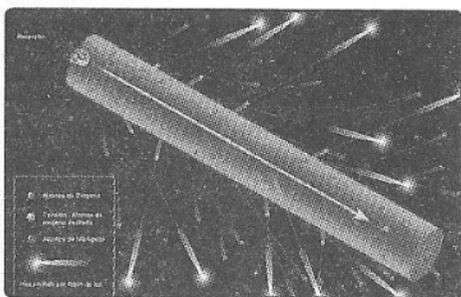


Figura 6. Cuando un meteorito atraviesa la capa de la atmósfera, dispersa átomos y emite fotones de luz.

Fotones: son partículas que representan una cantidad de energía electromagnética. No poseen carga y su masa en reposo es nula. Son las partículas portadoras de todas las formas de radiación, como, por ejemplo, rayos gamma, rayos X, luz ultravioleta, luz visible, luz infrarroja, microondas y ondas de radio.

Isótopos: son átomos de un mismo elemento, pero cuya cantidad de protones no es igual a la de neutrones; por lo general, poseen uno o más neutrones. Muchos de estos átomos son inestables y con un corto tiempo de vida. Por ejemplo: a un isótopo de hidrógeno que tiene 1 protón pero 2 neutrones se lo conoce como deuterio. Uno muy conocido es el Carbono14

(C14). Sabemos que el carbono posee 6 protones, por lo tanto, su número másico es 12, mientras que el isótopo de C14 tiene 6 protones y 8 neutrones.

Movimiento de los electrones

Para estudiar el movimiento de electrones es necesario definir nuevos conceptos, como así también analizar la unión de átomos, que se conoce como **enlace atómico**.

Electrones de valencia: se encuentran en los últimos niveles (órbitas) del átomo. Son los actores principales que interactúan en la unión de los átomos, ya sean del mismo elemento o de distintas especies. Presentan la facilidad de formar enlaces, los cuales pueden darse de las siguientes maneras:

- Intercambio de electrones.
- Compartir pares entre los átomos en cuestión.
- Por el tipo de interacción que se presenta en el enlace metálico.

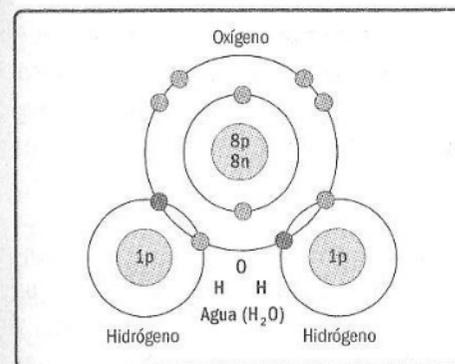


Figura 7. Átomo de silicio con 3 orbitales. La última órbita posee 4 electrones de valencia.

Iones: son partículas energizadas, constituidas por un átomo o un conjunto de átomos neutros que ganaron o perdieron electrones, fenómeno que se conoce como ionización.

Aniones: tienen carga eléctrica negativa. Se producen por la ganancia de electrones, es decir, adquieren más de 1 electrón.

Cationes: tienen carga eléctrica positiva. Se producen por la pérdida de electrones.

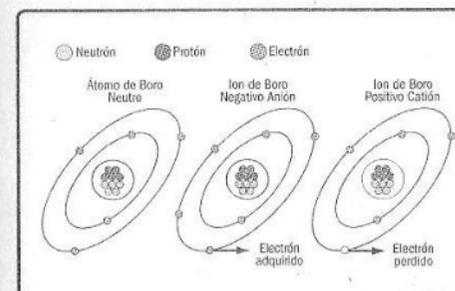


Figura 8. Un átomo de boro en su forma neutra con 5 electrones pasa a convertirse en anión y catión.

Enlaces químicos

Todas las sustancias que encontramos en la naturaleza se hallan formadas por átomos unidos. Estos se juntan porque, de esta manera, adquieren una situación más estable que cuando están separados. Existen tres tipos principales de enlaces químicos: enlace iónico, enlace covalente y enlace metálico.

Enlace covalente: es la fuerza que mantiene unidos entre sí los átomos no metálicos. Estos tienen muchos electrones en su nivel más externo (electrones de valencia) y tienen tendencia a ganar electrones más que a cederlos, para adquirir la estabilidad de la estructura electrónica de gas noble (8 electrones en su última órbita).

En este caso, el enlace se forma al compartir un par de electrones entre los dos átomos, cada uno procedente de uno de ellos. El par de electrones compartido es común a los dos átomos y los mantiene unidos, de modo que ambos adquieren la estructura electrónica de gas noble. Así, se forman habitualmente moléculas,

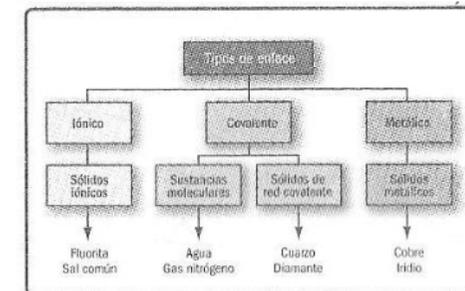


Figura 9. Diferentes tipos de enlaces representados por los elementos de la naturaleza.

SISTEMA DE CORRIENTE MONOFÁSICO

El sistema de corriente monofásico consta de una única corriente alterna y, por eso, todo el voltaje varía de la misma forma. El voltaje y la frecuencia dependen del país o región. Los valores de voltaje están comprendidos entre 110 Volts y 230 Volts.

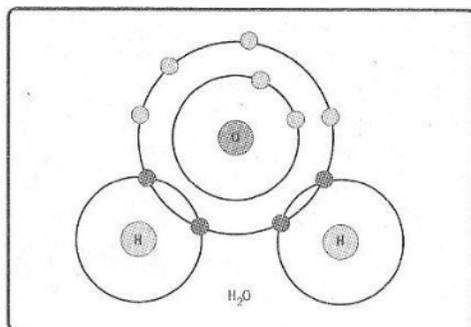


Figura 10. Enlaces covalentes pertenecientes a una molécula de agua.

pequeños grupos de átomos unidos entre sí por enlaces covalentes. El ejemplo más común en la naturaleza es el agua.

Enlace iónico: esta clase de enlace se produce cuando átomos de elementos metálicos se encuentran con átomos no metálicos. En este caso, los átomos del metal ceden electrones a los átomos del no metal y se transforman, de esta manera, en iones positivos y negativos. Al formarse iones de carga opuesta, estos se atraen

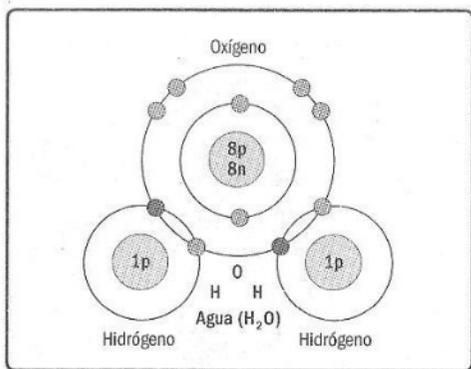


Figura 11. En este enlace interactúan 3 átomos: 2 de hidrógeno y 1 de oxígeno.

por fuerzas eléctricas intensas, quedan fuertemente unidos y dan lugar a un compuesto iónico.

Enlace metálico: los átomos de los metales tienen pocos electrones en su última capa, por lo general, 1, 2 o 3. Suelen perder fácilmente esos electrones (electrones de valencia) y se convierten en iones positivos. Estos iones resultantes se ordenan en el espacio y forman la red metálica. Los electrones de valencia desprendidos de los átomos forman una nube de electrones que puede desplazarse a través de toda la red. De este modo, todo el conjunto de los iones positivos del metal queda unido mediante la nube de electrones con carga negativa que los envuelve.

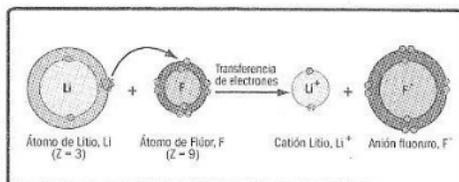


Figura 12. En este enlace, interactúan 2 átomos: 1 de litio y 1 de flúor.

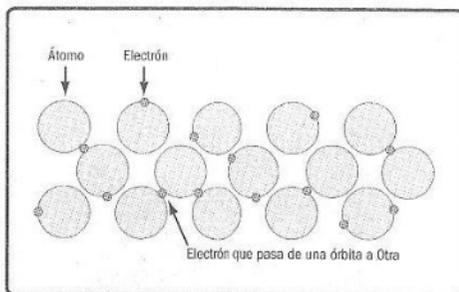


Figura 13. Los electrones saltan de una órbita a la otra y, entonces, producen un fuerte enlace entre los átomos.

Conductores y aislantes

A los elementos de la naturaleza se los puede dividir en dos grupos, según su composición y su comportamiento frente al movimiento de electrones. La electricidad es un fenómeno físico relacionado con este movimiento.

CONDUCTORES

En los sólidos, la corriente eléctrica es transportada por el movimiento de electrones, mientras que en los líquidos y los gases, el movimiento se realiza por medio de los iones.

Sólidos

Metales a temperatura normal, excepto el mercurio. Sus características son:

- Buenos conductores eléctricos y térmicos.
- Brillantes una vez pulidos y estructura cristalina en estado sólido.
- Resistencia a la rotura y a la fatiga, capaces de soportar una fuerza o presión continua.
- Elasticidad o capacidad de volver a su forma original después de sufrir deformación.

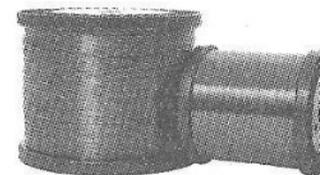


Figura 14. Las propiedades conductivas del cobre lo hacen una buena alternativa para transportar electricidad.

- Maleabilidad o posibilidad de cambiar de forma por la acción del martillo.
- Ductilidad: permite su deformación forzada en hilos, sin que se rompa o astille.
- Tienen a ceder electrones a los átomos con los que se enlazan.
- Tienen a formar óxidos básicos.
- Energía de ionización baja: reaccionan con facilidad y pierden electrones para formar iones positivos o cationes

El **cobre** es un excelente conductor de las señales eléctricas y es capaz de soportar los problemas de corrosión causados por la exposición a la intemperie. Es la principal materia prima para los cableados eléctricos. La más baja conductividad eléctrica la tiene el bismuto, y la más alta, la plata.

Líquidos

El agua, con sales como cloruros, sulfuros y carbonatos que actúan como agentes reductores, donantes de electrones. Algunos otros líquidos pueden tener falta o exceso de electrones que se desplacen en el medio. Son iones que pueden ser cationes (+) o aniones (-).

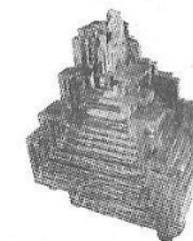


Figura 15. El bismuto es uno de los metales que presentan la más baja conductividad.

Gaseosos

Se ionizan negativamente. La condición que implica el paso de una corriente se conoce como el fenómeno de descarga o "ruptura" eléctrica del gas, paso de un comportamiento no conductor (baja corriente) a conductor. Tienden a adquirir electrones y a formar óxidos ácidos. Ejemplos: nitrógeno, cloro, neón (ionizados).

AISLANTES

En un material aislante, los átomos no ceden ni atraen electrones, y oponen total resistencia al paso de la corriente eléctrica. Su comportamiento térmico es idéntico al eléctrico. En electricidad, se los utiliza para separar conductores eléctricos y evitar un cortocircuito.

El aislante perfecto para las aplicaciones eléctricas sería un material absolutamente no conductor, pero no existe. Los materiales empleados como aislantes siempre conducen algo la electricidad, pero presentan una resistencia al paso de la corriente eléctrica hasta $2,5 \times 10^{24}$



Figura 16. El líquido dieléctrico se puede adquirir en aerosoles: se utiliza para desengrasar, limpiar y aislar.

veces mayor que la de los buenos conductores eléctricos, como la plata o el cobre.

Aislantes sólidos: en sistemas de aislamiento de transformadores, se emplean materiales como PET (tereftalato de polietileno) y PPS (sulfido de polifenileno), para envolver los conductores magnéticos de los bobinados. Un buen aislante entre las vueltas de bobinas es el cartón prensado. Otros son el plástico, la mica, el vidrio, la goma y la cerámica.

Aislantes líquidos: los fluidos o líquidos dieléctricos cumplen la doble función de aislar los bobinados en los transformadores y disipar el calor al interior de estos equipos.

El líquido dieléctrico más empleado es el aceite mineral, pero es altamente inflamable.

Aislantes gaseosos: los gases aislantes más utilizados en los transformadores son el aire y el nitrógeno, este último, a una presión de 1 atmósfera. Estos transformadores son, generalmente, de construcción sellada. El aire y otros gases tienen elevadísima resistividad y están prácticamente exentos de pérdidas dieléctricas.

Tipos de electricidad

La electricidad es un fenómeno físico que se produce por la interacción de cargas eléctricas. Como

explicamos en temas anteriores, su origen es atómico. Es una forma de **energía** que permite generar movimiento y funcionalidad a cualquier objeto que requiera una carga eléctrica.

Las moléculas de electricidad tienen dos tipos de carga: positiva y negativa. Cuando las cargas son de signos opuestos, se atraen. A su vez, las positivas atraen a las negativas pero, si son iguales, se rechazan entre sí.

ELECTRICIDAD ESTÁTICA

Se denomina así al exceso de carga eléctrica que acumulan ciertos materiales al exponerse a un rozamiento. Los electrones se mueven de lugar, pero no generan un flujo constante de corriente. En un objeto sin carga estática, todos los átomos tienen un número normal de electrones. Si alguno se transfiere a otro objeto por frotación, este se carga negativamente, en tanto que el primero pierde sus electrones y se carga positivamente.

ELECTRICIDAD DINÁMICA

Es cuando existe un flujo de circulación de cargas eléctricas a través de un conductor. La electricidad dinámica puede ser producida por una energía química y tiene la posibilidad de ser almacenada; se puede manejar y controlar, de tal modo que produzca determinados efectos.

Corriente eléctrica

Es el flujo de cargas eléctricas, el movimiento de electrones, a través de un material conductor.

Las cargas de signos opuestos se atraen

También se la llama intensidad de corriente eléctrica. Se emplea el término de intensidad como unidad de medición para cuantificar qué tan grande o pequeña es una corriente eléctrica. La unidad de medida es el Amperio o Ampere (A) y, al igual que la tensión, cuanto más grande es el número de amperes, mayor es el flujo de corriente eléctrica. La relación entre corriente e intensidad es tan fuerte, que se usa el nombre de corriente para referirse a la intensidad, y viceversa. Una intensidad de 1A equivale, aproximadamente, a unos $6,25 \times 10^{18}$ electrones por segundo circulando por la sección de un conductor.

En Electrónica, se opta por usar el sentido de circulación no convencional, y el teorema nos indica lo siguiente: "La corriente eléctrica es la circulación de electrones a través de un circuito eléctrico cerrado, cuyo movimiento es del polo negativo al polo positivo de la fuente de suministro de energía".

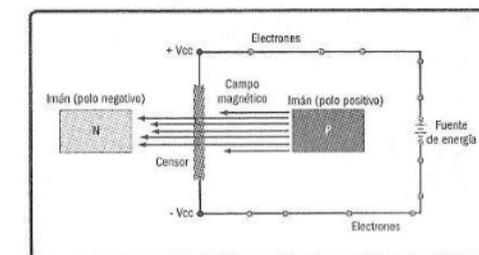


Figura 17. El sensor Hall conectado a una pila y en el centro de dos imanes. Las flechas muestran la dirección de los electrones.

Corriente continua y corriente alterna

La corriente continua (CC) es aquella en la que los electrones circulan por un circuito eléctrico cerrado, en un mismo sentido. Se establece como recorrido de los electrones desde el polo negativo hacia el polo positivo de una fuente de fuerza electromotriz (FEM), tal como ocurre en las baterías, dínamos o cualquier otra fuente generadora de ese tipo de corriente eléctrica.

Además de existir fuentes de corriente directa (DC), en donde el voltaje mantiene siempre su polaridad fija, se genera también otro tipo de corriente, denominada alterna (AC), que se diferencia de la anterior por el cambio constante de polaridad en relación con el tiempo.

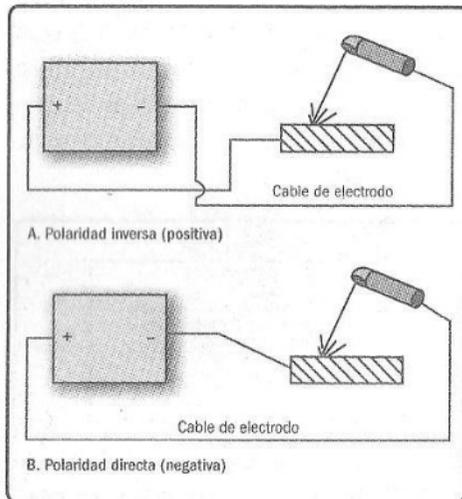


Figura 18. En el esquema observamos una representación del cambio de polaridad.

La característica principal de una corriente alterna es que, durante un instante de tiempo (t_1), un polo es negativo y el otro es positivo, mientras que en el instante siguiente (t_2) las polaridades se invierten tantas veces como ciclos por segundo o hertz posea esa corriente. No debemos confundir el cambio de polaridad con la dirección del flujo de corriente, que siempre será de negativo a positivo, tal como ocurre en las FEM, que suministran corriente directa.

Resistencia eléctrica

Se trata de una oposición o dificultad que presentan los materiales a que circule la corriente eléctrica a través de ellos. Básicamente, podemos atribuirle a que las partículas portadoras de carga eléctrica no se mueven libremente por el material conductor, sino que son, en muchos casos, rebotadas o desviadas de su trayectoria original (rectilínea) y, de esta forma, ceden parte de su energía cinética a la estructura del material y provocan su calentamiento.

Esta definición es válida para la corriente continua. En el caso de la alterna, cuando se trata de elementos resistivos puros, la oposición presentada a la circulación de corriente recibe el nombre de impedancia.

Según sea la magnitud de la oposición que presenta el material, este se puede clasificar como:

conductor, aislante o semiconductor. Existen materiales que, en determinadas condiciones de temperatura, presentan un fenómeno denominado **superconductividad**: significa que el valor de la resistencia es prácticamente nulo. La unidad de medición que se emplea es el ohmio y se expresa con el símbolo omega (Ω).

Para comprender cómo actúa la resistencia eléctrica, a continuación, haremos una comparación con un sistema de agua.

Tenemos un tanque de agua que cumple la función de suministro de energía. El agua sería la corriente eléctrica. El primer tramo de caño N°1 entrega cierto flujo de agua (corriente) y luego se observa una reducción, que sería la resistencia. Después tenemos el caño N°2, de menor diámetro respecto del N°1 (diferencia de tensión en donde 1 es mayor que 2). Nota importante: el agua sigue circulando de igual manera, lo que implica que el flujo de corriente no varía.

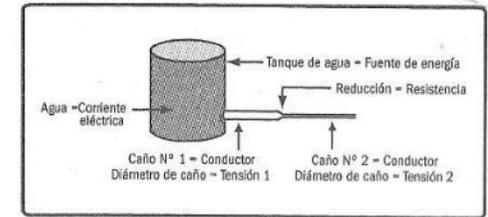


Figura 19. Esquema representativo, donde se observa la equivalencia de una resistencia.

manifiesta en la obtención de luz, movimiento, calor, frío, etcétera. La energía utilizada para realizar ese trabajo útil se mide en Joule (J).

La potencia eléctrica es la velocidad en la que se consume dicha energía. También se denomina consumo eléctrico. Por ejemplo, si representamos la energía como un líquido, la potencia sería la cantidad de litros que se vierte de un recipiente en determinado tiempo. Siguiendo esta

Potencia eléctrica

Para explicar este concepto, recordemos el significado de energía: es la capacidad que tiene un mecanismo o aparato eléctrico para realizar un trabajo. Por ejemplo: al conectar un dispositivo a un toma corriente, la energía eléctrica fluye por el conductor y permite, de esta forma, encender una lámpara o poner en marcha una máquina. La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma. En el caso de la energía eléctrica, se

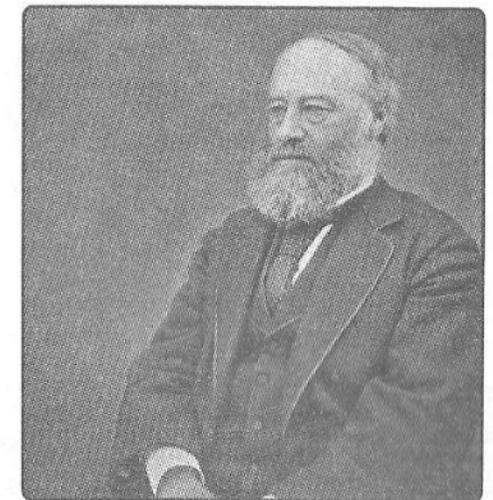


Figura 20. En esta imagen vemos un retrato del físico inglés James Joule.

linealidad, podemos decir que la potencia se mide como energía con respecto al tiempo, es decir, **Joule/seg**, y se denomina **Watt (W)**. Este término es de gran utilidad y está representado en la mayoría de los artefactos eléctricos. Así, cuando hablamos de la potencia de una lámpara, nos referimos no solo a la cantidad de luz que emite, sino también a la cantidad de energía que consume.

Unidades de medición

A continuación, vamos a describir las diferentes magnitudes que se utilizan dentro del campo de la electrónica:

- **Ampere [amperio] (A)**: corriente eléctrica. Existen dos tipos: alterna y directa. Posee polaridad **positiva (+)** y **negativa (-)**.
- **Volt [voltio] (V)**: tensión eléctrica o diferencia de potencial. Existen dos tipos: alterna y continua. Puede ser **positiva (+)** o **negativa (-)**.
- **Ohm [ohmio] (Ω)**: resistencia eléctrica. También mide el valor del componente resistor. Carece de polaridad.

- **Siemens (S)**: unidad de medida de la conductancia. Es el recíproco del Ohm.
- **Coulomb [coulombio] (C)**: medición de fuerza en una carga eléctrica **Q** que pasa por un punto en un segundo.
- **Hertz [hercio] (Hz)**: cantidad de ciclos completos de una señal de onda en una unidad de tiempo (**1 Hertz = 1 ciclo/seg**).
- **Joule [julio] (J)**: es el trabajo **W** hecho por la fuerza de **1 Newton** actuando sobre la distancia de **1 metro**.
- **Watt [vatio] (W)**: unidad de potencia (**P**) requerida para realizar un trabajo a razón de **1 joule/seg**.
- **Farad [faradio] (F)**: unidad de medida de los capacitores / condensadores.
- **Henry [henrio] (H)**: unidad de medida de los inductores/bobinas. Es la inductancia **L** en que **1 voltio** es inducido por un cambio de corriente de **1 amperio/seg**.
- **Tiempo (t)**: unidad de medida del tiempo. Para su representación se utiliza el **segundo (seg)**.

Debemos tener en cuenta que el rango que se utiliza en voltaje va de mili a mega (**V**); en corriente va de micro a unidad (**A**) y, en resistencia, de unidad a Mega (**Ω**).

▶ RESUMEN

Recorrimos los conceptos que debemos conocer para iniciarnos en la electrónica digital: estructura atómica, movimiento de electrones, conductores y aislantes, tipos de electricidad, corriente eléctrica, resistencia y potencia y unidades de medición.

Capítulo 2

Componentes electrónicos

Los componentes electrónicos se clasifican en activos y pasivos. Conoceremos la función que cumple cada uno de ellos.

Componentes pasivos

Los componentes electrónicos pasivos son aquellos que no son capaces de amplificar una señal eléctrica (corriente) sino más bien que la limitan, disipando potencia. Se construyen con el fin de presentar una de las características ya vistas (resistencia o impedancia) de forma controlada y con valores preestablecidos, para que se pueda predecir con exactitud su comportamiento. De esa manera, hablamos de resistencias de 10 ohmios, condensadores de 10 microfaradios, etcétera. Si conocemos sus valores, podremos calcular con precisión sus efectos en un determinado circuito.

RESISTENCIAS

Las resistencias son los componentes electrónicos más utilizados. Sus funciones van desde la limitación de la corriente o la división de voltajes, hasta la carga de amplificadores.



Figura 1. Existen resistencias de diversos tamaños de acuerdo con la potencia que sean capaces de disipar.

Debido a su versatilidad y uso extendido, se las fabrica en valores que van desde décimas de ohmio hasta decenas de millones de ohmios.

Anteriormente hemos visto que, por efecto Joule, se disipa potencia en forma de calor cada vez que la corriente circula a través de una resistencia. La cantidad de calor depende del valor de la resistencia y de la corriente. Por este motivo, las resistencias fabricadas para poder disipar altas potencias (más cantidad de calor) deben tener dimensiones físicas mayores que las de menor potencia. De no ser así, una acumulación de calor en una masa pequeña produciría la destrucción de la resistencia.

Los fabricantes ofrecen las resistencias catalogadas por su valor óhmico y por la potencia en Watts que son capaces de soportar.

En el circuito de la Figura 2, la ley de Ohm establece que circula una corriente de 0,2 A (200 miliamperes), y con la ley de Joule podemos calcular que la potencia disipada será de 4 W. Por

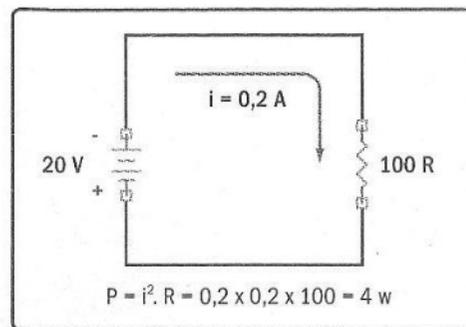


Figura 2. En este caso, la resistencia debe ser capaz de disipar, como mínimo, 4 W.

norma, se establece un margen de seguridad en el caso de la potencia, utilizando un valor mayor al calculado.

En general, y para mayor claridad, en resistencias de pequeño tamaño físico se estampa su valor por medio de unas barras de color que siguen un código establecido. Se trata de tres barras juntas y una cuarta separada que se comienzan a leer desde el extremo opuesto a esta última. El valor está conformado por un uno seguido de un cero (ya vamos formando el número diez) al que se le agregan dos ceros, con lo cual formamos el 1000. Por lo tanto, es una resistencia de 1000 ohms o 1 kΩ. La tolerancia indica que el valor real que podemos esperar es $1000 \pm 50 \Omega$.

Existe una variante a este sistema, que consiste en agregar una franja más. Así, las tres primeras

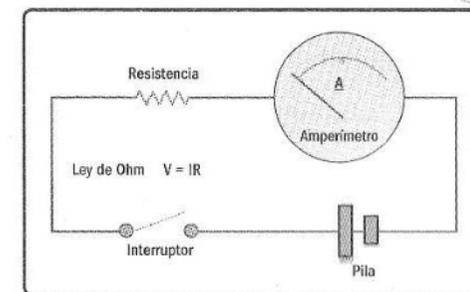


Figura 3. Representación de la ley de Ohm.

barras corresponden a números, la cuarta a los ceros y la quinta a la tolerancia. Es frecuente encontrar esta forma de codificación en las resistencias con tolerancia de 1% o menos.

Un detalle importante es el hecho de que en este tipo de codificación no se indica la potencia. En el momento de la sustitución, esta estará bien calculada o determinada empíricamente,

Color	1 Cifra	2 Cifra	Multiplicador	Tolerancia
Negro		0	0	
Marrón	1	1	10	+/- 1%
Rojo	2	2	100	+/- 2%
Naranja	3	3	1000	
Amarillo	4	4	10000	
Verde	5	5	100000	+/- 0.5%
Azul	6	6	1000000	
Violeta	7	7	10000000	
Gris	8	8	100000000	
Blanco	9	9	1000000000	
Oro			0.1	+/- 5%
Plata			0.01	+/- 10%
Sin color				+/- 20%

Tabla 1. Códigos de colores utilizados en las resistencias que se adquieren comercialmente.

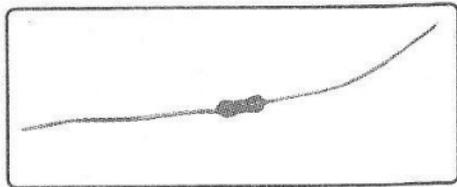


Figura 4. Las resistencias de precisión disponen de cinco barras para indicar su valor.

teniendo en cuenta su tamaño y función dentro del circuito. En los casos de potencias superiores a uno o dos Watts (dependiendo del fabricante), los valores se estampan de forma explícita y allí sí se indica la potencia.

Resistencias en serie

Cuando dos o más componentes se conectan uno a continuación de otro, se dice que están en serie. En el caso de las resistencias, al estar conectadas en serie, se suman sus valores. Esto significa que se comportan como una sola que posee una resistencia igual a la suma de sus respectivos valores.

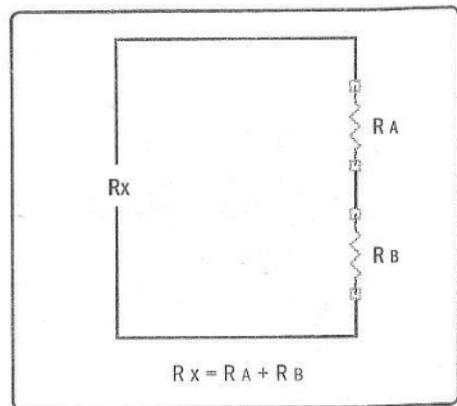


Figura 5. Dos resistencias en serie suman sus valores y, en conjunto, disipan la suma de sus potencias.

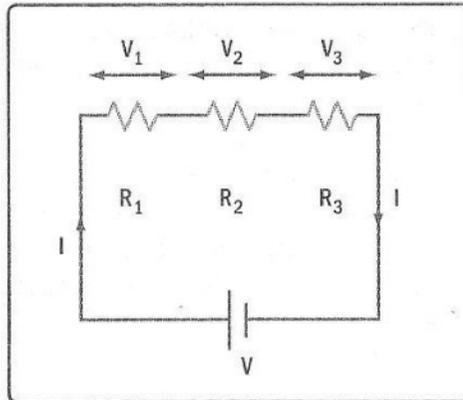


Figura 6. Montaje de resistencias en serie.

A la conexión de dos resistencias en serie se la conoce como divisor de tensión, porque el voltaje aplicado se divide entre ambas resistencias.

Un tipo de resistencia variable (el potenciómetro) constituye un divisor de tensión ajustable. El control de volumen analógico es un ejemplo de su uso, en el cual la amplitud del sonido se

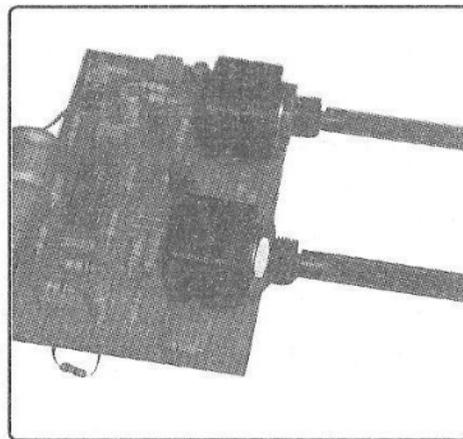


Figura 7. El potenciómetro permite regular el volumen de un amplificador.

ajusta al valor deseado mediante el ajuste de la posición de un contacto sobre una pista resistiva, generalmente, de carbón.

Resistencias en paralelo

La conexión en paralelo es la opuesta a la serie. Dos o más componentes se interconectan de manera que el voltaje se aplica simultáneamente a ambos.

En el caso de dos resistencias en paralelo, el valor equivalente se determina mediante la fórmula:

$$R_t = \frac{R_a \times R_b}{R_a + R_b}$$

Si se trata de más de dos resistencias, la fórmula se complica un poco:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Es decir: el inverso de la resistencia resultante corresponde a la suma de los inversos de cada una de ellas. En ambos casos, la potencia total disipada es la suma de las potencias parciales.

Tipos de resistencias

Constantemente, los fabricantes investigan nuevas formas de creación de componentes

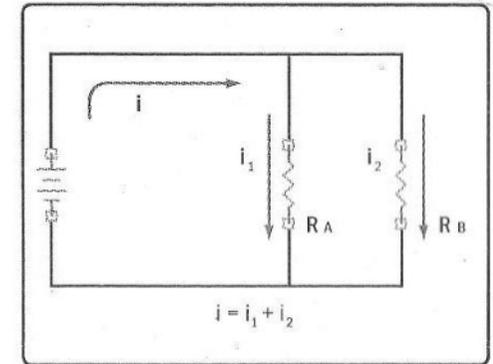


Figura 8. Dos resistencias en paralelo presentan una resistencia más pequeña que la menor de ambas.

electrónicos. No obstante, existe una serie de tipos estándar de resistencias, en función de los materiales empleados en su fabricación. A continuación veremos un listado de los tipos. Esto no constituye un análisis exhaustivo de estas, sino una mera introducción:

- **Película de carbón:** sobre un sustrato cilíndrico de porcelana se aplica una película de carbón que está recubierta por una laca aislante. Poseen buena tolerancia, baja inductancia (lo ideal sería cero) y bajo ruido. Constituyen la gama de potencias bajas, y sus valores suelen marcarse con el código de colores.

▶ VALORES EXPLÍCITOS

En el mundo anglosajón el punto es el separador decimal. Para evitar malas interpretaciones, se lo sustituye por el múltiplo correspondiente o por la letra R en el caso de valores de pocos Ohms. Así, 2k2 indica 2200 Ohmios, y 0R47 indica 0.47 Ohmios.

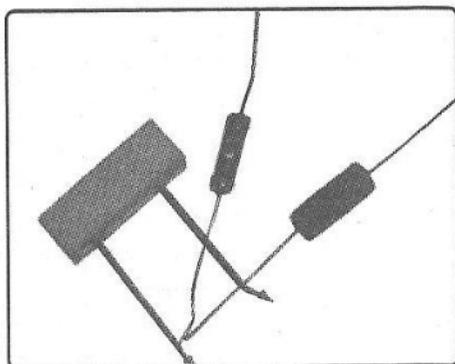


Figura 9. Los distintos tipos de resistencia presentan aspectos bien diferenciados.

- **Alambre:** se construyen con alambre especialmente desarrollado para presentar una resistencia mayor que la de un conductor convencional. Para lograr valores importantes, es necesario bobinarlas sobre un material aislante, de modo que estas resistencias presentan un valor de inductancia significativo. Esta característica limita su uso a circuitos de bajas frecuencias o corriente continua. Se las fabrica en una gama de potencias desde 10 Watts hasta valores elevados que escapan el uso electrónico y pasan al campo industrial.
- **Cerámicas:** también se realizan con alambre, pero este se encuentra alojado dentro de una pieza de cerámica ahuecada. Se fabrican en

rangos que van desde los 5 hasta los 25 Watts (dependiendo del fabricante), y la solidez de su construcción las ha tornado muy utilizadas en las actuales fuentes de alimentación.

- **Montaje superficial** (o SMD por su sigla en inglés, Surface Mount Device): por su pequeño tamaño físico, son especialmente aptas para trabajos a altas frecuencias, pero están severamente limitadas en cuanto a la potencia que pueden disipar. Debido a sus dimensiones, no resulta práctico el uso del código de colores. Su valor se estampa en una serie de tres números, donde el tercero corresponde a la cantidad de ceros. Así, una resistencia marcada como 103 será de 1 k Ω , 274 corresponde a 270 k Ω , etcétera. Para valores menores a 100 Ω se utiliza la letra R, donde 47R equivale a 47 Ohms; 2R2 a 2,2 Ohms,

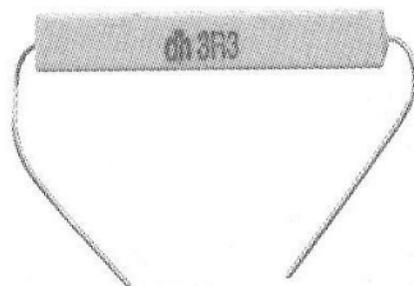


Figura 10. Imagen de una resistencia cerámica.

etcétera. En las resistencias SMD no se indica la tolerancia (suele ser muy baja) ni la potencia (del orden de 1/16 a 1/8 de Watt).

CONDENSADORES

Luego de la resistencia, el componente que le sigue en frecuencia de uso es, sin dudas, el condensador. La unidad de capacidad (Faradio) resulta excesivamente elevada, de modo que en la práctica encontramos condensadores desde unos pocos pico-faradios (pF, millonésima de millonésima de Faradio o 10^{-12} F) hasta algunos miles de micro-faradios (μF , millonésima parte del Faradio o 10^{-6} F).

Como se puede apreciar, los condensadores de mayor valor llegan a ser millones de veces más grandes que los más pequeños.

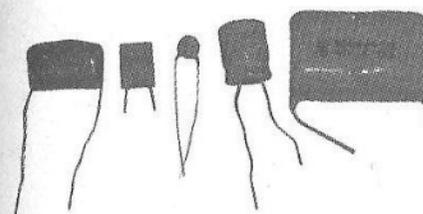


Figura 11. Las formas de los condensadores suelen ser diferentes, pero responden a la misma teoría de funcionamiento.

Como se definió antes, la capacidad de un condensador depende de la superficie enfrentada y del tipo de dieléctrico utilizado, más específicamente, de la llamada constante dieléctrica.

La constante dieléctrica es la propiedad de ciertos aislantes de aumentar la capacidad de dos placas enfrentadas, con respecto a la que tendrían si solamente se las aislara con aire. A lo largo del tiempo se ha experimentado con infinidad de dieléctricos, y siempre se han buscado condensadores más pequeños y estables ante los cambios de temperatura.

De esta manera, encontramos condensadores de cerámica, mica, poliéster, electrolíticos, tantalos, etcétera. De ellos, el electrolítico es un caso especial. Su dieléctrico está formado por un líquido (llamado electrolito) que impregna el material aislante y hace que la capacidad se multiplique. Una falla frecuente que suele tener este tipo de condensador es cuando se seca. Es decir, pierde el electrolito con el paso del tiempo y, por ende, es como si fuera quitado del circuito.

Veamos, a continuación, las características de los distintos condensadores.

EL LLAMADO RUIDO ELÉCTRICO

Todo procesamiento electrónico de una señal está acompañado de la creación de otras señales no deseadas, llamadas ruido. La relación señal-ruido es una medida de la calidad de un circuito, de su habilidad para procesar una señal de forma fiel.

TENSIÓN DE RUPTURA

Sea cual sea el tipo de dieléctrico, habrá un voltaje capaz de hacer saltar una chispa entre las placas, y así arruinará al condensador. El fabricante indica cuál es la tensión de ruptura, que jamás deberá alcanzarse, para evitar su destrucción.

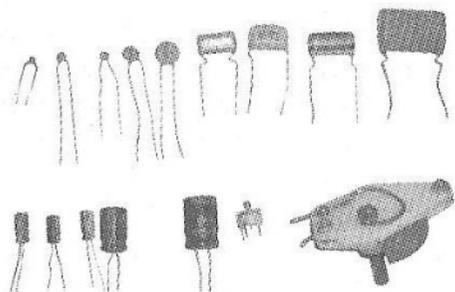


Figura 12. Selección de condensadores.

Electrolíticos: sus valores oscilan entre unos pocos μF hasta algunos miles de μF , y son los que alcanzan mayores capacidades. Los más pequeños se utilizan como acoplamiento entre etapas, mientras que los medianos y los mayores encuentran aplicación para desacoplamiento y filtrado en fuentes de alimentación (más adelante aclararemos estos términos). Su desempeño es deficiente a altas frecuencias, su tolerancia es muy amplia y su estabilidad térmica suele ser bastante pobre.

Cerámicos: los más pequeños van desde algunos pico-faradios hasta 10 nF (nano-faradios, que corresponde a 1000pF o 0,001 μF). Algunos de ellos poseen una muy buena estabilidad térmica, se utilizan en circuitos de altas frecuencias como acoplamiento y en circuitos

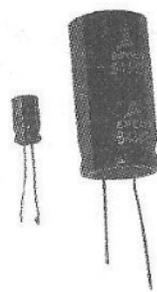


Figura 13. En los electrolíticos, las tensiones máximas van desde pocos voltios hasta 400 V.

generadores de reloj para los microprocesadores. Su forma típica suele ser un disco, como se observa en la siguiente figura.

Poliéster: su uso está bastante generalizado, los valores de capacidad oscilan entre 1nF y

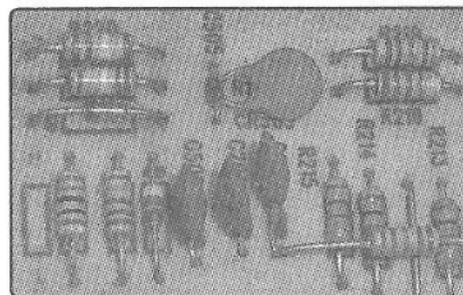


Figura 14. Circuito de clock de un micro con condensadores de disco.

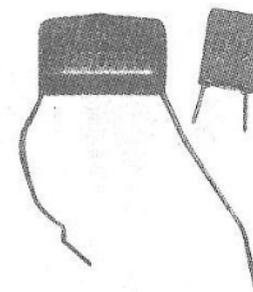


Figura 15. Condensadores de poliéster, que se encuentran en todo tipo de circuitos.

1 μF , aproximadamente, y las tensiones máximas van entre unos 50 y a 400 voltios, aunque excepcionalmente se los puede encontrar de tensiones mayores.

Condensadores en serie

En la serie de condensadores, la capacidad resultante es menor a la menor de ellas. Se calcula de forma análoga al paralelo de las resistencias:

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Condensadores en paralelo

La conexión en paralelo de los condensadores puede ayudarnos a resolver un problema en forma provisoria cuando no disponemos del valor

que necesitamos, pues corresponde a la suma de los valores individuales. Es importante destacar que la tensión de trabajo segura ha de ser menor que la menor de las tensiones individuales.

BOBINAS Y TRANSFORMADORES

Las bobinas son los componentes pasivos menos utilizados. En circuitos de pequeña señal, aparecen en forma de chokes, esto es, para aislar las altas frecuencias de un sector específico del circuito. Los sintonizadores de radio y TV son los circuitos donde más encontramos bobinas que forman parte de los circuitos sintonizados.

Las bobinas prácticamente no sufren daños, salvo los correspondientes a la corrosión del alambre.

Transformadores

Cuando dos bobinas están próximas entre sí, al aplicar tensión alterna v_1 en una de ellas (que denominaremos primario), en la otra (secundario) se ha de inducir una tensión v_2 , que será proporcional a la tensión aplicada y a la relación de espiras entre secundario y primario (llamada relación de transformación).

$$V_2 = V_1 \cdot \frac{n_2}{n_1}$$

VOLTAJE A LA CARTA

Dada una tensión v_1 , podemos elegir la relación de espiras para obtener el valor v_2 deseado. Si agregamos más bobinados próximos, en estos también se inducirán tensiones. Por eso, es común encontrarse con transformadores con más de un secundario.

TRANSFORMADORES DE PULSOS

Los transformadores suelen usarse para acoplar señales entre dos circuitos. Si bien podrían acoplar cualquier tipo de señal, su uso está restringido a ondas rectangulares, llamadas pulsos. Esta aplicación es frecuente en fuentes conmutadas.

Donde n_2 y n_1 son las espiras del secundario y del primario, respectivamente.

Para aumentar la concentración del campo magnético y reducir de esa manera el tamaño de los bobinados, estos se disponen alrededor de una pieza de material ferromagnético (hierro-silicio, ferrita) denominada **núcleo**.

Con el crecimiento de la popularidad de las fuentes conmutadas (que trabajan a altas frecuencias), se ahorra espacio pues el transformador resulta más pequeño para una misma potencia, y al mismo tiempo se logran mayores rendimientos al disminuir las pérdidas.

Componentes activos

La válvula triodo de Lee De Forest fue el primer componente activo de la historia, y por eso se la asocia al nacimiento de la electrónica. Los componentes activos son los responsables de que un circuito electrónico determinado cumpla la función para la que fue diseñado. Este propósito se logra mediante el control del flujo de la corriente que le suministra una fuente de alimentación; se interconectan mediante componentes pasivos.

DIODOS

El diodo es el componente activo básico y de su teoría se derivan los demás componentes.

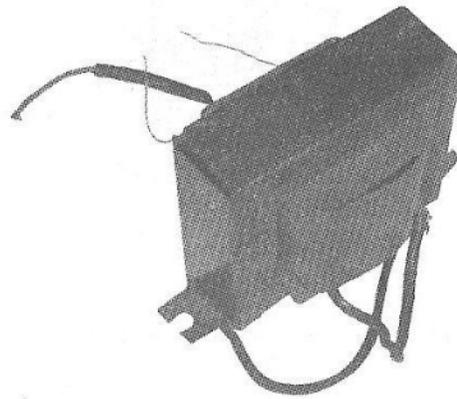


Figura 16. Transformador para 50 Hertz con núcleo de hierro utilizado en una fuente de alimentación.

Básicamente, es un dispositivo que permite el pasaje de corriente en un sentido (polarización directa) y la bloquea en el sentido opuesto (polarización inversa).



Figura 17. El transformador con núcleo de ferrita es más pequeño que un transformador con núcleo de hierro.

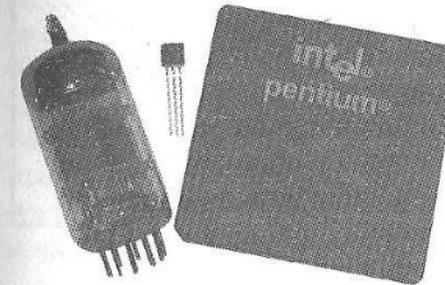


Figura 18. Una válvula electrónica del año 60, un transistor de silicio actual y un chip Pentium del 92.

Se los denomina **semiconductores** pues están fabricados con alguna de esas sustancias, en la mayoría de los casos, silicio.

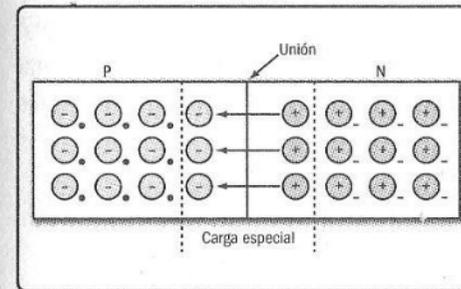


Figura 19. La estructura cristalina se ve perturbada por la presencia de átomos ajenos.

Veamos qué sucede si a este cristal le agregamos algunos átomos de otra sustancia, pero con valencia cinco (cinco electrones en su última capa). Ahora aparecerán electrones que no están atrapados en la malla cristalina y, por lo tanto, necesitarán menor cantidad de energía para conformar una corriente. Puesto que la sustancia utilizada es diferente del cristal, se dice que este ha sido **dopado**.

A primera vista, parecería que el cristal ahora está cargado negativamente, pues le sobrarían electrones, pero esto no es así. Los **electrones extra** están compensados por las cargas positivas que los núcleos de los átomos dopantes poseen; por lo tanto, nuestro cristal permanece neutro pero con cargas negativas (electrones) listas para iniciar la circulación de corriente. Por este motivo, al cristal dopado con átomos de valencia cinco se lo denomina del tipo **N**.

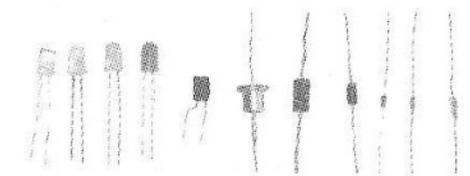


Figura 20. Selección de diodos.

▶ UNA ESTRUCTURA RÍGIDA

En la naturaleza, los semiconductores presentan una estructura cristalina y poseen cuatro electrones en su última capa (valencia). Conforman una malla estable, donde la circulación de corriente en condiciones normales aparece impedida.

2. Componentes electrónicos

Del mismo modo, si el átomo dopante es de valencia tres en lugar de cinco, la conductividad también se verá favorecida, en este caso, por los llamados huecos que han sido causados por la falta de un electrón de valencia. A este cristal se lo denomina del tipo P.

Si unimos un cristal del tipo P y uno N, parecería que se fueran a neutralizar los electrones con los huecos. Sin embargo, debemos recordar que ambos cristales son neutros así como están, de manera que sólo algunos electrones y lagunas (los más próximos entre sí) van a neutralizarse, creando una región de cargas en la unión llamada carga espacial.

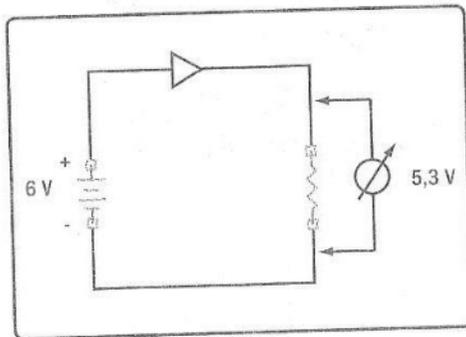


Figura 21. Al unir un cristal tipo P y uno tipo N formamos una juntura que da origen al diodo.

DIODO RECTIFICADOR

Por la unidireccionalidad de la circulación de corriente, al aplicarle una corriente alterna, el diodo se polariza en directa durante el semiciclo positivo, y en inversa en el negativo. Por eso, al diodo se lo llama rectificador.

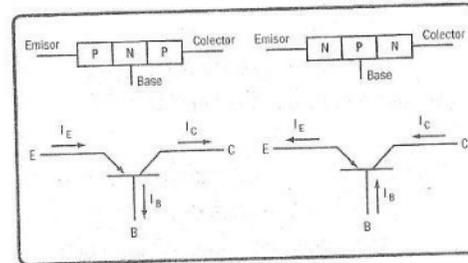


Figura 22. La tensión de umbral hace que en la resistencia de carga no aparezca toda la tensión de la batería.

La carga espacial produce un pequeño potencial que es necesario vencer, llamado barrera de potencial o tensión de umbral. En los diodos convencionales de silicio, el valor de esta tensión de umbral es de 0,7 V aproximadamente.

Sin embargo, si conectamos el polo negativo al cristal P, y el positivo al N, los huecos del cristal P son atraídos hacia el terminal negativo, y los

Al unir un cristal de tipo P y uno de tipo N, solo algunos electrones van a neutralizarse

electrones del cristal N son atraídos hacia el terminal positivo, ensanchando así la carga espacial sin que se produzca la circulación.

Si se polariza excesivamente en forma inversa, se llegará a una tensión llamada de Zener, en la que se producirá una avalancha que, si no se controla, puede producir la destrucción del diodo.

Tipos de diodos

Además de los convencionales diodos rectificadores, es frecuente encontrar otras variedades para usos específicos:

- **Zener:** algunos diodos se fabrican con el fin de aprovechar el efecto de avalancha. Se los conoce como diodos Zener y se usan como referencia de tensión, pues el fabricante establece exactamente a qué tensión inversa se producirá este efecto.
- **Shotky:** todos los diodos poseen una pequeña capacidad no deseada en su zona de carga espacial llamada capacidad parásita. El diodo Shotky presenta una capacidad menor que lo



Figura 23. Imagen de un diodo Zener.

normal y una menor barrera de potencial, del orden de los 0,2 V. Por estos motivos, es apto para trabajar en frecuencias elevadas.

- **Varicap:** en estos se aprovecha el fenómeno que crea la capacidad parásita para obtener un condensador cuyo valor varía con la tensión inversa aplicada.
- **Fotodiodos:** diodos en los que la corriente que conducen en polarización directa resulta modificada mediante la luz. Los hay sensibles al espectro de luz visible y al infrarrojo.
- **Diodos emisores de luz (LED,** por su sigla en inglés): son capaces de emitir luz (visible e infrarroja) al ser polarizados en forma directa. Se los fabrica para diversas longitudes de onda y se los utiliza en gran medida como indicadores de panel.

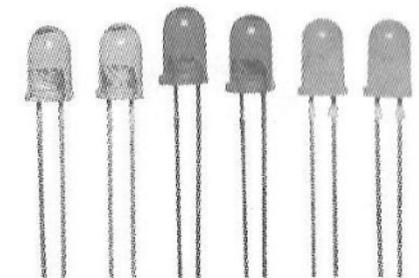


Figura 24. Diodos emisores de luz en diferentes colores.

TENSIÓN DE PICO INVERSA

La tensión de pico inversa es el máximo valor de tensión inversa que el fabricante recomienda para evitar la zona de avalancha. Nunca se debe permitir que un rectificador llegue a alcanzar este valor.

Los transistores bipolares están formados por tres electrodos y dos diodos

TRANSISTORES

El transistor bipolar es el más utilizado, y fue creado en el año 1948 en los laboratorios Bell de Estados Unidos mediante la unión de tres cristales dopados, que permitieron obtener dos junturas en un mismo chip.

Es posible utilizar dos cristales N y uno P o dos P y uno N, dando lugar así a los dos tipos de

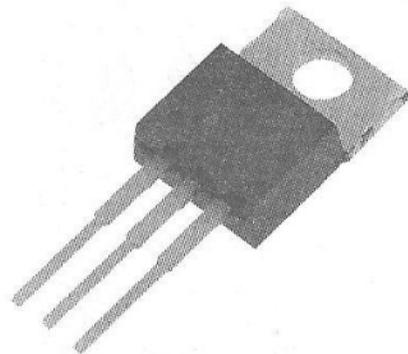


Figura 25. Transistor bipolar simple.

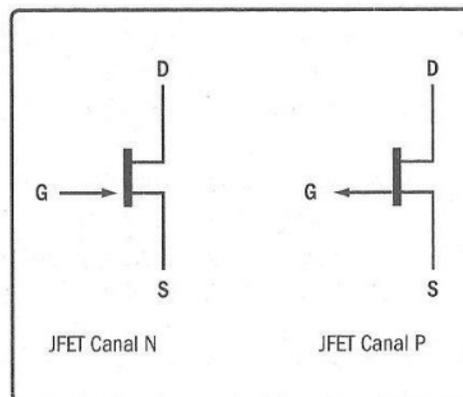


Figura 26. La corriente de base controla a la corriente del colector, y esta última es mayor que la primera.

transistor bipolar: NPN y PNP. La teoría de funcionamiento es igual en ambos, pero se diferencian en la polaridad de las tensiones de alimentación, que son opuestas en cada uno.

El transistor posee tres electrodos: base, emisor y colector, y está formado por dos diodos: base-emisor y base-colector.

La corriente del colector, al ser controlada por la de base, sigue sus fluctuaciones pero con una magnitud mayor. Por lo tanto, el transistor es capaz de amplificar.

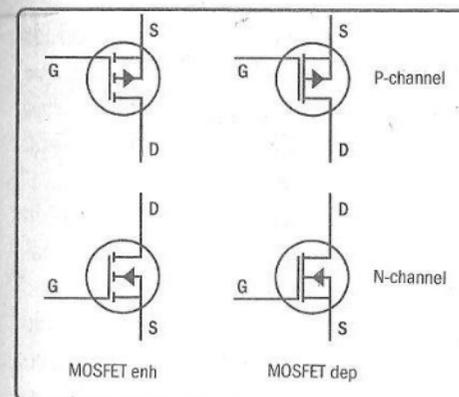


Figura 27. El cociente entre la corriente de colector I_c y la corriente de base I_b constituye el ganancia HFE de corriente continua del transistor.

Cuenta la historia que el transistor bipolar se inventó por error, ya que sus inventores buscaban, en principio, un elemento cuya resistencia entre extremos pudiera variarse mediante la tensión aplicada a un electrodo de control. Es decir, algo cuyo funcionamiento fuera más parecido al de la antigua válvula triodo.

Sin embargo, el dispositivo que buscaban originalmente también se fabricó: se trata del transistor de efecto de campo de juntura (JFET), y consiste en un canal semiconductor dopado (los hay

de canal N o P) con electrodos en ambos extremos, llamados drenador (d) y surtidor (s). Un tercer electrodo llamado compuerta (g) se conecta a un cristal con polaridad contraria a la del canal que lo rodea y forma una juntura.

Normalmente, entre el drenador y el surtidor puede circular corriente, pues el cristal que forma el canal está dopado y presenta una cierta resistencia menor que la propia resistencia que poseen los semiconductores.

Si entre la compuerta y el surtidor aplicamos una tensión tal que la juntura se polarice en forma inversa, se formará una capa llamada de agotamiento, que efectivamente reduce la sección del canal aumentando su resistencia y disminuyendo, en consecuencia, la corriente. De esa manera, la tensión de compuerta controla (o modula) la corriente de drenador.

El transistor bipolar se inventó por error, al buscarse algo similar a un válvula triodo

ORIGEN DEL NOMBRE TRANSISTOR

En este dispositivo se transfiere señal de un circuito con baja resistencia (base-emisor) a uno de alta resistencia (base-colector). de allí su nombre, por la contracción de los términos **transfer** (transferencia) y **resistor** (resistencia).

REGÍMENES MÁXIMOS

El fabricante establece valores máximos que jamás deben alcanzarse durante el funcionamiento, bajo el riesgo de destruir el transistor. Los más importantes son las corrientes de base y colector, la tensión colector-emisor y la potencia disipada.

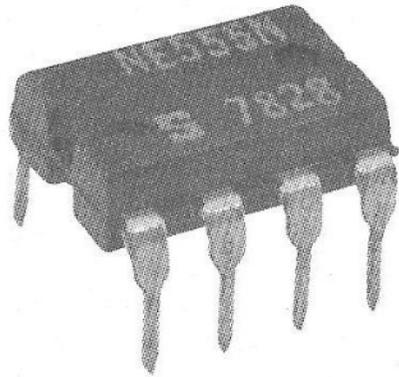


Figura 28. Los transistores se fabrican de canal P o N, y también este puede aumentar o disminuir con la tensión de compuerta.

Una variación del JFET consiste en utilizar un electrodo metálico a modo de compuerta, aislando del canal mediante un óxido. Esto da lugar al MOSFET (metal óxido semiconductor), y puesto que la compuerta está aislada, la resistencia de entrada es casi infinita (recordemos que el aislante perfecto no existe). Esta variedad de FET suele ser la más utilizada.

TYRISTORES

Son elementos de tres terminales que se comportan como interruptores. Al aplicar un voltaje a su electrodo de control (compuerta), se

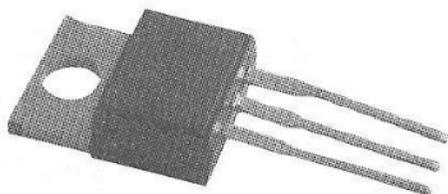


Figura 29. Imagen de un TRIAC.

establece la circulación de corriente entre los otros (ánodo y cátodo), habida cuenta de que la polaridad de estos sea la correcta. Es algo así como un diodo con un electrodo de control.

La baja resistencia que permite esa circulación continúa aunque la tensión de control desaparezca, volviendo a su condición de apagado solamente cuando la corriente ánodo-cátodo vuelva a cero por causas externas o se invierta la polaridad en sus electrodos. Este comportamiento lo vuelve poco útil en corriente continua, pero constituye un estupendo interruptor en corriente pulsante, pues cuando cesa la tensión de compuerta, la corriente de cátodo se cortará no bien pase por cero.

Para el control de la corriente alterna existe un dispositivo similar llamado TRIAC, que es inmune a los cambios de polaridad. Por tal motivo, a sus terminales principales no se les denomina ánodo o cátodo (palabras que están asociadas de alguna manera a determinada polaridad), sino terminal 1 (MT1) y terminal 2 (MT2).

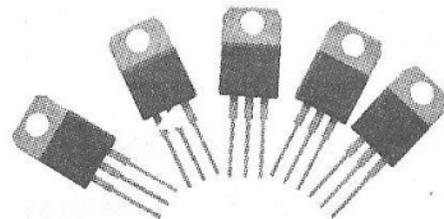


Figura 30. Con una pequeña tensión continua podemos controlar el encendido de una lámpara mediante un TRIAC.

Los circuitos integrados analógicos poseen alta ganancia y elevada impedancia de entrada; constituyen sumadores

CIRCUITOS INTEGRADOS

Con la miniaturización de los componentes, fue posible introducir circuitos enteros dentro de un encapsulado. Esto permitió la realización de circuitos electrónicos cada vez más sofisticados, más compactos y más accesibles en cuanto a costos. Básicamente, a estos circuitos se los divide en analógicos y digitales.

Integrados analógicos

Son aquellos en los que el tratamiento de las señales es continuo, tal como en los amplificadores. De hecho, los primeros integrados de fabricación masiva fueron los llamados amplificadores operacionales.

El origen de su nombre es bastante curioso: debido a sus características de alta ganancia y elevada impedancia de entrada, son ideales para

realizar circuitos diferenciadores e integradores, capaces de entregar en la salida una forma de onda correspondiente a la diferencial o a la integral matemática de la señal de entrada. Además, constituyen en sí mismos sumadores. Estas cualidades se consideraban muy importantes en aquellos momentos en los que aún se tenía la idea de fabricar computadoras analógicas en lugar de digitales, y por su capacidad de realizar operaciones matemáticas se los denominó de esa manera.

Debido a que constituyen estupendos amplificadores, su uso es muy extendido a pesar de que han sido desplazados del campo de los computadores por los más apropiados chips digitales.

Casi cualquier tipo de circuito que se pueda realizar (como los amplificadores, los osciladores, y los temporizadores, entre otros) es factible de

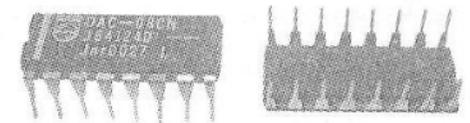


Figura 31. Algunos circuitos integrados mantienen su vigencia aun décadas después de su lanzamiento.

EL MICROPROCESADOR

Sin dudas, el integrado digital más renombrado es el microprocesador, con el que controlamos cosas tan diferentes como el volumen de nuestra TV, la cocción de alimentos en el horno de microondas o la computadora.

El micro puede efectuar diferentes tareas en función de un programa

tener su versión integrada, a la que solo basta agregarle algunos dispositivos pasivos para obtener un bloque funcional.

Integrados digitales

En los integrados digitales lo importante es si una señal (tensión) está presente o no. Es decir, responden a **cambios de estado binarios** (sí o no). Mediante la adecuada combinación de circuitos y aplicando álgebra binaria, es posible realizar electrónicamente cualquier cálculo con una aproximación razonable, y esto constituye el cimiento en el cual reposa la electrónica digital. En este campo, la variedad de circuitos integrados existente es tan amplia como la imaginación de los fabricantes.

El micro tiene una particularidad que lo distingue y es la causa de su enorme importancia en la electrónica de hoy. A diferencia de los demás circuitos (sean análogos o digitales) que se han diseñado para cumplir una tarea específica

(amplificadores, contadores), el micro posee la capacidad de efectuar diferentes tareas en función de un programa.

Ese programa, almacenado en una memoria, está constituido por una serie de instrucciones que le indican qué es lo que debe hacer y cómo debe realizarlo, todo ello sincronizado por una señal cuadrada llamada reloj (clock), indispensable para el funcionamiento del procesador y generalmente externa a él.

Los ingenieros cambian el programa y algunos pocos componentes extra, pero el mismo micro que controla las funciones de brillo y contraste en un monitor es capaz de controlar los motores y el cabezal en una impresora. Por eso, **versatilidad y miniaturización** son las ventajas primordiales de los microprocesadores.

Integrados analógicos y digitales, algunos transistores discretos (no integrados) interconectados por componentes pasivos y algún dispositivo de potencia como el TRIAC, son el panorama que con frecuencia presentan los bloques circuitales. La forma de representarlos gráficamente y las técnicas de diagnóstico son temas que veremos en los próximos capítulos.

RESUMEN

Conocimos los componentes electrónicos y las tareas que desempeñan en un circuito. Analizamos los componentes pasivos y activos, resistencias, condensadores, bobinas, transformadores, diodos, transistores, tiristores y circuitos integrados.

Capítulo 3

Electrónica digital

La evolución de lo digital permite estudiar la electrónica desde parámetros distintos a lo analógico.

Inicio de la electrónica digital

En primer lugar, vamos a definir a la electrónica como la ciencia que se encarga de estudiar los fenómenos relacionados con el transporte de carga eléctrica en medios materiales, junto con la construcción de dispositivos, circuitos y sistemas basados en ellos. Esta ciencia se divide en dos grandes ramas:

- **Electrónica analógica:** es la parte de la electrónica que trabaja con variables continuas, de tal forma que una pequeña modificación en alguna variable puede producir un gran cambio en el comportamiento del circuito. Por lo tanto, las variables serán números reales. Un ejemplo de estos circuitos puede ser un amplificador de señal.
- **Electrónica digital:** es la parte de la electrónica que trabaja con variables discretas. Esto implica que una pequeña modificación en alguna de las variables del circuito (siempre que no cambie su valor discreto) no producirá un cambio apreciable en el comportamiento del circuito, que no depende del valor exacto de la señal.

Un mismo circuito electrónico, dependiendo de la zona de operación que se analice, tiene su parte de razonamiento analógico y digital.

¿Qué es la electrónica digital?

Consiste en la rama de la electrónica que estudia las señales eléctricas, en forma de

señales discretas. Es decir, las señales que están bien identificadas y que se pueden conceptualizar en dos estados posibles ante un determinado nivel de tensión:

- **Estado alto:** comúnmente denominado high (H) o uno (1) lógico.
- **Estado bajo:** también conocido como low (L) o cero (0) lógico.

Si suponemos que, en un sistema digital, la señal eléctrica trabaja con 0 Volt y 5 Volt, entonces 5 Volt será el estado alto o 1 lógico y, 0 Volt, el estado bajo o 0 lógico. A esta interpretación se la llama **lógica positiva**, que es la empleada en los análisis y diseños de circuitos. También existe la **lógica negativa**, que es la interpretación inversa a la anterior.

Sistema digital

Un sistema digital es cualquier dispositivo destinado a la generación, transmisión, procesamiento o almacenamiento de señales digitales. Además, un sistema digital es una combinación de dispositivos diseñado para manipular cantidades físicas o información que estén representadas en forma digital, es decir, que solo puedan tomar valores discretos.

Un mismo circuito tiene una parte de razonamiento analógico y otra digital

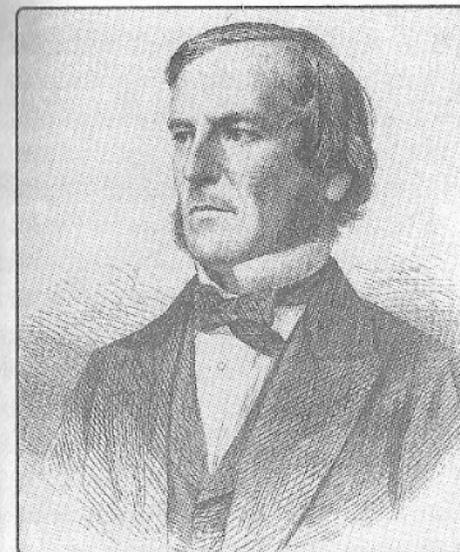


Figura 1. Retrato de George Boole.

En la gran mayoría de los casos, estos dispositivos suelen ser electrónicos, pero también pueden ser mecánicos, magnéticos o neumáticos. Para el análisis y la síntesis de sistemas digitales binarios, se utiliza como herramienta el álgebra de Boole.

Los sistemas digitales pueden ser de dos tipos:

- **Combinacionales:** son aquellos en los que la salida del sistema solo depende de la entrada presente. Por lo tanto, no necesita módulos de memoria, ya que la salida no depende de entradas previas.
- **Secuenciales:** la salida depende de la entrada actual y de las entradas anteriores. Esta clase de sistemas necesita elementos de memoria que recojan la información de los sucesos ocurridos en el sistema.

Señales analógicas y digitales

Una señal analógica es un voltaje o corriente que varía suave y continuamente. Una onda senoidal es una señal analógica de una sola frecuencia.

Los voltajes de la voz y del video son señales analógicas que fluctúan de acuerdo con el sonido o las variaciones de la luz que corresponden a la información que se está transmitiendo.

Las señales digitales, en contraste con las señales analógicas, no varían en forma continua, sino que cambian en pasos o en incrementos discretos. La mayoría de las señales digitales utilizan códigos binarios o de dos estados.

Diferencia entre electrónica analógica y digital

En la mayoría de los conceptos vertidos hasta el momento, se pueden apreciar las diferencias que existen en ambos sistemas. Podemos describir los siguientes conceptos de cada término:

- **El término analógico:** se refiere a las magnitudes o los valores que varían a lo largo del

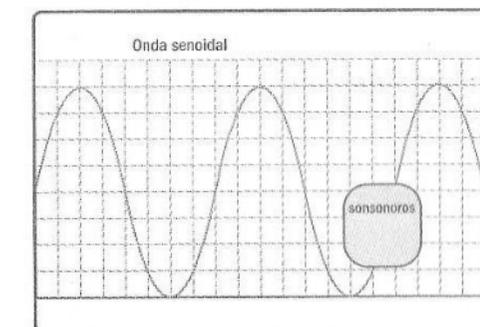


Figura 2. Representación de una onda senoidal.

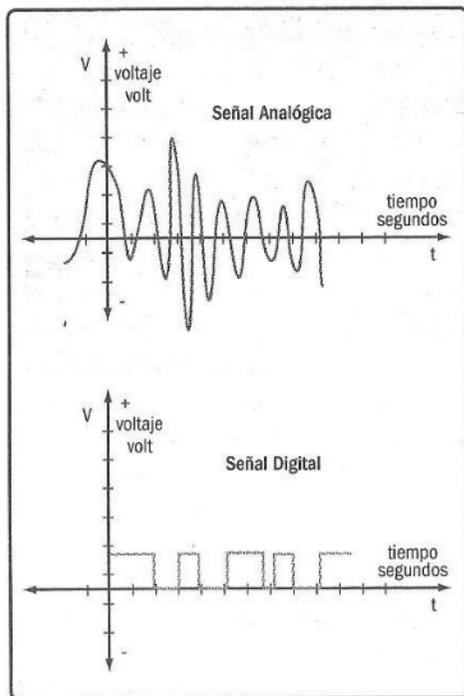


Figura 3. Señal analógica: en función de la tensión, la curva toma diferentes valores. Señal digital: la forma cambia entre dos valores en función de la tensión: alto y bajo.

tiempo en forma continua, como, por ejemplo, la distancia, la temperatura y la velocidad. La electrónica analógica opera con señales que poseen múltiples niveles.

• **El término digital:** se refiere a cantidades discretas, como la cantidad de personas en una sala, la cantidad de libros en una biblioteca, etcétera. Los sistemas digitales tienen una alta importancia en la tecnología moderna, especialmente en la computación y en los sistemas de control automático. La electrónica digital opera con pulsos que se representan con unos y ceros.

En los sistemas analógicos, la información está ligada a la forma de la onda. Si esta se degrada, se pierde información. Cualquier inducción de ruido o alguna otra señal parásita es suficiente para deformar la señal de origen. Cada tipo de señal necesita de circuitos electrónicos particulares según las características y aplicaciones.

En electrónica digital, existe una manera diferente de modificar, almacenar, recuperar y transportar las señales, que permite solucionar los problemas que ocurren en las señales analógicas. Esencialmente, se basa en convertir las señales en números. De este modo, una señal digital es una señal que está representada por un conjunto de números. Entonces, son estos los que se manipulan, almacenan, recuperan y transportan.

FORMAS Y NÚMEROS

En las señales analógicas, la información se encuentra en la forma de la onda. En la electrónica digital la información está en los números y no, en la forma de señal. Cualquier señal siempre se puede convertir en números y recuperarse posteriormente.

Migración de los sistemas analógicos a digitales

Este proceso se viene dando desde hace varios años. Es una transición de múltiples sistemas, como la radiodifusión, la televisión y las comunicaciones. Existen ciertos factores por los cuales los sistemas de comunicaciones migran a la tecnología digital:

- **Hardware barato:** los nuevos desarrollos en tecnología digital tienden a reducir los costos de equipamiento.
- **Nuevos servicios:** la aparición de Internet, que brinda correo electrónico, banca electrónica, etcétera, prácticamente de forma gratuita, da la posibilidad de acceder a múltiples

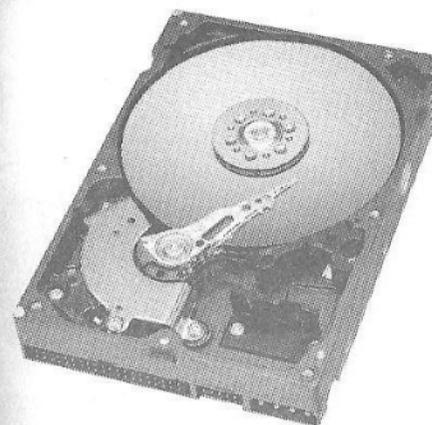


Figura 4. El acceso a hardware menos costoso es una de las grandes ventajas de la tecnología digital.



Figura 5. La transmisión de datos se ha visto revolucionada gracias a múltiples nuevos servicios que encontramos en la Red.

- alternativas a través de un portal. El factor más sobresaliente es la transmisión de datos.
- **Control de calidad:** control de errores. Tanto la tecnología digital como la analógica permiten alcanzar estándares de calidad muy altos. Pero, cuando hacemos una transmisión en la que hay muchos enlaces, la tecnología digital aporta mejores soluciones a los problemas de ruido en la transmisión.
- **Compatibilidad y flexibilidad:** una vez que las señales se han digitalizado, es posible transmitirlos por un medio parecido y usando técnicas similares.

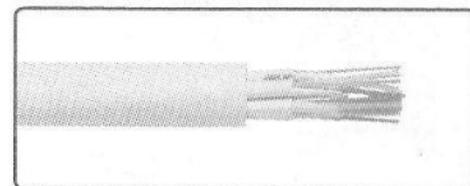


Figura 6. Nuevas tecnologías apoyan la transmisión de datos a grandes velocidades, y reducen los problemas subyacentes.

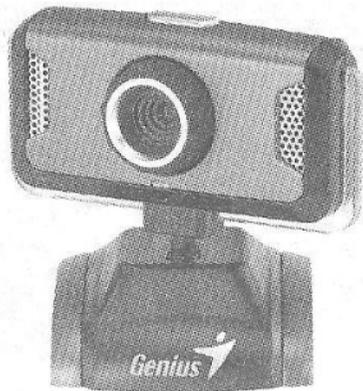


Figura 7. Las transmisiones digitales incluyen video e imágenes con una tasa de transferencia cada vez mayor.

- Seguridad de la transmisión: las técnicas digitales de transmisión permiten mejorar la seguridad, de manera que sea más difícil interceptar las señales.

Ejemplos de migraciones

Fotografía: es uno de los campos que más repercusión vienen teniendo día a día, debido



Figura 8. Las cámaras fotográficas analógicas han sido paulatinamente reemplazadas por nuevas cámaras digitales.

Los nuevos sistemas digitales abarcan la radiodifusión, la televisión y las comunicaciones

al reemplazo de aparatos digitales por cámaras que funcionaban con rollos de películas. Las cámaras actuales permiten mayor capacidad de almacenamiento de fotos, incorporación de efectos y la ventaja de poder visualizar la imagen antes de plasmarla en el papel.

Grabaciones de audio y video: prácticamente han desaparecido las técnicas de grabación y reproducción de cintas magnéticas. La aparición del formato digital CD y DVD revolucionó a toda la comunidad al brindar mayor calidad en el producto, ya sea en cuanto a audio o a reproducción de películas.



Figura 9. Las cámaras de video digitales han acercado a los usuarios la posibilidad de contar con equipos de video de alta definición a precios accesibles.



Figura 10. Sin duda, los teléfonos celulares inteligentes han traído una nueva generación de intercambio de datos a disposición de una gran cantidad de usuarios.

Telefonía celular: esta tecnología viene creciendo en forma constante, y nos sorprende con mejoras y nuevos servicios, todo integrado en un dispositivo de reducido tamaño, que ofrece múltiples funciones.

Procesamiento digital de señales analógicas

Un sistema de procesamiento digital de señales (DSP) realiza un conjunto de operaciones sobre una señal. Se puede implementar mediante software (operaciones matemáticas especificadas en un programa) o hardware digital (circuitos lógicos), configurado para llevar a cabo las operaciones deseadas.

En general, un DSP se puede implementar como una combinación de software y hardware digital, en el cual cada uno ejecuta un determinado conjunto de funciones.

Los DSP son microprocesadores que han sido diseñados con el objetivo de realizar tareas de procesamiento digital de señales.

El procesamiento digital de señales ha permitido un significativo avance en aplicaciones tales como las telecomunicaciones, las imágenes médicas, el radar y el sonar, y la reproducción de música de alta fidelidad, entre otras. Además, ha facilitado el diseño y la construcción de equipos altamente sofisticados, que realizan complejas funciones y tareas específicas en cuanto al tratamiento en tiempo real de señales en forma digital.

Elementos del sistema

El procesamiento digital de señales consiste, básicamente, en tres pasos:

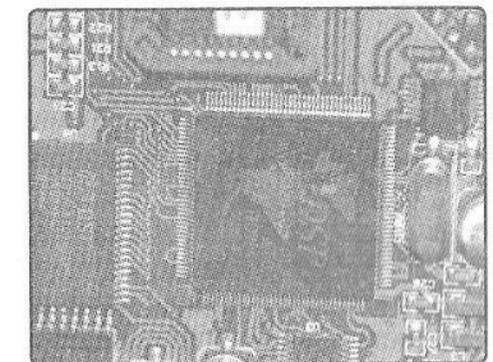


Figura 11. En la imagen vemos una captura de un chip DSP.

- Conversión de la señal analógica en digital.
- Procesamiento de la señal digital.
- Conversión de la señal procesada en una forma analógica.

Teorema de Nyquist

Para reproducir una señal, tiene que haber un valor positivo y otro negativo, es decir, 2 samples, al menos. La teoría de Nyquist dice que la frecuencia más aguda que será capaz de codificar o reproducir un conversor es la mitad de su frecuencia de muestreo. Entonces, se establece que para representar en forma digitalizada una señal cuyos componentes tengan una frecuencia máxima de X Hz, es necesario utilizar una frecuencia de muestreo de, al menos, 2X muestras por segundo. Por ejemplo:

A 44,1 Hz, la frecuencia más aguda que se puede grabar es de 22,05 Hz (el límite que puede captar el oído humano).

A 96 Hz, la frecuencia más aguda será de 48 Hz.

A 22,05 Hz, la frecuencia será de 11 Hz (se notará mucho la pérdida de agudos).

Un sample es un número que indica la amplitud de una onda de audio medida en el transcurso del tiempo, por lo que la frecuencia de muestreo es el número de samples por segundo usados para guardar un sonido.

La tasa o frecuencia de muestreo es el número de muestras por unidad de tiempo que se toman de una señal continua, para producir una señal discreta, durante el proceso necesario para convertirla de analógica en digital. Su unidad de medida se expresa en hercios (Hz) y en sus submúltiplos.

En audio, la máxima audiofrecuencia perceptible para el oído humano ronda los 20 Hz, por lo que, en teoría, una frecuencia de muestreo de 40000 sería suficiente para su muestreo. El estándar introducido por el CD se estableció en 44100 muestras por segundo. La frecuencia de

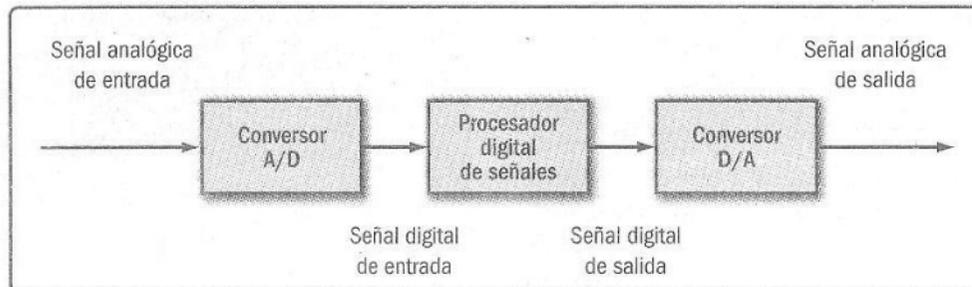


Figura 12. Esquema en bloques de un sistema de procesador de señales analógicas.

muestreo ligeramente superior permite compensar los filtros utilizados durante la conversión analógica-digital.

Efecto aliasing

Si se utiliza una frecuencia menor a la establecida por el teorema de Nyquist, se produce una distorsión conocida como aliasing. Este efecto impide recuperar correctamente la

señal cuando las muestras se obtienen a intervalos de tiempo demasiado largos. La forma de la onda recuperada presenta pendientes muy abruptas.

El aliasing constituye un motivo de preocupación en lo que concierne a la conversión analógica-digital de las señales de audio y video. Esto se debe a que el muestreo incorrecto de señales analógicas puede provocar que señales de alta frecuencia presenten dicho aliasing con respecto a las señales de baja frecuencia.

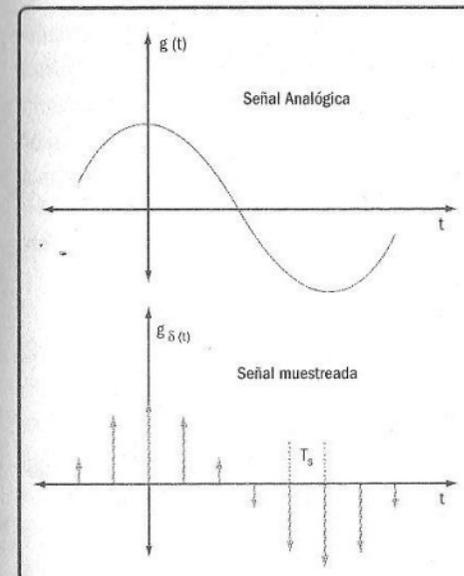


Figura 13. Cada flecha representa una muestra de un punto específico de la señal.

El taller

El taller es el espacio en el cual efectuaremos todas las pruebas y las tareas de electrónica. Por este motivo, será necesario equiparlo adecuadamente. Veamos qué es lo que necesitamos. De manera primordial, debe tener una adecuada ventilación para evacuar los gases emitidos por elementos desengrasantes, tóxicos, productos químicos empleados en la fabricación de circuitos impresos y los compuestos de soldadura. Además, para lograr una buena ventilación, será preciso instalar extractores de renovación constante.

TEOREMA DE NYQUIST

El teorema garantiza que toda señal pueda representarse mediante números, y que con ellos se reconstruya la señal original. Para replicar la forma exacta de una onda, la frecuencia de muestreo debe ser superior al doble de la máxima frecuencia a muestrear.

3. Electrónica digital

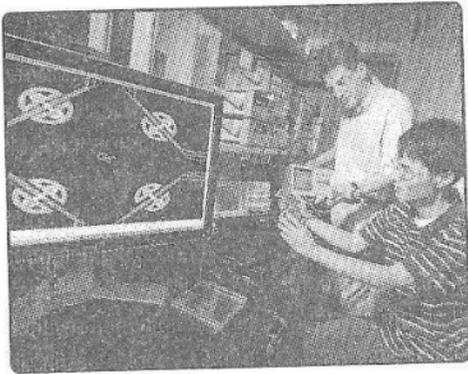


Figura 14. El ambiente de trabajo debe ser un espacio bien iluminado.

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 manipulamos 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. Es importante que el banco sea muy robusto, ya que permanentemente soportará el peso de los equipos de medición, las herramientas y, ocasionalmente, de 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. También 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 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.

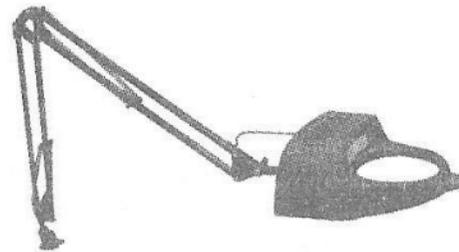


Figura 15. Las lámparas de lupa son esenciales para desempeñar un buen trabajo en el taller de electrónica.



Figura 16. Imagen de un interruptor térmico de tipo bipolar.

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 de 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

El primer equipo de seguridad que debemos instalar en el taller es un interruptor diferencial o disyuntor

consecuencia, es preferible no llegar a esta situación. Para esto, 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, aislar el banco de trabajo de la red eléctrica externa. Para lograrlo, tendremos que colocar un transformador con relación 1:1 y de la potencia adecuada.



Figura 17. Las pulseras antiestáticas constituyen un elemento importante para trabajar en reparaciones electrónicas; su costo no es elevado.

DESCARGA A TIERRA

Es fundamental conectar a tierra las clavijas centrales de los tomacorrientes y de la pulsera de descarga estática. Si no disponemos de una conexión a tierra, podemos utilizar una jabalina enterrada a una profundidad que dependerá del lugar de residencia.

Debemos mantener el taller en condiciones óptimas de seguridad

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 de una potencia mínima de 1 KVA (VA: VoltAmper - K: Kilo) o superior.

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.

CLAVES DE SEGURIDAD

Red eléctrica: debemos asegurarnos de que la red domiciliaria se encuentre en perfectas condiciones de funcionamiento. De esto dependerá nuestra seguridad.

Tomacorrientes: es preciso tener una buena cantidad de tomacorrientes en cada uno de los

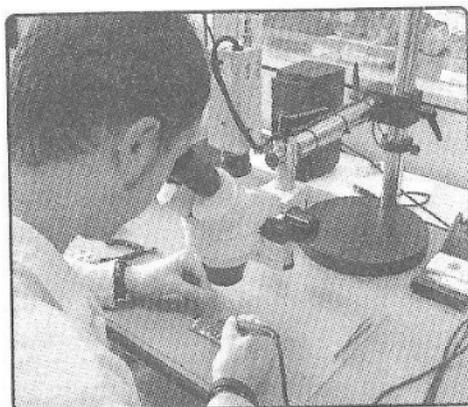


Figura 18. Un taller inseguro pondrá en riesgo nuestra salud y aquellos componentes que debemos reparar.

rincones del taller. De esta manera, podremos conectar varios dispositivos sin necesidad de utilizar alargues.

Descarga a tierra: en la actualidad, un taller de Electrónica que no posea un sistema de descarga a tierra es impensable, porque 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.

RESUMEN

En este capítulo conocimos los fundamentos de la electrónica digital, revisamos las características diferenciadoras con respecto a la electrónica analógica y entendimos las bases de su funcionamiento.

Capítulo 4

Instrumentos de trabajo

Las fallas varían con los componentes usados en un circuito eléctrico. Aquí entra en escena el instrumental de medida que analizaremos.

Herramientas de trabajo

Mediante estos aparatos es posible determinar ciertas magnitudes, como voltaje, corriente, frecuencia de las señales, y demás. Con estos datos y la información técnica, podremos establecer las causas de la falla para, luego, corregirla.

Si revisamos los catálogos o la publicidad de las firmas importadoras, podemos encontrar una infinidad de instrumentos de medición, algunos de ellos, sumamente específicos. Sin intención de desestimar su utilidad, nos concentraremos en aquellos que resultan básicos e imprescindibles para nuestra tarea. En cuanto al resto, la experiencia adquirida por el reparador determinará la importancia o no de su obtención.

MULTÍMETRO

De acuerdo con la Ley de Ohm, las magnitudes básicas son la tensión, la corriente y la resistencia. Es bastante razonable suponer que es muy importante poder determinar sus valores cuando se trata de rastrear las causas de una falla circuital. El voltímetro es un instrumento capaz de medir tensiones, un amperímetro mide corriente y un óhmetro puede indicarnos la resistencia de una porción del circuito.

Un multímetro (también llamado multitester o, simplemente, tester) es un instrumento que combina los tres mencionados anteriormente, aunque la mayoría de los fabricantes suele agregarle otro medidor.



Figura 1. En esta imagen vemos un amperímetro digital de gancho.

Este es el instrumento de mayor relevancia, al punto de que, si no disponemos de uno, se podría decir que no vale la pena intentar una reparación.

Como se trata de un instrumento múltiple, estudiaremos por separado el uso de cada uno de los medidores básicos.

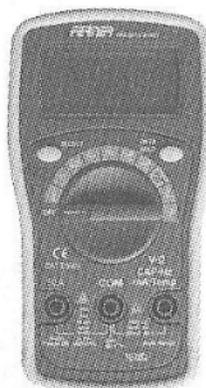


Figura 2. Un multímetro digital suele incluir un probador de transistores y diodos.

VOLTÍMETRO

Se conecta en paralelo al elemento del que se desea medir la tensión. Un voltímetro ideal no debe modificar en absoluto el comportamiento del circuito bajo prueba. Por lo tanto, en virtud de que ha de conectarse en paralelo, se desea que su resistencia interna sea infinita. En la práctica, basta con que esa resistencia resulte al menos diez veces mayor que la impedancia del circuito que se va a medir.

Disponemos de un circuito sencillo en el que una batería de 12 voltios alimenta una serie de

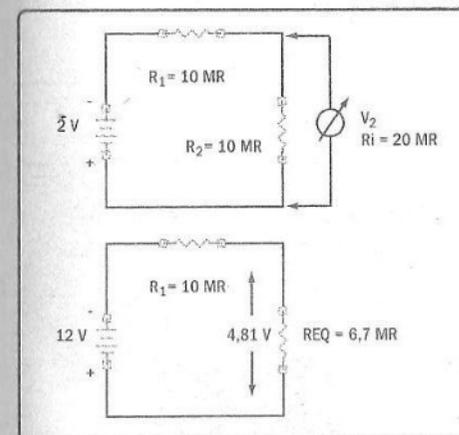


Figura 3. Sobre la resistencia R2 existe una tensión de 6 V, pero el voltímetro indica 4.81 V.

dos resistencias de 10 MΩ cada una. Con mucha facilidad podemos calcular que la tensión en bornes de la resistencia R2 ha de ser la mitad de la de alimentación, o sea, 6 voltios. Sin embargo, al pretender realizar la medición con un multímetro digital, hallamos que este indica 4,81 voltios. La causa del error en la lectura de la tensión se debe a la presencia de la resistencia interna del voltímetro, que aunque es elevada, es comparable a las resistencias del circuito.

En el caso de un multímetro digital, tal magnitud es del orden de los 20 MΩ. Esa resistencia, efectivamente, resulta conectada en paralelo con R2, lo que altera de manera importante nuestro divisor de tensión.

En la inmensa mayoría de los casos, los niveles de impedancia que entran en juego resultan ser

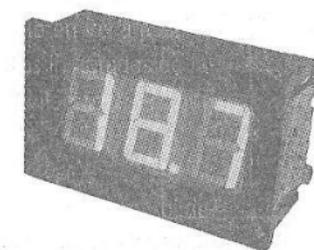


Figura 4. Voltímetro digital en funcionamiento.

¿DIGITAL O ANALÓGICO?

El multímetro digital ofrece una lectura de forma numérica, y el analógico lo hace mediante la posición de una aguja en una escala graduada. La tecnología actual permite que ambos posean alta precisión, por lo que la elección pasará por el gusto personal.

mucho menores que la resistencia interna de los voltímetros comerciales, razón por la cual basta con considerar su lectura como veraz sin efectuar ninguna corrección. En los circuitos de altas impedancias (como en el ejemplo citado), debe tenerse en cuenta que nuestro voltímetro conecta en paralelo una resistencia cuya presencia altera significativamente el comportamiento del circuito bajo medición.

Si se conoce la resistencia interna (valor suministrado por el fabricante en la hoja de características que incluye el instrumento), es posible



Figura 5. Multímetro analógico con medidor de condensadores.

calcular mediante la Ley de Ohm cuál es el valor real de tensión en el punto indicado.

Al efectuar mediciones de tensión con un multímetro, tendremos que seleccionar mediante una llave si se trata de circuitos de corriente continua o corriente alterna.

AMPERÍMETRO

Cuando nuestra necesidad pasa por determinar la corriente que circula por un circuito determinado, deberemos recurrir a un amperímetro. Este instrumento se inserta en serie con el circuito que se encuentra bajo prueba y lo corta para tales efectos.

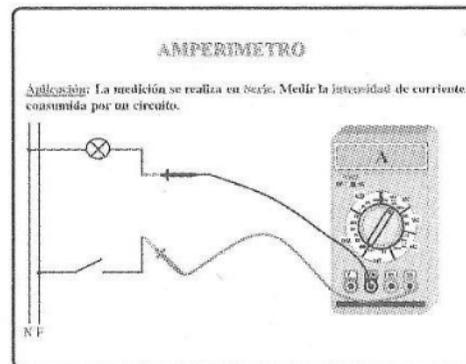


Figura 6. Esquema que muestra el uso del amperímetro digital.

El amperímetro también posee una resistencia interna, pero, a diferencia del voltímetro, en este caso deseamos que esta sea cero.

Esto se debe al hecho de que, al estar inserto en serie con nuestro circuito, lo ideal sería que se comportase como un conductor sin alterarlo en lo más mínimo.

En algunos libros se lo denomina galvanómetro, nombre que poseían los primeros

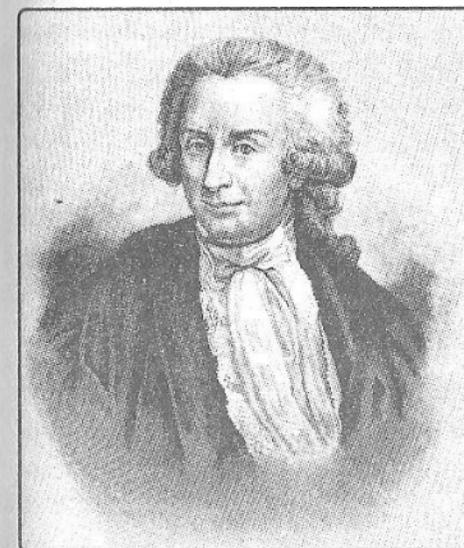


Figura 7. Retrato del físico Luigi Galvani.

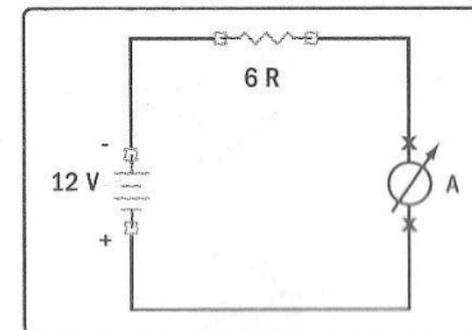


Figura 8. El amperímetro se conecta en serie con el circuito. Si la resistencia interna es despreciable, mostrará 2 amperios.

dispositivos de medición de bobina móvil en honor al físico italiano Luigi Galvani, quien investigó la naturaleza eléctrica de los fenómenos nerviosos alrededor del año 1780.

OTROS INSTRUMENTOS

La medición de resistencia se realiza mediante un método indirecto, que consiste en medir la corriente que circula por un circuito conociendo la tensión de alimentación. Por la Ley de Ohm se obtiene la resistencia. Afortunadamente, no es necesario realizar ningún tipo de cálculo debido a que las escalas de los instrumentos están calibradas directamente en Ohmios, KiloOhms o MegaOhms, según el caso.

▶ OHMIOS POR VOLTIO

El multímetro digital posee una impedancia fija de 20 MΩ, y el analógico, una resistencia según la escala usada, en ohmios por voltio. Lo usual es encontrar resistencias de entrada de 20 KΩ/V, así, la escala de 100 voltios tendrá una resistencia interna de 2 MΩ.

▶ RESISTENCIA SHUNT

Una resistencia en paralelo con el amperímetro, llamada Shunt, hará que parte de la corriente circule por ella aumentando la corriente del instrumento. Si usamos varias de estas resistencias y las conmutamos, tendremos un amperímetro con varias escalas.



Figura 9. La pinza amperimétrica determina la corriente que circula mediante la medición del campo magnético que ella genera.

En el caso de un óhmetro analógico, se lo debe calibrar antes de realizar la medición. Al unir ambas puntas de prueba, se ajusta el cero de la escala mediante el control correspondiente. En el caso de los digitales, ese ajuste ya se ha realizado en la fábrica y, por lo tanto, carecen de un control manual. Si no se consigue el cero al unir sus terminales, será necesario revisarlas y

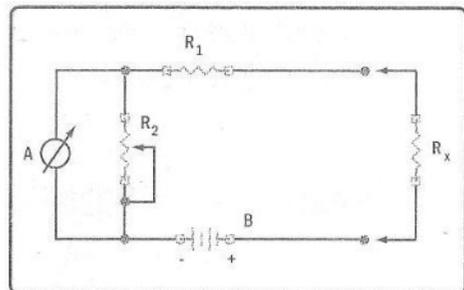


Figura 10. El óhmetro consta de una batería, un amperímetro y una resistencia limitadora de corriente.

corregir la anomalía. Cualquier resistencia que estas presenten se agregará en serie a la que estamos midiendo, y alterará de esta manera la exactitud de la medición.

Un aspecto importante es el hecho de que la medición con un óhmetro se debe realizar con el equipo desconectado de su alimentación. A esto se lo denomina medición en frío. El óhmetro posee su propia fuente de alimentación (batería). Si permitimos que por el circuito circulen otras corrientes, las lecturas obtenidas resultarán totalmente incoherentes y correremos el riesgo de dañar el instrumento de medida.

Punta de prueba lógica

Indica la presencia de trenes de pulsos y niveles lógicos. Es especialmente útil en el rastreo de

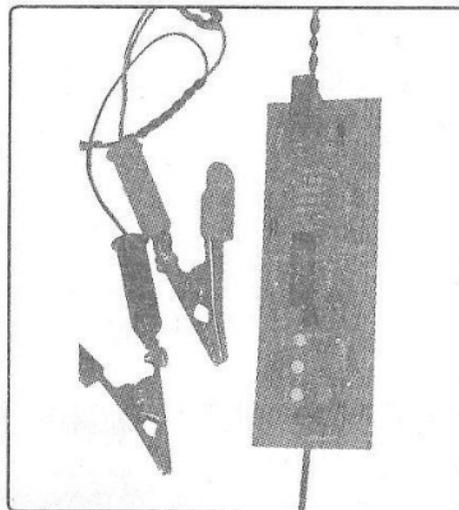


Figura 11. Aunque no alcanza las prestaciones de una comercial, esta punta lógica casera cumple su cometido a la perfección.

señales digitales. Posee la importante cualidad de indicar la presencia de pequeños pulsos que podrían pasar inadvertidos en la pantalla de un osciloscopio analógico.

Ring tester o medidor de oscilaciones amortiguadas

Cuando se trata de medir bobinas, pronto caemos en la cuenta de que un óhmetro solo puede indicarnos un circuito abierto, pues de existir un cortocircuito, la diferencia óhmica es tan pequeña, que resulta imperceptible para cualquier multímetro. Lo ideal aquí sería medir la inductancia, pero un aparato de esas características solo se consigue como instrumental para laboratorios electrónicos.

Afortunadamente, también existen algunos métodos alternativos que, con mediciones indirectas, nos pueden dar una idea fundada sobre el estado de una bobina.

Se puede demostrar (y visualizar en un osciloscopio) que al aplicarle una onda cuadrada a una bobina, en cada ciclo se produce una serie de oscilaciones amortiguadas, generadas por

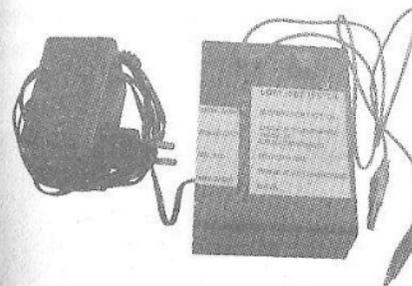


Figura 12. Imagen de un ring tester.

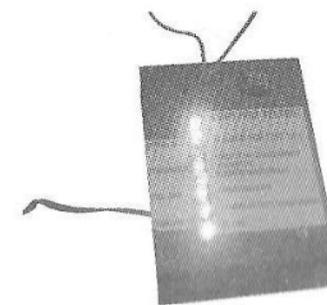


Figura 13. Ring tester en pleno funcionamiento.

efecto de la inductancia y la capacidad parásita. De existir un corto en alguna espira, la inductancia y la cantidad de ciclos de la mencionada oscilación parásita serán menores.

La utilidad de este aparato radica en la posibilidad de comparar su lectura con la de otra bobina similar pero en buenas condiciones. Si las

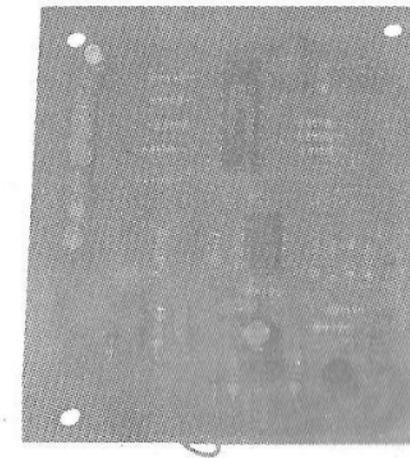


Figura 14. El circuito aplica la onda cuadrada a la bobina, cuenta los ciclos de oscilación parásita y los indica mediante LEDs.

oscilaciones son pequeñas, es altamente probable que la bobina bajo prueba esté dañada, porque en condiciones normales la diferencia entre los ciclos de oscilación es definitivamente perceptible al agregar la espira en corto.

La información para la construcción de este y otros tipos de aparatos caseros suele encontrarse en las bibliotecas de las asociaciones de técnicos o publicada en Internet. La lista no se agota con las que vimos. La variedad de ideas con respecto a la construcción de aparatos de ayuda en la reparación es tan vasta como personas creativas existen alrededor del mundo. Algunos de ellos solo les serán de utilidad a quienes los han desarrollado, pero otros pueden (y de hecho lo hacen) facilitarnos muchas de las tareas de reparación.

OSCILOSCOPIO

Con un multímetro es posible llevar a cabo muchas reparaciones con éxito. Sin embargo, en ocasiones, como técnicos desearemos poder ver las señales para emitir así un diagnóstico más preciso. En estos casos, el instrumento que nos permitirá visualizar las variaciones de señal a lo largo del tiempo será el osciloscopio. Este existe desde hace muchos años.

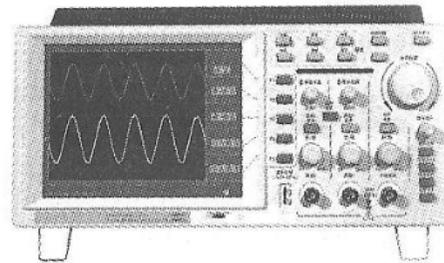


Figura 15. Captura de un osciloscopio digital en funcionamiento.

Básicamente, consta de un tubo de rayos catódicos con dos juegos de placas capaces de desviar un haz de electrones cuando se les aplica una tensión, y una pantalla de material fluorescente que emite luz al ser alcanzada por ese haz.

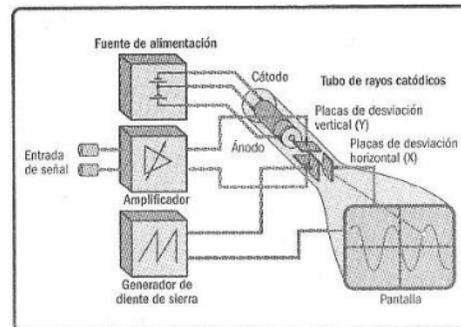


Figura 16. Principio de funcionamiento de un osciloscopio.

Principio de funcionamiento

Un oscilador (circuito capaz de generar una señal en forma autónoma) cuya tensión de salida posee una forma de diente de sierra (llamada así porque, efectivamente, nos recuerda los dientes de una sierra de cortar metales) genera la denominada base de tiempos.

La señal que deseamos visualizar se aplica a la llamada entrada vertical. Allí pasa a través de una serie de atenuadores calibrados y luego resulta amplificada mediante circuitos sumamente precisos antes de ser aplicada a las placas de deflexión vertical, lo que da nombre a las etapas. Entonces tenemos un haz que se desvía en forma horizontal con una velocidad controlada y conocida gracias a la acción de la base

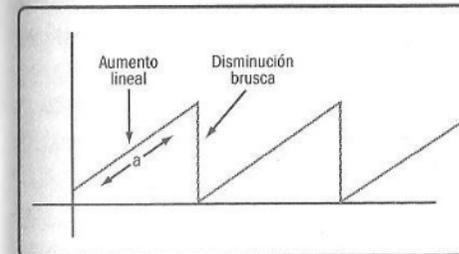


Figura 17. En este diagrama vemos la onda diente de sierra aplicada a las placas horizontales.

de tiempos, a la vez que se desplaza en sentido vertical siguiendo las variaciones de la señal aplicada. El resultado es la aparición en pantalla de una representación fiel de las variaciones de la señal en función del tiempo.

Puesto que el amplificador vertical y los atenuadores que posee están debidamente calibrados, podemos saber a cuántos voltios o fracciones de ellos corresponde un sector de la pantalla. Esta aparece cubierta por una retícula que facilita la lectura y, por lo tanto, los topes en los controles están indicados en voltios o milivoltios por división (V/div, mV/div) en el amplificador vertical y segundos,

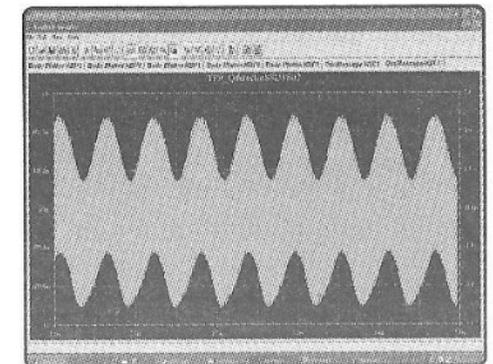


Figura 18. Captura de una imagen que representa la salida de un osciloscopio.

¿TE RESULTA ÚTIL?

Lo que estás leyendo es el fruto del trabajo de cientos de personas que ponen todo de sí para lograr un mejor producto. Utilizar versiones "pirata" desalienta la inversión y da lugar a publicaciones de menor calidad. **NO ATENTES CONTRA LA LECTURA. NO ATENTES CONTRA TI. COMPRA SÓLO PRODUCTOS ORIGINALES.**

Nuestras publicaciones se comercializan en kioscos o puestos de vendedores; librerías; locales cerrados; supermercados e internet (usershop.redusers.com). Si tienes alguna duda, comentario o quieres saber más, puedes contactarnos por medio de usershop@redusers.com

LA BASE DE TIEMPOS

La base de tiempos es capaz de generar diferentes frecuencias que el técnico puede seleccionar, lo que determina que se pueda cambiar la duración de la subida de la onda y adecuarla al período de las señales por visualizar.

milisegundos o microsegundos por división (S/div, mS/div, μ S/div) en el caso de la base de tiempos del horizontal. De esta manera, a cada división horizontal le corresponderá un tiempo determinado, y a cada división vertical, un voltaje también determinado.

En resumen, nos permite visualizar la forma, los valores de tensión y el período (inverso de la frecuencia) de una señal, y compararla con los oscilogramas que provee el fabricante del equipo en sus manuales de servicio. Es fácil observar que este instrumento facilita notablemente la tarea de diagnóstico.

La calidad del amplificador vertical a su vez determina la calidad global del aparato y, en consecuencia, su precio. El parámetro más



Figura 19. El uso del osciloscopio es muy fácil luego de un corto período de capacitación.

▶ DOBLE TRAZO

Está muy extendido el uso de osciloscopios que poseen dos amplificadores verticales. Esto permite la comparación de dos ondas diferentes y puede resultar útil en algunos casos. A este tipo de aparato se lo denomina de doble trazo.

importante en este caso lo constituye el llamado ancho de banda (BW, del inglés band width), que establece la máxima frecuencia que es capaz de amplificar sin que la calibración pierda efectividad. A mayor frecuencia del vertical (mayor ancho de banda), la calidad del amplificador vertical ha de ser mayor, y más compleja resultará la circuitería de la base de tiempos y de sincronización. De ahí la incidencia de BW en el costo del instrumento. Un ancho de banda de 100 MHz es adecuado para la gran mayoría de los trabajos de reparación actuales, pero aún constituye un equipo caro. En los talleres pequeños es común encontrarlos de 20 MHz, más limitados, más económicos, pero igualmente útiles.

Tal cual lo definimos, el osciloscopio es un graficador x-y, en el que una de las señales (el barrido horizontal) se genera internamente. Sin embargo, podemos visualizar la resultante de dos señales cualesquiera, porque un modo de funcionamiento consiste en anular la base de tiempos e inyectar una señal externa en el horizontal. Este modo de funcionamiento en la actualidad ha caído en desuso. Su utilidad básica consistía en inyectar una señal conocida en el horizontal, y determinar la frecuencia y fase

de la señal desconocida aplicada al vertical mediante la formación de unas curiosas figuras llamadas de Lissajous. La mayor precisión de las bases de tiempo de los osciloscopios modernos y el abaratamiento de los frecuencímetros digitales transformaron las figuras de Lissajous en una curiosidad del pasado. Sin embargo, los equipos actuales todavía suelen presentar bornes de entrada para la etapa horizontal.

Analógicos frente a digitales

El desarrollo masivo de la digitalización en campos que antes parecían estar exclusivamente destinados a lo analógico también llegó a los instrumentos de medida y, particularmente, al osciloscopio. En cuanto se logró fabricar chips conversores analógico-digitales ultra rápidos y capaces de digitalizar video a velocidades astronómicas, era cuestión de poco tiempo para que los fabricantes utilizaran esta tecnología de vanguardia en la manufactura de aparatos de medida más sofisticados y con prestaciones impensadas tiempo atrás. Lamentablemente, por no tratarse de electrónica de consumo masivo, se fabrican en pequeñas cantidades y, por lo tanto, sus precios los ubican, al menos por ahora, bastante lejos de las posibilidades del bolsillo del reparador promedio.

Los osciloscopios digitales poseen ventajas indudables, ya que son capaces de memorizar las señales. Al contrario de los analógicos, en los que la señal se muestra en tiempo real, aquí esta se digitaliza y luego se recrea una representación de ella en pantalla.

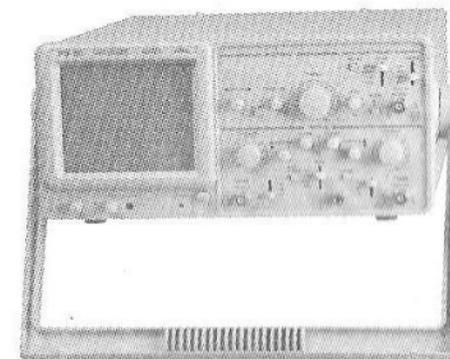


Figura 20. Apariencia común de un osciloscopio analógico.

En la medida en que una muestra de la señal ha sido digitalizada, las posibilidades son muchas: desde comparar varias muestras en pantalla hasta mostrar las magnitudes con valores numéricos en el display o transferirlas a una computadora mediante un cable USB o serial para un posterior análisis o impresión. Las posibilidades parecen infinitas, pero más allá del hecho de mejorar notablemente la sincronización y mostrar imágenes más nítidas, la gran mayoría de ellas no aparece como de real importancia para el trabajo de reparaciones.

NIVELES DE SEÑAL

Es necesario mantener los valores de tensión en la entrada del amplificador vertical dentro de ciertos parámetros con el fin de no destruir la entrada del aparato con sobretensiones. Si bien cada fabricante tiene la libertad de decidir las características de la entrada en sus equipos, existe una especie de norma de hecho. La gran mayoría de los osciloscopios posee una

resistencia de entrada de $1\text{ M}\Omega$, en paralelo, con un condensador de unos pocos picofaradios, y soporta una tensión máxima absoluta de pico de 400 V.

Siempre que los niveles de señal lo permitan, es recomendable utilizar la punta en el modo de atenuación 10:1. De esta manera, le aplicamos una carga menor al circuito bajo prueba

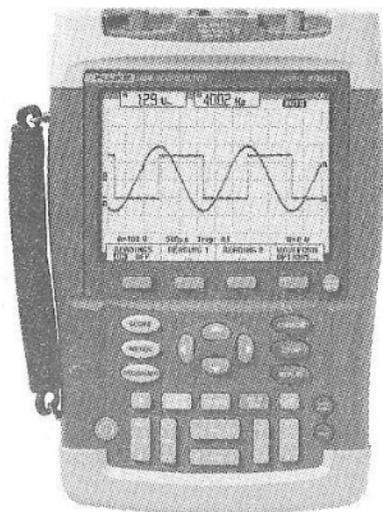


Figura 21. Osciloscopio portátil: se puede utilizar fuera del taller para ampliar su funcionalidad.

(resistencia mucho mayor y condensador más pequeño), al mismo tiempo que mejoramos el rango de seguridad porque estamos dividiendo por diez la tensión aplicada. Al realizar la lectura de los voltios, deberemos tener esto en cuenta y hacer la división de la escala correspondiente al momento de medir la tensión.

COMPENSACIÓN

Las puntas comerciales poseen un pequeño condensador ajustable (trimmer) con el fin de calibrar la respuesta de frecuencia del conjunto punta-entrada vertical. Con dicha finalidad, tienen una salida de onda cuadrada, generalmente, de 1Vpp, que además sirven como testigo para controlar la precisión de las escalas del amplificador vertical.

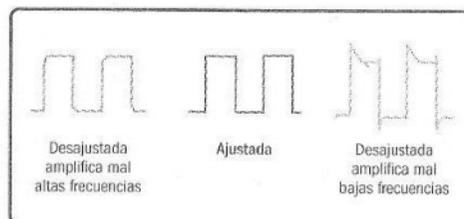


Figura 22. La sub o sobrecompensación se detecta con facilidad al observar la forma de onda de la señal testigo, que debe aparecer perfectamente rectangular.

Capítulo 5

Medición de componentes

En este capítulo veremos cómo realizar mediciones de los componentes de un equipo para encontrar cuál causa la falla.

RESUMEN

En este capítulo conocimos los instrumentos de trabajo que se utilizan más comúnmente en la electrónica digital: el multímetro, el voltímetro y el amperímetro. También vimos el funcionamiento del osciloscopio, los niveles de señal y la compensación.

Realizar mediciones

Normalmente, el proceso de reparación pasa por la comprensión del problema (TV sin colores, ruidos al imprimir, falta de imagen en un monitor, etcétera). Luego se analiza el funcionamiento de la o las etapas involucradas en el tratamiento de las señales faltantes o distorsionadas, hasta aislar la falla en una porción pequeña del circuito, mediante mediciones de tensiones, corrientes y oscilogramas.

A partir de allí, con mediciones del estado de los componentes, será posible encontrar cuáles son los causantes de la falla. Veamos cómo podemos realizar esas mediciones.

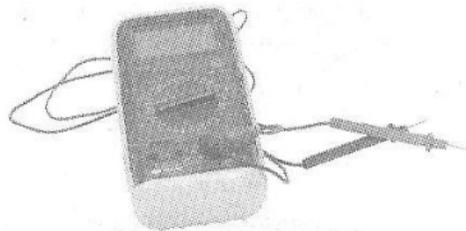


Figura 1. La medición de tensión se realiza mediante un dispositivo como este.

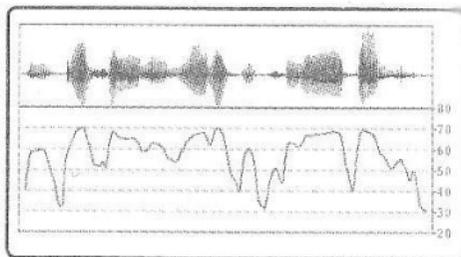


Figura 2. En esta imagen vemos una representación de un oscilograma.

Mediciones en caliente

Las mediciones en caliente se efectúan con el equipo encendido, y nuestra misión consiste en realizarlas y compararlas con los valores deseados. Cualquier diferencia apreciable que encontremos entre los valores medidos y los esperados puede constituir una pista en la búsqueda del componente dañado.

LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Hemos repetido en más de una oportunidad que todo circuito electrónico está compuesto de etapas. Tal vez la más importante de ellas

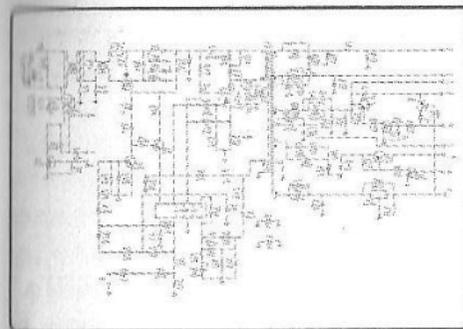


Figura 3. Fuente de alimentación de un monitor; las distintas tensiones de salida alimentan las diferentes etapas.

sea la fuente de alimentación. A esta porción circuital se le encomienda la tarea de transformar la energía aplicada en diferentes tensiones que han de alimentar a distintas etapas. Si una sola de estas tensiones falta, tendremos frente a nosotros una falla importante.

Es por eso que las primeras mediciones que debemos efectuar serán en esta etapa, para asegurarnos de que todas las tensiones de trabajo se encuentren dentro de los valores indicados por el fabricante. Las menores tensiones significarán etapas mal alimentadas que presentan un funcionamiento anómalo. Las mayores tensiones agregarán el riesgo de dañar transistores y circuitos integrados, tanto por el propio exceso de tensión como por la mayor disipación de potencia que eso acarrea.

Dispondremos de un **voltímetro** con el que controlaremos la exactitud de las diferentes tensiones. Como se trata de una etapa en la que se maneja bastante potencia (de hecho, toda la

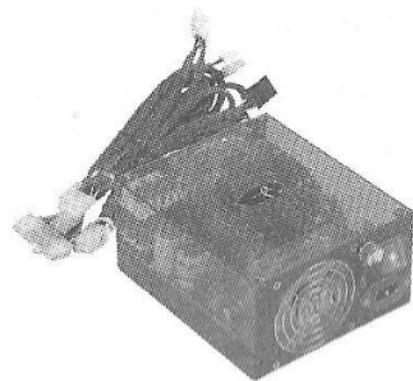


Figura 4. Las fuentes de poder se presentan en diferentes diseños y colores, pero todas cumplen la misma función y pueden tener similares problemas.

potencia que el aparato consume más las pérdidas por calor en la propia fuente), es muy común que sea en ella donde se presentan las fallas. Esta es otra razón para comenzar allí nuestra tarea de diagnóstico. No solo es la etapa donde estadísticamente se produce la mayoría de las fallas, sino que también es la más peligrosa cuando se trabaja en ella.



Figura 5. En esta imagen podemos observar un voltímetro eléctrico.

UNA BÚSQUEDA ORDENADA

Debido a la complejidad de los circuitos de los equipos modernos, una búsqueda basada en mediciones al azar, sin que ellas respondan a un criterio de seguimiento, implicaría una pérdida de tiempo. Es necesario tener un criterio lógico de análisis.

En este tipo de fuentes, los componentes están sometidos a un funcionamiento al límite, que produce su envejecimiento. Esto es especialmente válido para los condensadores electrolíticos, que efectivamente se secan, pierden el electrolito y disminuyen dramáticamente su capacidad. Estos son los componentes que con más frecuencia producen inconvenientes en las fuentes de alimentación, seguidos muy de cerca por los transistores y los diodos.

DESDE LA SALIDA HACIA LA ENTRADA

En general, en un circuito existe una zona de entrada o generación de la señal y otra de salida. Por ejemplo, la conexión a los parlantes constituye la salida de un amplificador de audio. La entrada podría ser un conector en el caso de un amplificador para instrumentos musicales o la etapa separadora de sonido en un televisor. En este ejemplo, la señal de sonido se toma desde la entrada, es convenientemente amplificada por un circuito más o menos complejo que recibe energía desde una fuente de alimentación y luego aplicada al parlante o a los parlantes.



Figura 6. Imagen de un condensador electrolítico.

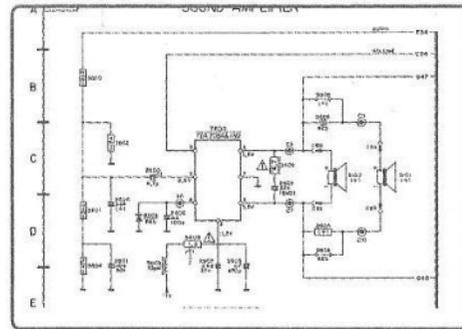


Figura 7. La etapa de sonido de un televisor está formada por un único circuito integrado, lo cual facilita su diagnóstico.

SEGUIMIENTO DE LA SEÑAL

El método de seguimiento de la señal consiste en rastrearla desde la salida, siguiendo su ruta inversa en el circuito. El instrumento óptimo para este cometido es el osciloscopio, aunque en este caso específico cualquier amplificador de audio podría ayudarnos a darle una solución provisoria al problema.

Tomemos como ejemplo el diagrama del amplificador de sonido de un receptor de televisión comercial como el de la Figura 2. Supongamos que el síntoma es la falta total de sonido cuando se sintonizan canales. Comenzaremos revisando la presencia de señal en los pines 6 y 8 del CI TDA7056, que corresponden a su salida. La idea es rastrear la señal desaparecida hasta encontrar un lugar en el que aparezca: La falla se encontrará inmediatamente después de este punto.

Siguiendo con el ejemplo, supongamos que la medición anterior nos indica la ausencia de

señal a la salida del CI. La señal de audio se aplica a la entrada de este a través de la resistencia 3600 y el condensador electrolítico 2600. Entonces colocaremos la sonda del osciloscopio allí. En este caso, la información que poseemos no indica qué tipo de señal debemos encontrar ahí, por lo que la experiencia tendrá un papel muy importante a la hora de juzgar la lectura obtenida. Podemos esperar una señal de 0,5 a 1 Vpp a la entrada de un amplificador de audio. Si suponemos que esta existe, deberemos sospechar una falla relacionada con el circuito integrado o su circuitería asociada.

Pasemos a otro tipo de medición en caliente, como es la medición de tensiones. Tanto la información del fabricante del aparato como la hoja de datos del integrado nos indicarán las tensiones que se deben encontrar en los diferentes pines del CI.

Por estar conformado por una serie de elementos activos, el circuito integrado requiere de alimentación de corriente para funcionar como corresponde. Por esa razón, en un proceso de mediciones, determinar si la alimentación de corriente está presente es una tarea básica. Utilizaremos el multímetro en su modo de

funcionamiento como voltímetro de corriente continua para realizar mediciones de tensión en el circuito bajo prueba.

En nuestro ejemplo no encontramos ninguna de las tensiones que el diagrama indica. Si recordamos que todas las tensiones son el resultado de haber aplicado una adecuada alimentación, centraremos nuestra investigación en el pin 2, al que hay que aplicarle 11 voltios para que el CI funcione adecuadamente. Esa alimentación se aplica a través de la bobina 5603 y la resistencia 2603, ambas sospechosas de interrumpir el circuito. Encontramos que en la unión de la bobina 5603

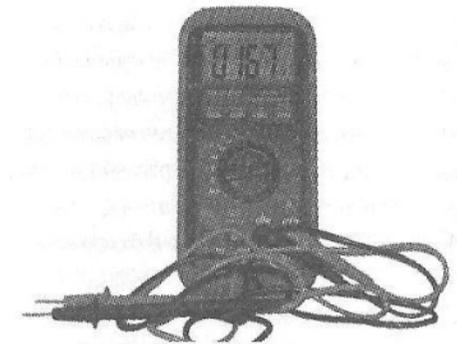


Figura 8. Multímetro digital, dispositivo que nos ayudará en la tarea de medir componentes electrónicos.

PROBADOR DE CIRCUITOS INTEGRADOS

Un probador de esta clase solo se construye para un tipo específico de integrado, por eso su utilidad es limitada. En cambio, la mezcla de mediciones adecuadas, información técnica y sentido común son las herramientas para determinar la sustitución de un CI.

Los diagramas no se corresponden con la ubicación física de los componentes

y la resistencia 2603 existen 11 V, y en la unión de la resistencia 2603 con el pin 2 del CI hay 0 V.

Hay dos posibilidades para que esto suceda: la resistencia está cortada o hay un cortocircuito en alguno de los componentes conectados al pin 2 del CI. En el caso de un cortocircuito, lo más probable sería que la resistencia hubiera resultado abierta por el exceso de calor disipado, lo que mostraría signos claros de daño físico. Procederemos a medir la resistencia en cuestión y luego descartaremos la posibilidad de un cortocircuito con mediciones en frío, tal como explicaremos más adelante. En el ejemplo que utilizamos, una resistencia 2603 abierta es la causa del problema.

Muchas veces, especialmente en los primeros pasos como reparadores, nos encontramos con la dificultad de que en el circuito físico los componentes no se localizan donde marca el diagrama. Los diagramas están trazados siguiendo

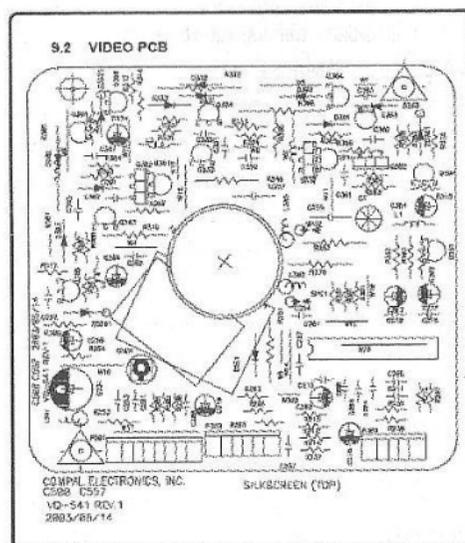


Figura 9. Este tipo de diagramas ahorra tiempo en la búsqueda de la ubicación de los componentes y de los puntos de medición.

criterios de claridad en el dibujo, y no se corresponden con la ubicación física de los componentes. Para facilitar esta tarea contamos con representaciones gráficas de la disposición de los componentes, que ahorran mucho tiempo en la búsqueda de su posición.

En la actualidad, es muy común el uso de microprocesadores que controlan todas las funciones

de los equipos. Por ejemplo, al presionar el switch que aumenta el brillo en un monitor, le estamos indicando al micro nuestra intención, y este reacciona en consecuencia generando las señales de control apropiadas para cumplir la tarea. La presencia de estos micros con sus buses, interconexión con memorias externas y circuitos de reloj, hace que los circuitos con un camino sencillo y fácil de rastrear sus señales sean elementos del pasado.

En estos casos, la metodología del rastreo desde la salida hacia la entrada no es un procedimiento tan práctico como puede resultar en otro tipo de circuitos, y la metodología del diagnóstico mediante la caja negra mencionada líneas arriba es más apropiada.

No conocemos (ni nos interesa) la naturaleza del programa que maneja el procesador. Lo que sí sabemos es que necesita una alimentación y dispone de un circuito de reloj, formado generalmente por un cristal oscilador y algunos condensadores de muy pequeño valor. De hecho, los falsos contactos en las soldaduras de los terminales de los cristales son muy comunes, y el origen de fallas, del más diverso orden.

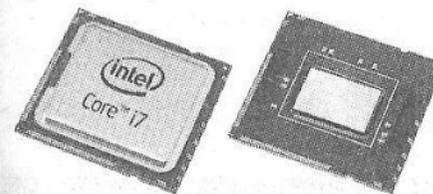


Figura 10. Los procesadores actuales abren la puerta a una gran cantidad de funciones que antes solo soñábamos.

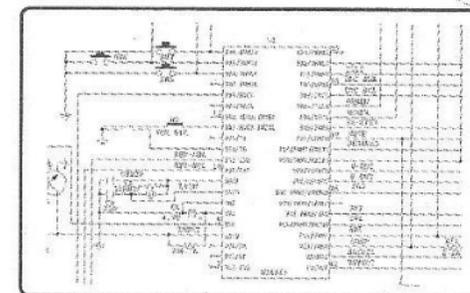


Figura 11. Cada una de las señales de salida está marcada con su nombre.

La idea de la caja negra tiene ese nombre, justamente, porque desconocemos su contenido y, a la vez, este no nos resulta relevante. Lo que sí se conoce son las señales de entrada y las que se esperan a la salida.

En un circuito con procesador, son señales de entrada las del reloj, reset, pulsadores y receptor de control remoto, entre otras.

- **Reloj:** provee una onda cuadrada de frecuencia fija que establece el patrón de funcionamiento del micro. Sin esta señal, faltarán todas las salidas.
- **Reset:** genera un pulso al encender el aparato, creando un pequeño retardo en el arranque de la ejecución del programa del micro hasta que se estabilicen todas las señales. En caso de falla, también bloquea todas las salidas.
- **Pulsadores y receptor de control remoto:** entradas de señal que le transmiten al procesador la orden que el usuario acaba de dar. Deben producir cambios bien definidos en los niveles de tensión. El ruido producto de la suciedad y la humedad en los pulsadores puede

DIAGRAMAS DE FLUJO

El fabricante suministra una guía lógica de diagnóstico para cada tipo de circuito. Debemos responder las preguntas, siguiendo el diagrama. A cada respuesta le sigue una acción y una pregunta, hasta llegar al componente defectuoso.

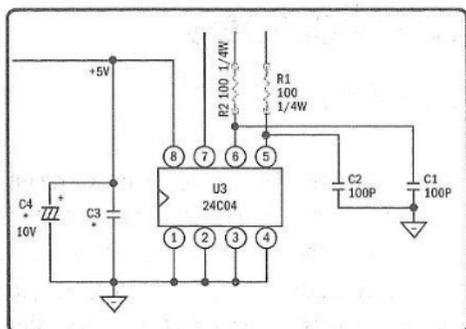


Figura 12. Los chips de memoria almacenan tanto los ajustes internos como los establecidos por el usuario.

producir un funcionamiento errático del aparato, bastante difícil de diagnosticar por métodos tradicionales. Es importante verificar su condición ante la presencia de problemas aleatorios y variados, como súbitos cambios de brillo o contraste.

Al tomar mediciones, se trata de comprobar que las señales sean de forma cuadrada o rectangular, y que su amplitud resulte cercana a la tensión de alimentación, en general 5 voltios. El flujo de señales es bidireccional, y la información que transportan en cada instante nos es desconocida. Por lo tanto, desde un punto de vista estricto, no estamos realizando

una medición sino simplemente comprobando que el procesador y la memoria intercambian información, asumiendo que esta es correcta por el mero hecho de estar presente. De todos modos, constituye un muy buen elemento de juicio, porque la posibilidad de que los datos sean erróneos es muy poca. Si las señales existen y poseen la amplitud adecuada, es seguro suponer que son correctas.

INYECCIÓN DE SEÑAL

A pesar de que antes era muy utilizada, esta técnica ha caído en desuso progresivamente. Su idea es contraria a lo que ya estudiamos: se inyecta una señal desde las etapas de



Figura 13. La reparación de radioreceptores y televisores era común antes de la aparición de aparatos eléctricos de consumo masivo.

MEMORIA EXTERNA DE ALMACENAMIENTO

El programa que hace funcionar al procesador está dentro de la memoria interna. Sin embargo, los ajustes del aparato se almacenan en un chip de memoria externo interconectado con el procesador mediante señales de sincronización y datos.

La inyección de señal antes era muy utilizada, pero hoy es una técnica que ha caído en desuso

salida hacia las de entrada. En el punto donde se pierde la señal es el lugar donde tendremos que investigar.

Antes del boom de los aparatos electrónicos de consumo masivo, la variedad de estos era bastante pequeña. Entonces, lo común era que el trabajo del técnico consistiera en reparar radioreceptores, televisores y equipos de audio. Por ese motivo podía trabajar con algunos equipos de inyección de señal, que por ser muy específicos, veían limitada su utilidad.

De todos modos, no deja de ser una alternativa válida si se dispone de la fuente de señal adecuada para realizar la inyección. No debe descartarse ningún método en el proceso de aislamiento de la etapa en falla.

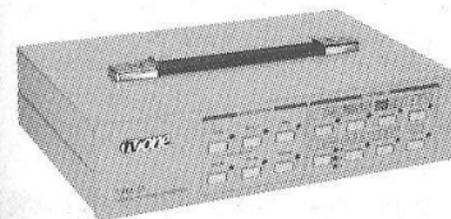


Figura 14. Generador de señales de TV utilizado para la inyección de señal en etapas amplificadoras de video.

Mediciones en frío

Más tarde o más temprano, habremos de encontrarnos con un reducido grupo de componentes sospechosos que causan la falla que intentamos solucionar. En ocasiones, no quedará más remedio que probar con la sustitución del componente, una vez que estamos convencidos de que es el culpable. Esto es común especialmente en el caso de los circuitos integrados, que no son factibles de ser medidos en sí mismos por la complejidad de sus circuitos y por el hecho de que solo se tiene acceso a las partes conectadas a sus terminales. Es posible medir los componentes pasivos y los activos más simples, y de esa forma podremos mejorar nuestra certeza al determinar la necesidad de un reemplazo.

Este tipo de medición se realiza con el aparato desconectado de su alimentación, y generalmente se utiliza el óhmetro.

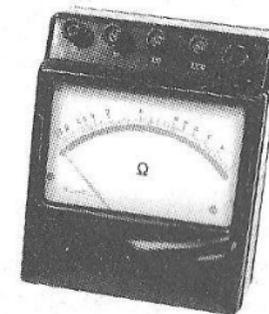


Figura 15. El óhmetro es utilizado para medir la resistencia eléctrica.

Si bien es posible que una resistencia entre en cortocircuito, en la práctica casi no ocurre

MEDICIÓN DE RESISTENCIAS

La resistencia probablemente sea el componente que más veces encontramos en un circuito cualquiera al polarizar componentes activos. Se la mide fácilmente con un óhmetro.

Las fallas más frecuentes en las resistencias consisten en circuitos abiertos (resistencia infinita), y en menor grado, en un aumento desmedido de su valor (más común en resistencias del orden de varias decenas de $K\Omega$ y alta disipación de potencia).

Si bien en teoría es posible que una resistencia sufra un cortocircuito, en la práctica esto casi nunca sucede. Siempre que se mida el valor óhmico de una resistencia, se ha de desconectar uno de sus terminales (cualquiera de ellos). De esta forma, estaremos separándola del resto del circuito que podría causarnos una lectura confusa en el instrumento.

Otro aspecto que hay que tener muy en cuenta cuando encontramos una resistencia abierta es la importancia de verificar que no exista un cortocircuito en ninguno de los componentes conectados al nodo inmediatamente posterior. La corriente excesiva producida por el corto quemaría inmediatamente al reemplazo.

MEDICIÓN DE CONDENSADORES

El condensador presenta una variedad mayor de posibles fallas, algunas de las cuales se diagnosticarán de forma particular.



Figura 16. En esta imagen vemos un condensador cerámico típico.

Óhmetro: recordemos que el óhmetro es un instrumento de corriente continua y que el condensador es un circuito abierto para ella. Por tal motivo, la utilidad de este instrumento se reduce a indicarnos un cortocircuito o una fuga (resistencia) en el dieléctrico. Al momento de conectarlo al instrumento, el condensador se encuentra descargado (es importante descargarlo si se sospecha que posee algún tipo de carga remanente).

Entonces existe una breve circulación de corriente indicada por el óhmetro, más apreciable cuanto mayor sea la capacidad hasta que el condensador se carga. Pasado ese instante, el óhmetro debería indicarnos un circuito abierto si el elemento se encuentra en correctas condiciones. Un multímetro analógico es más útil que uno digital, en este caso, porque debido a la inercia de la aguja del instrumento mecánico es más apreciable el momento de la carga.

Capacímetro: la forma en que se carga el condensador nos dará una leve idea de su capacidad, pero si dudamos de ella, no hay más remedio que medirla.

Casi todos los multímetros digitales poseen un capacímetro, que constituye un agregado que



Figura 17. Imagen de un capacímetro o dispositivo necesario para medir la capacidad de carga.

hay que tener en cuenta a la hora de considerar la compra de este instrumento. Un parámetro cuyo efecto ha sido despreciado durante muchos años se ha vuelto de importancia últimamente. Se trata de la resistencia efectiva en serie (ESR, por su sigla en inglés).

Todo condensador posee una pequeña ESR, mucho más apreciable en los electrolíticos, y de mayor importancia a altas frecuencias y corrientes. Esta es la razón por la que careció de importancia hasta ahora: en las fuentes conmutadas modernas se utilizan condensadores electrolíticos por los que circulan altas corrientes de rizado y frecuencias de cientos de KHz.

Existen medidores de ESR comerciales y su adquisición es muy recomendable, pero una forma indirecta de determinar su presencia es medir la

El condensador presenta una variedad mayor de posibles fallas

RESISTENCIA FUSIBLE

Son resistencias de pocos Ohmios y potencia de entre 5 y 10 watts, que se conectan en serie con rectificadores en fuentes de alimentación. No solo cumplen la función de limitar la corriente sino que actúan como protección.

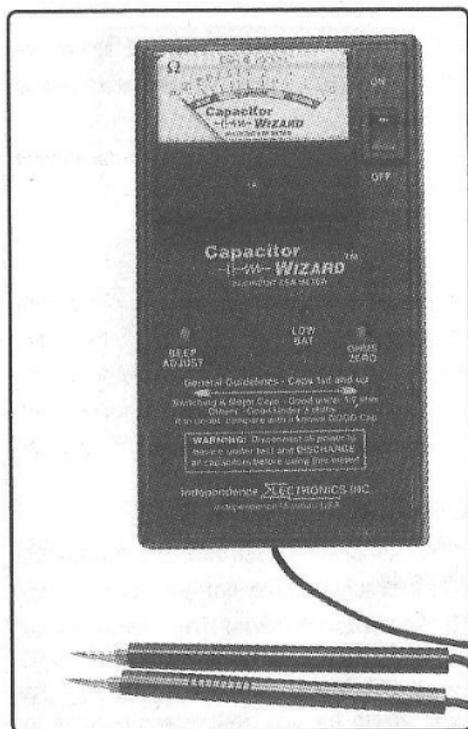


Figura 18. Todo condensador tiene una pequeña resistencia en serie producida por los contactos de sus terminales.

capacidad. La mayoría de los capacitómetros indicará un valor de capacidad menor en aquellos condensadores en los cuales la ESR ha aumentado hasta alcanzar límites inaceptables.

Una falla común en las bobinas y los transformadores es el circuito abierto

Un electrolítico con alta ESR en una fuente de alimentación causará que las tensiones de salida presenten valores inferiores a lo normal, con alto rizado que en algunos casos puede impedir totalmente el funcionamiento de esta.

BOBINAS Y TRANSFORMADORES

Se trata de alambre de cobre enrollado, de modo que las probabilidades de falla son circuito abierto o cortocircuito. El óhmetro es útil solamente en el primero de los casos, puesto que la disminución de resistencia ante la presencia de un corto resulta imperceptible.

Ya hemos comentado la posibilidad de construir un dispositivo que pueda darnos una indicación sobre el estado de un bobinado, y puede resultar bastante útil. Afortunadamente, los cortocircuitos son bastante escasos, y es más común el hecho de que, por causas de la corrosión, se produzca el corte del alambre de las bobinas.

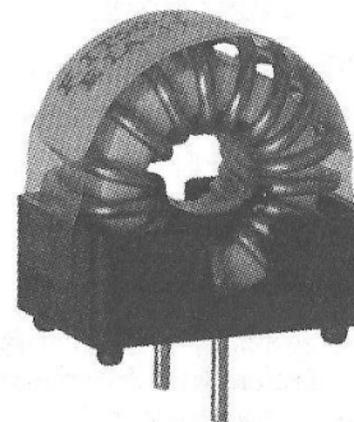


Figura 19. Primer plano de un inductor o bobina.

SEMICONDUCTORES

Los semiconductores discretos (básicamente diodos y transistores) se pueden medir perfectamente, y en la gran mayoría de los casos sus fallas resultan evidentes con la medición.

Recordemos que un diodo permite la circulación de la corriente en un sentido (polarización directa), mientras que la bloquea en el sentido contrario (polarización inversa). Esto quiere decir que un óhmetro nos puede indicar el estado del diodo. Si aplicamos el terminal negativo al cátodo y el positivo al ánodo, el instrumento

indicará una baja resistencia pues lo hemos polarizado en directa. Por el contrario, al invertir la posición de los terminales, la resistencia resultará infinita pues la polarización inversa impide el flujo de la corriente.

Un valor extra de los multímetros digitales consiste en que la lectura obtenida al polarizar en directa corresponde a la caída de tensión del diodo, entre 0,5 y 0,7 voltios en los diodos de silicio y unos 0,15 a 0,20 en los Shotky. Estos últimos se utilizan ampliamente en el secundario de las fuentes conmutadas.

No hay mayor diferencia estadística entre diodos en cortocircuito o abiertos, pero ambas fallas son claramente perceptibles mediante las pruebas convencionales. A los efectos de la medición, un transistor bipolar se puede considerar como dos diodos: uno de ellos entre base y emisor, y el otro, entre base y colector.

Las fallas de diodos y transistores se evidencian mediante su medición

MEDICIÓN FUERA DE CIRCUITO

Algunos fabricantes de medidores de ESR proclaman que se puede realizar la medición en circuito ya que las tensiones son bajas (decenas de milivoltios). De todos modos, es importante desconectar al menos una terminal cuando medimos un condensador.

LA CAJA NEGRA

El método de la caja negra consiste en que si todas las señales de entrada son correctas, la alimentación también lo será, y si aun así no tenemos señal de salida, entonces por descarte el CI se encontrará dañado.

La medición óhmica de un transistor nos da una visión primaria de su estado, y en la mayoría de los casos es suficiente para determinar su condición. Sin embargo, esta medición no puede indicarnos la capacidad de amplificar, inherente a este tipo de dispositivos. Una vez más, los fabricantes de multímetros digitales aparecen en nuestra ayuda. Casi todos poseen probadores de transistores en los que podemos leer directamente el valor de la ganancia de corriente (llamada beta o HFE). Estos probadores solo son útiles para la medición de transistores bipolares.

Un punto importante que no debe ser pasado por alto una vez que encontramos el componente dañado es que vale mucho invertir un poco más de tiempo en la investigación de las causas probables de la falla. De no hacerlo,

La falla detectada suele deberse a la edad del componente

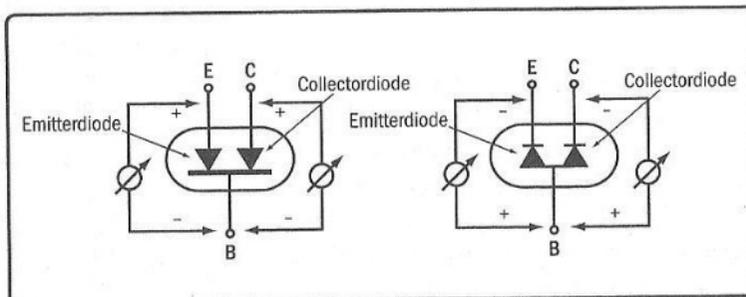
corremos serios riesgos de que esta se repita al corto tiempo.

Además del obligado reemplazo del componente o de los componentes dañados, tenemos que cambiar todos aquellos que presenten signos evidentes de envejecimiento o falla inminente. La presencia de condensadores electrolíticos hinchados o resistencias oscurecidas indica problemas cercanos en el tiempo. Es necesario tener en cuenta que, en muchos casos, la falla detectada está causada por la edad de los componentes, y aquellos que aún no han fallado pueden hacerlo pronto.

Capítulo 6

Construcción de circuitos

Figura 20. Un transistor NPN se mide como si fuera dos diodos con sus ánodos en común, y un PNP, como dos diodos con cátodos en común.



RESUMEN

En este capítulo analizamos la realización de mediciones en electrónica digital. En primer lugar, revisamos el procedimiento adecuado y las características que destacan a las mediciones en caliente. Posteriormente, analizamos las mediciones en frío.

En este capítulo daremos los primeros pasos en la construcción de un circuito sobre la base de un protoboard.

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 que queremos utilizar.

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

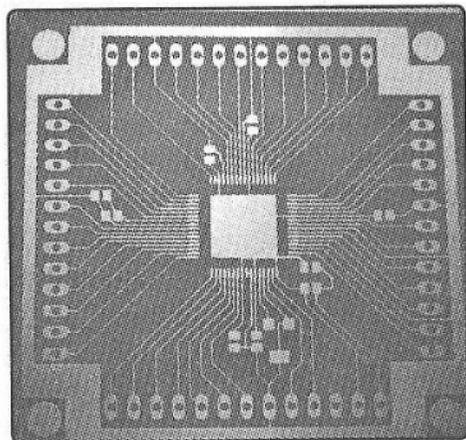


Figura 1. En la imagen podemos observar un tipo común de circuito impreso.

electrónicos (diodos, transistores, circuitos integrados) y dispositivos mecánicos (llaves y conmutadores). 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 esquema es una representación gráfica de un circuito electrónico. Muestra los diferentes componentes con su simbología asociada y las conexiones entre ellos. Podemos dibujarlo a mano alzada o utilizar un **software** de captura de esquemático, como, por ejemplo, Eagle u Orcad. En este libro, utilizaremos el programa 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.

Para poder realizar la construcción de un circuito, debemos tener un esquema circuital

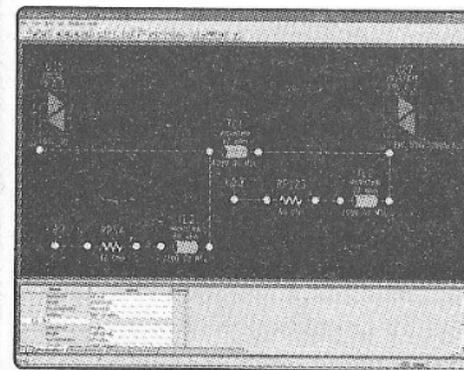


Figura 2. El diseño de circuitos es mucho más sencillo gracias al uso de aplicaciones específicas.

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

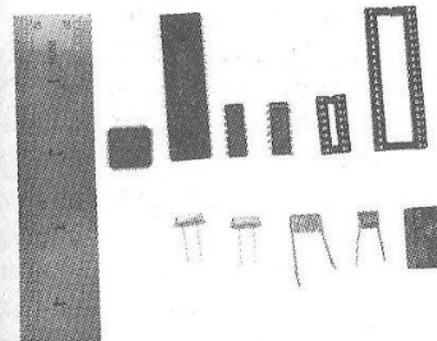


Figura 3. Para construir nuestros circuitos debemos conocer los componentes y las características de cada uno.

Un PCB es una tarjeta plástica que conecta los componentes a través de pistas de cobre

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 (**ruteo**) puede realizarse de forma manual o automática.

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

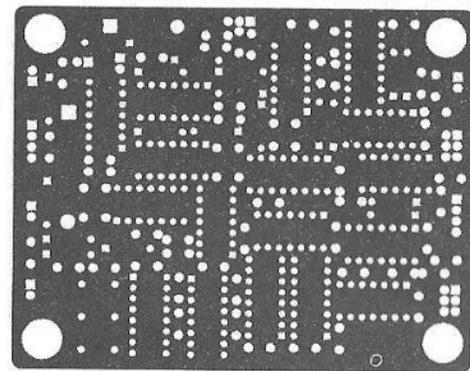


Figura 4. La imagen presenta un esquema de creación de un circuito impreso.

lámina de cobre que cubre completamente el sustrato (placa virgen), donde luego se retira el cobre indeseado para dejar los trazados diseñados. 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 otros 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 esto, se imprime el trazado en un material termosensible, como el papel de ilustración.

LA PERFORACIÓN Y EL ESTAÑADO

Los orificios en los cuales se colocan los componentes se realizan, a nivel industrial, con un taladro controlado mediante computadora. Nosotros podemos utilizar una agujereadora de banco o algún minitorno.

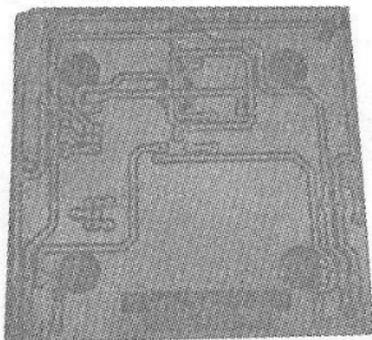


Figura 5. El corte y fotograbado de una placa de cobre dará como resultado lo que vemos en la imagen.

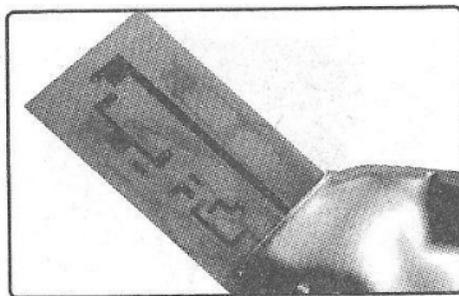


Figura 6. La máscara temporal de tinta aplicada a la placa virgen la prepara para el ataque químico.

Para finalizar con la construcción del circuito, los componentes se insertan en los orificios (si son de montaje through hole) o apoyados 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).



Figura 7. Minitorno con una serie de accesorios que nos servirán en la tarea de trabajar con circuitos impresos.

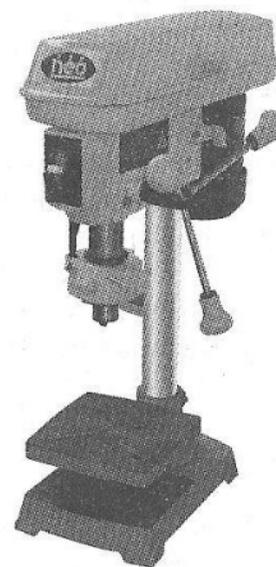


Figura 8. Una agujereadora de banco es una herramienta específica para realizar tareas de perforación.

Con el circuito armado, ya estamos en condiciones de comprobar su funcionamiento.

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 requiere de soldaduras para interconectar los componentes, los cuales son simplemente insertados en los orificios para tal fin. La disposición de sus conexiones

La mayor ventaja de un protoboard es que no requiere de soldaduras para unir componentes

internas hace posible el montaje temporal de cualquier circuito.

TOPOLOGÍA

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

Por lo general, se conectan entre sí externamente para disponer de ellas a ambos lados de la

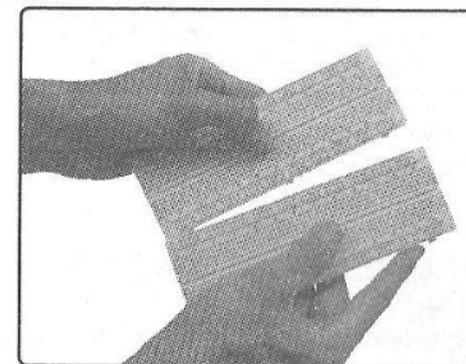


Figura 9. Protoboard de tamaño estándar: son 62 columnas, con dos secciones de orificios cada una.

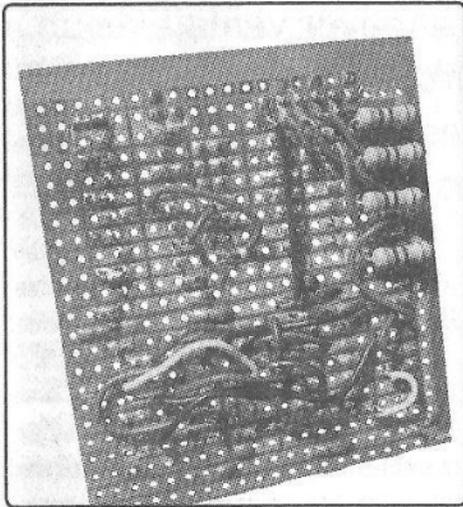


Figura 10. Ejemplo de un protoboard con un circuito ya montado.

tarjeta, al igual que las secciones 2 y 6 marcados 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 una de las columnas 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 pines 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 en 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

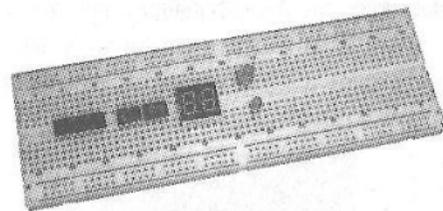


Figura 11. En el protoboard de la imagen podemos distinguir el surco central, utilizado para insertar circuitos integrados.

nos facilitarán la tarea. Podemos realizar las conexiones entre puntos del circuito mediante un cable unifilar, es decir, alambre constituido por una sola pieza, como, por ejemplo, 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, por ejemplo,

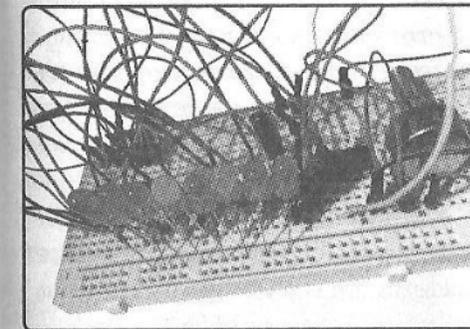


Figura 12. En esta imagen podemos observar cables utilizados en la implementación de un circuito sobre un protoboard.

Existen componentes, como los interruptores, que no pueden colocarse directamente sobre el protoboard

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 derretiraría.

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

MÚLTIPLES CAPAS

Un PCB puede estar formado por múltiples capas conductoras (hasta 16). 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.

FALSOS CONTACTOS

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

punto de contacto. Por esta razón, recomendamos usarla 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.

Otra de sus limitaciones es que no nos permite insertar componentes de montaje superficial de manera directa. Para poder hacerlo, tendremos que comprar adaptadores, muchas veces de elevado costo 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, deberemos proceder ordenadamente para obtener los resultados que esperamos. Para esto, necesitaremos contar con determinados 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 forman el diseño. Necesitamos cables unifilares calibre 20 o 22 para realizar las conexiones. Además, precisamos algunas herramientas, como 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.

Para armar un circuito eléctrico debemos proceder con orden

ALIMENTACIÓN DEL CIRCUITO

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

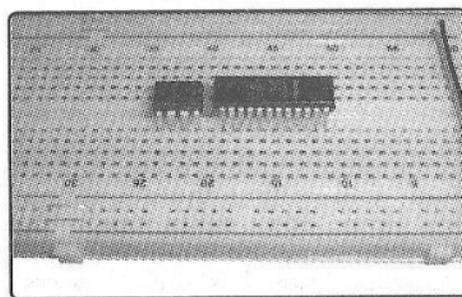


Figura 13. Ubicación de un chip sobre el surco central del protoboard.

El chip debe quedar sobre el canal central y paralelo a él, 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 uno. 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.

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.

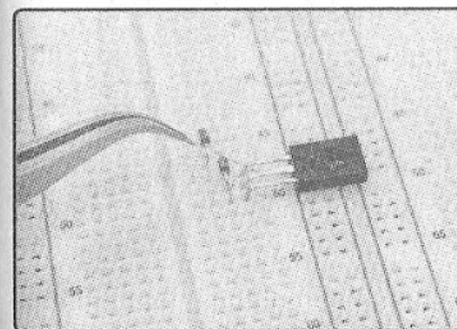


Figura 14. Una de las ventajas del protoboard es la posibilidad de insertar los cables sin tener que utilizar soldaduras.

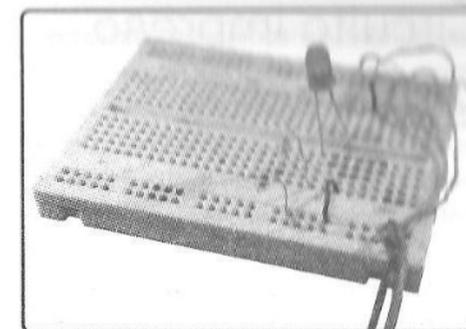


Figura 15. Ubicación de un LED encendido sobre el protoboard.

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.

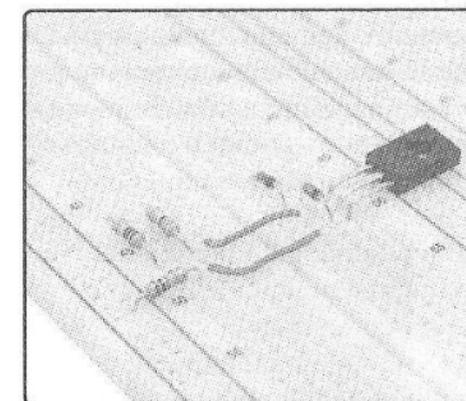


Figura 16. Tenemos energía a ambos lados de la tarjeta gracias a los puentes de cable que conectan las líneas.

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. Entonces, no necesitaremos recurrir al diseño y fabricación de un circuito impreso específico, lo que nos ahorrará 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 prolijos. No es recomendable si queremos hacer el mismo circuito más de una vez.

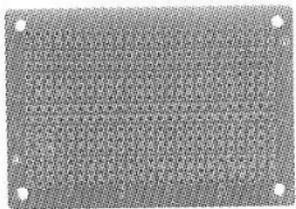


Figura 17. En esta imagen podemos ver la placa conocida como perfboard.

STRIPBOARD

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

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 desventaja es que es menos modificable,

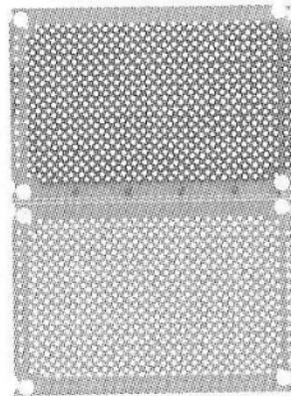


Figura 18. Placa de stripboard, lista para comenzar a trabajar.

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 ella.

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

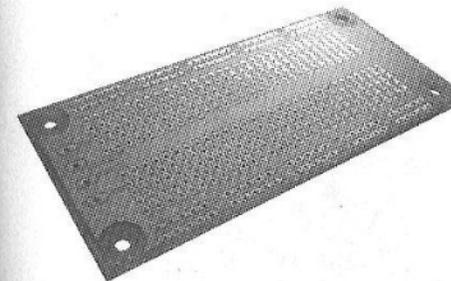


Figura 19. Placa UPCB, la cual nos permite obtener resultados muy prolijos si la operamos con cuidado.

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 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.

Circuito impreso en detalle

Una vez realizado el diseño del circuito impreso, será necesaria su construcción. Esta es una tarea que requiere de importantes cuidados, ya que una plaqueta mal fabricada puede

poner en peligro el funcionamiento de la totalidad del proyecto.

FABRICACIÓN CASERA

Para impresos que no tengan un alto grado de complejidad, podemos optar por su 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 que queremos 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.

CONSTRUCCIÓN DE 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: plaqueta virgen de pertinax o epoxi (de 10 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, 1 resistencia de 10 K Ω , 1 resistencia de 56 Ω , 1 resistencia de 15 Ω , 1 transistor BD140 y una llave simple. Para soldar los componentes a la plaqueta, necesitaremos un soldador de 30 W y estaño.

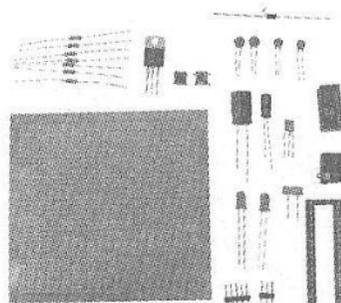
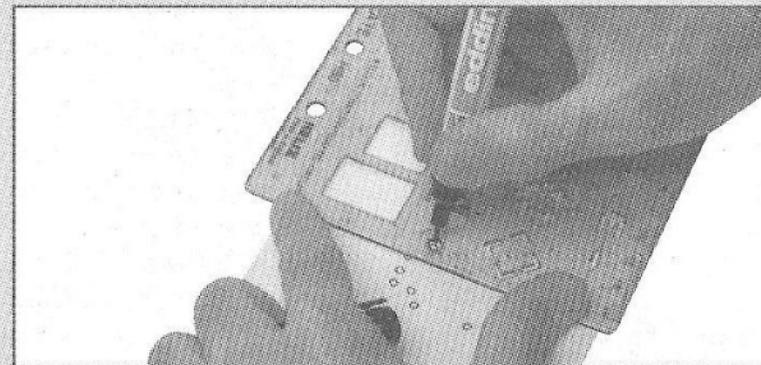


Figura 20. Si el diseño no es complejo, la construcción casera de un circuito impreso será una tarea muy fácil.

PASO A PASO /1

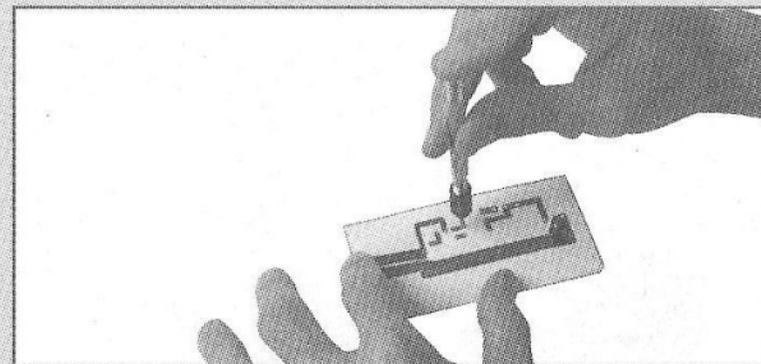
Construcción de circuito impreso

1



Lo primero que debe hacer es diseñar el circuito que desea desarrollar. Para esto, 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.

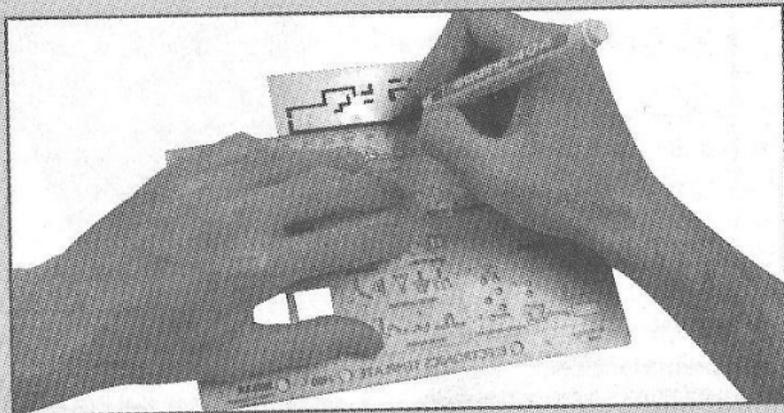
2



A continuación, superponga el diagrama del circuito sobre la plaqueta para realizar las perforaciones, donde posteriormente se soldarán los componentes electrónicos. Para hacerlo, utilice una perforadora con mecha de **1 mm**. Esta 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.

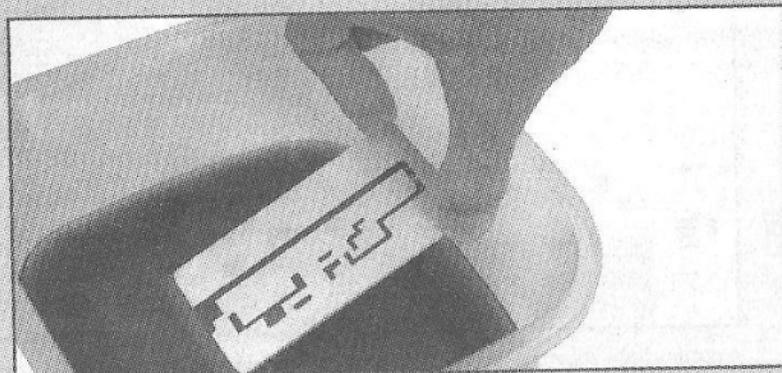
PASO A PASO /1 (cont.)

3



Una vez que tiene los orificios creados, copie el diseño del circuito (**PCB**) de la siguiente figura sobre la capa de cobre. Esto lo 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.

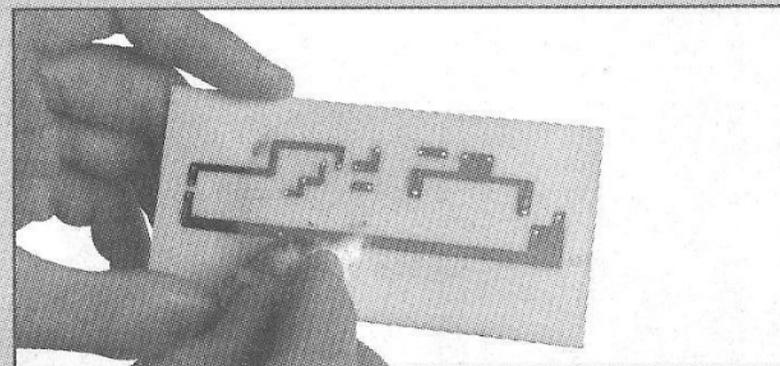
4



Vierta **percloruro férrico** en un recipiente material 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.

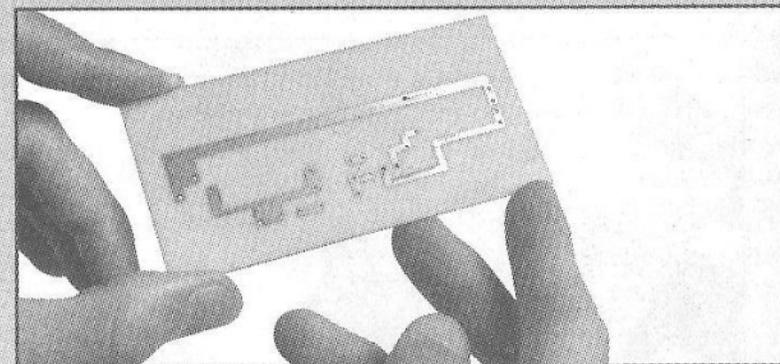
PASO A PASO /1 (cont.)

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.

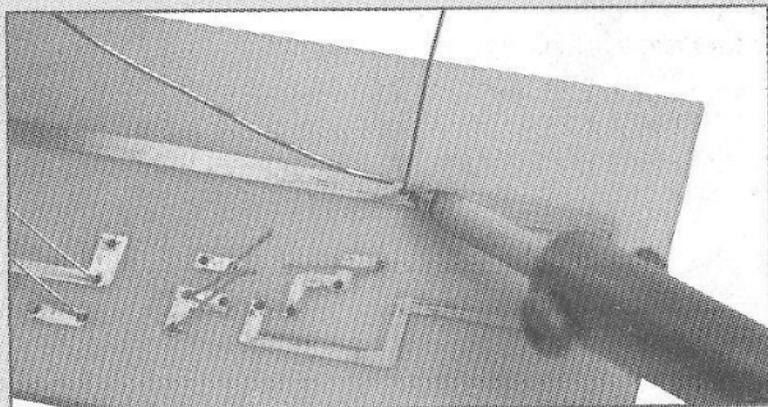
6



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 caso de que exista un corto entre dos pistas, será necesario eliminar el cobre excedente con un cutter o herramienta similar.

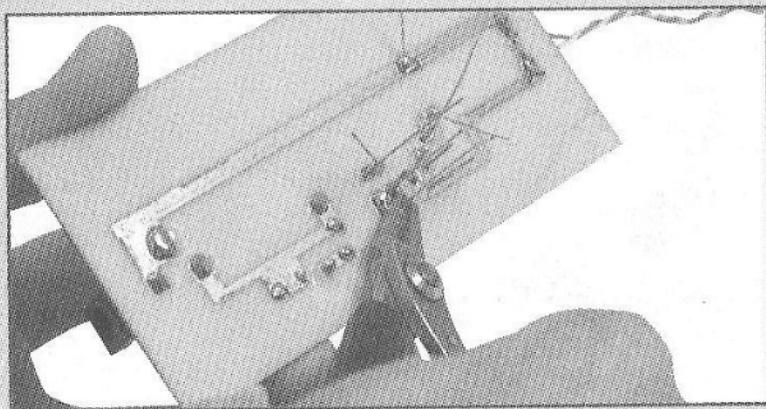
PASO A PASO / 1 (cont.)

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.

Materiales para soldar

El soldador es una de las herramientas básicas que debe tener 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 son de baja potencia, alrededor de los 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, y transmite 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 ella.

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. Su potencia es de alrededor de 30 W.

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 las superficies de la temperatura del soldador. Físicamente, consta de un alambre

de textura blanda. Se vende en carretes y existen distintos espesores, como, por ejemplo, de 0,5 mm, 1 mm, etc., dependiendo del tamaño del área que vamos 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 su punta esté limpia. Para esto, se puede emplear un cepillo o un trozo de tela de jean. Nunca debemos utilizar materiales que puedan rayar la punta. Las partes que se vayan a soldar también deben estar limpias y libres de impurezas. Una buena práctica es estañar previamente las partes por soldar.

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

6. Construcción de circuitos

Dependiendo del tamaño del área por soldar, variará la cantidad de estaño a utilizar. Si aplicamos poca cantidad, si bien va a conducir la electricidad, la soldadura no tendrá 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.

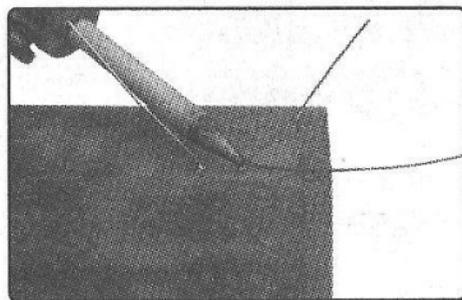


Figura 21. Debemos mantener limpia la punta del soldador, y aplicar el calor y la cantidad de estaño adecuados.

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

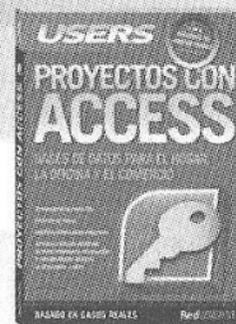
Existen varios métodos para desoldar componentes electrónicos. Uno de ellos es mediante el uso de un desoldador (chupador de estaño). Este dispositivo es, básicamente, una bomba de succión, formada en general por un cilindro de

aluminio el cual tiene en su interior un émbolo accionado por un resorte. Posee una punta por donde 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. Acto seguido, se apoya la punta del soldador sobre el área que será desoldada. Luego de unos segundos, cuando se funde el estaño, se acciona el pulsador del desoldador para que se produzca la succión del material. Este proceso debe repetirse si aún quedan restos de estaño.

RESUMEN

En este capítulo analizamos la construcción de circuitos, conocimos los componentes, el protoboard y las ventajas de utilizarlo. Vimos el circuito impreso universal en detalle, los materiales necesarios para soldar, y el proceso adecuado para soldar y desoldar.



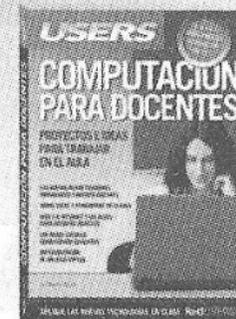
Esta obra está dirigida a todos aquellos que buscan ampliar sus conocimientos sobre Access.

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1857-45-6



Este libro nos introduce en el apasionante mundo del diseño y desarrollo web con Flash y AS3.

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1857-40-1



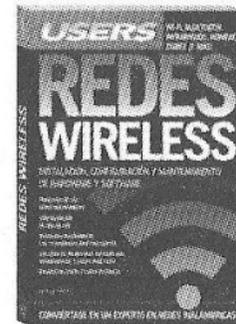
Esta obra presenta un completo recorrido a través de los principales conceptos sobre las TICs y su aplicación en la actividad diaria.

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1857-41-8



Este libro está dirigido tanto a los que se inician con el overlocking, como a aquellos que buscan ampliar sus experiencias.

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1857-30-2



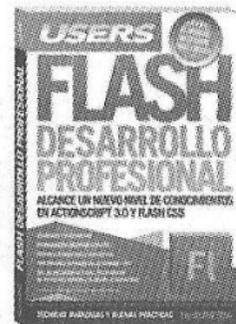
Este libro único nos introduce en el fascinante y complejo mundo de las redes inalámbricas.

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1773-98-5



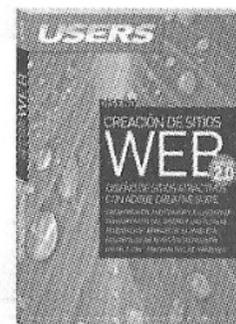
Esta increíble obra está dirigida a los entusiastas de la tecnología que quieran aprender los mejores trucos de los expertos.

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1857-01-2



Esta obra se encuentra destinada a todos los desarrolladores que necesitan avanzar en el uso de la plataforma Adobe Flash.

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1857-00-5



Un libro clave para adquirir las herramientas y técnicas necesarias para crear un sitio sin conocimientos previos.

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1773-99-2



Una obra para aprender a programar en Java y así insertarse en el creciente mercado laboral del desarrollo de software.

→ 352 páginas / ISBN 978-987-1773-97-8