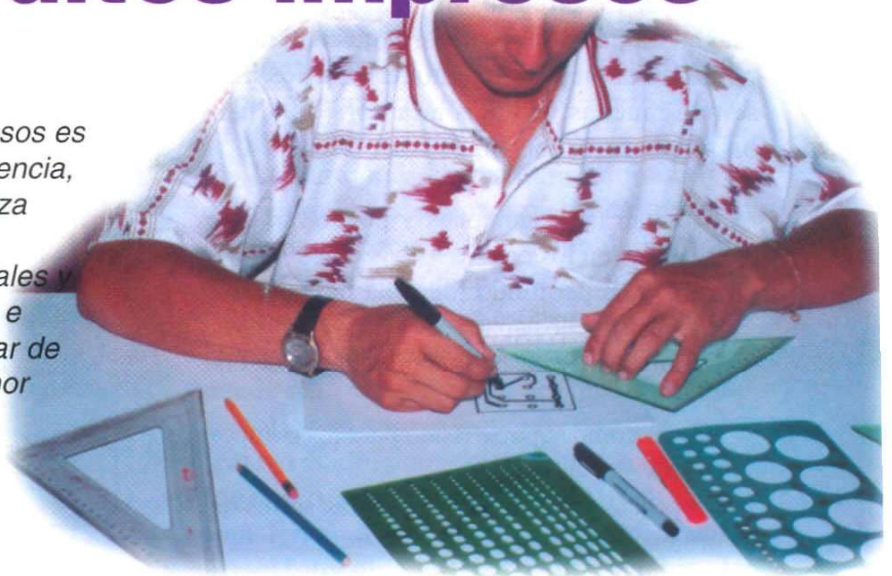


# PRACTICA Nº 9

## Diseño y fabricación de circuitos impresos

*El diseño de circuitos impresos es una labor que combina paciencia, ciencia y arte. Quien la realiza debe tener, además de los conocimientos sobre materiales y técnicas, mucha creatividad e ingenio para lograr acomodar de forma ordenada y en el menor espacio posible, todos los componentes del circuito.*



Cuando estamos desarrollando un proyecto, la primera prueba de funcionamiento se debe hacer sobre el protoboard o tablero de prueba sin soldaduras. Después de esto, se debe construir el circuito impreso, el cual permitirá ubicar fácilmente todos los componentes de forma segura. Este último es un eslabón esencial para llevar a feliz término la construcción del aparato. Adicionalmente, existen diferentes clases de circuitos impresos y diferentes métodos para diseñarlos. En el desarrollo de esta práctica veremos algunos aspectos importantes involucrados en este tema.

### Qué es un circuito impreso

Un circuito impreso es una placa o lámina aislante que tiene adheridas líneas conductoras muy delgadas por una o ambas caras y sobre la cual se montan los componentes electrónicos que forman un circuito. Las líneas conductoras o trazos, se utilizan para establecer las diferentes conexiones entre los elementos del circuito y en sus extremos tienen orificios en los cuales se insertan y sueldan los terminales de los componentes. Popularmente, los circuitos impresos reciben el nombre de *plaquetas*.





Figura 9.1 Diferentes tipos de circuitos impresos a) De una cara, b) Flexible, c) De doble cara

Anteriormente, los aparatos electrónicos debían llevar cables entre todos sus componentes ya que no se disponía de ninguna técnica para facilitar el ensamble. Con el desarrollo de la tecnología y la invención de nuevas técnicas, se logró el perfeccionamiento de los circuitos impresos, los cuales juegan un papel muy importante en el desarrollo de la electrónica moderna, ellos presentan muchas ventajas a la hora de armar un proyecto tales como:

- Facilitan las conexiones y por lo tanto se disminuyen los errores
- Su uso ha permitido lograr la miniaturización de muchos aparatos
- Permiten realizar fácilmente labores de ensamble y reparación
- Sirven como soporte físico para los componentes
- Proporcionan uniformidad en las series de producción

### Tipos de circuitos impresos

Los circuitos impresos pueden ser rígidos o flexibles y se clasifican según el número de capas conductoras que posean. Por ejemplo, los de una sola capa, los de dos capas o doble faz (doble cara) y los multicapas, en los cuales se debe especificar el número de ellas. En la figura 9.1 se muestran circuitos impresos de diferentes tipos. Los de tipo rígido y una sola cara, son los más utilizados en circuitos sencillos y sobre ellos centraremos nuestra atención. En aparatos con muchos circuitos integrados como memorias, microprocesadores, compuertas lógicas, etc., se utilizan los de doble cara y en circuitos muy complejos como las computadoras, se emplean circuitos multicapa.

### Pasos para la elaboración de un circuito impreso

El diseño o dibujo de un circuito impreso parte del plano o diagrama esquemático del circuito, figura 9.2a. Con esta información debemos llegar a la elaboración de una plaqueta en donde se montan y sueldan los componentes, figura 9.2b.

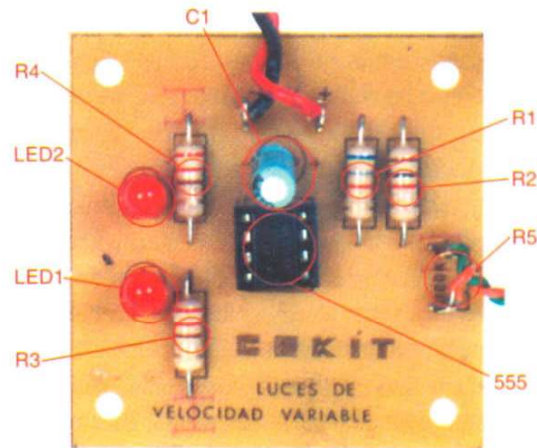
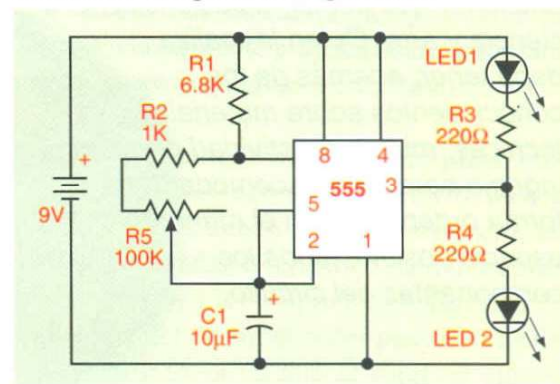


Figura 9.2 Equivalencia entre el diagrama esquemático y el circuito impreso



El diagrama debe ser lo más claro posible y contener el valor exacto de sus componentes ya sea que estén escritos en forma directa, por ejemplo, 100 ohm a 1/2W para una resistencia, o indicados con las referencias R1, R2, C1, C2, etc., o que exista una lista de materiales con los datos necesarios. De esta información depende la configuración del circuito impreso ya que la forma y tamaño de los diferentes componentes depende de su valor (unidades de medida y especificaciones).

Igual que un aparato electrónico completo, un circuito impreso también se fabrica en forma de prototipo experimental, y al utilizarlo, ensamblando un circuito de prueba, se puede mejorar o rediseñar hasta que cumpla todos los requisitos técnicos y de estética que esperamos. Para la fabricación de un prototipo de circuito impreso de una sola cara, que es el tema que nos interesa por ahora, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Diseño de los trazos del circuito para que todos los componentes queden conectados como lo indica el diagrama esquemático. Puede ser en una hoja de papel o en la pantalla de una computadora.

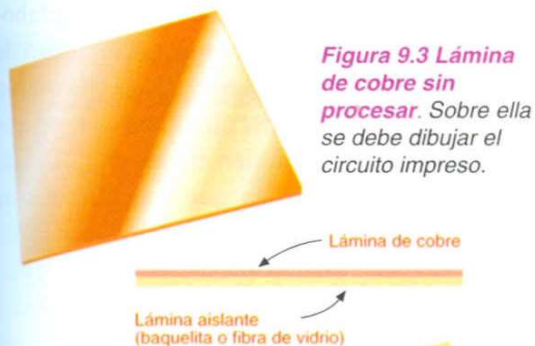


Figura 9.4 Circuito impreso terminado. El percloruro férrico se encarga de rebajar el cobre sobrante.



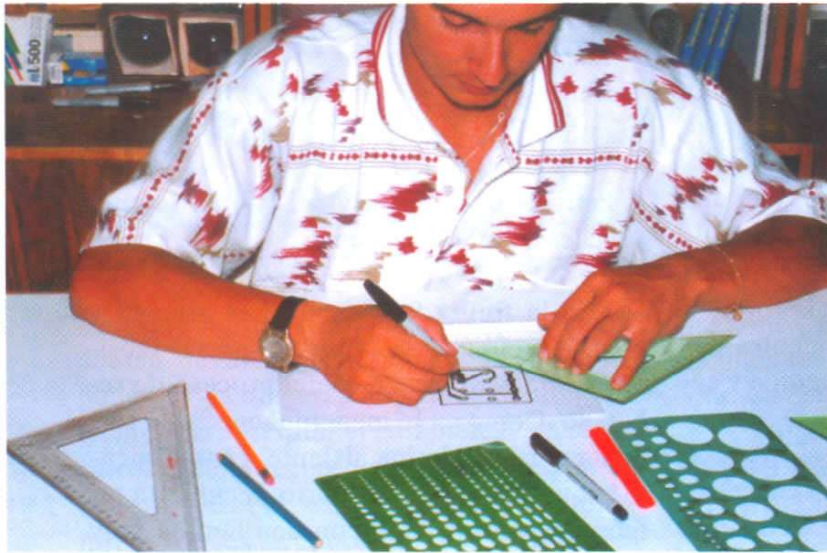
2. Traslado o copia del diseño a la superficie de la lámina de cobre.
3. Eliminación o rebajado del cobre sobrante para que queden las líneas del circuito únicamente.
4. Perforación de los agujeros para los terminales de los componentes.

En la figura 9.3 tenemos el aspecto y configuración de la lámina especial fabricada para este fin, antes del proceso de rebajado. Como ya lo mencionamos, está formada por una lámina aislante, generalmente baquelita o fibra de vidrio, recubierta totalmente por un lado con una lámina muy delgada de cobre. En la figura 9.4 tenemos el circuito impreso terminado después de eliminar el cobre sobrante.

La parte más crítica de este proceso es el diseño de los trazos o pistas del circuito impreso, es decir, la ubicación de los componentes y la unión de sus terminales hasta completar el diagrama esquemático. El traslado de este diseño a la lámina de cobre se puede realizar por diferentes métodos como son: el marcador o lapicero de tinta resistente al ácido, por *screen*, con el sistema fotográfico (*photoresist*) y con láminas de transferencia de *toner* para impresoras láser o fotocopiadoras. La eliminación del cobre sobrante se realiza sumergiendo la lámina con el dibujo en un compuesto corrosivo como el percloruro férrico, el cual ataca este metal y lo disuelve.

Por último, las perforaciones para los terminales de los componentes en un circuito impreso, permiten el montaje de los componentes que van sobre la superficie que no tiene cobre y cuyos terminales se sueldan en los conductores del lado opuesto. Todos estos procesos los iremos explicando detalladamente a medida que vamos desarrollando esta práctica.





**Figura 9.5** Diseño manual de circuitos impresos. Esta labor exige mucha imaginación y paciencia por parte del practicante.

## 9.1 Técnicas para el diseño de circuitos impresos

Existen diferentes formas de diseñar los circuitos impresos. Según las herramientas y los conocimientos que tengamos, se pueden utilizar medios manuales o computarizados para hacerlo. A continuación haremos una breve descripción de ellos.

### Diseño manual

Es el método más utilizado por los experimentadores y sobre el cual desarrollaremos el tema inicialmente ya que su conocimiento es necesario para avanzar hacia los métodos más modernos. Consiste en elaborar con los elementos comunes del dibujo técnico como el lápiz, borrador, papel, reglas, escuadras, plantilla de círculos, plantilla de componentes, etc., un dibujo correspondiente a los trazos definitivos del circuito impreso, figura 9.5.

Inicialmente, se hace un borrador a lápiz con medidas aproximadas partiendo de la ubicación de los componentes y del diagrama esquemático o plano. Luego, se van completando y corrigiendo las líneas hasta lograr un dibujo aceptable. Este se debe pasar en limpio o

sea finalizarlo con tinta negra y una vez terminado, recibe el nombre de *arte*, con el cual se hace un negativo o un positivo fotográfico. Si el dibujo se hace con tinta china, en un papel semitransparente, se puede utilizar directamente como base para el proceso de fabricación, tal como se explicará más adelante.

### Diseño manual con dibujo por computadora

Este proceso es intermedio entre el diseño manual y el diseño asistido por computadora. En este caso, se reemplazan las herramientas manuales por las he-

rramientas de un programa de dibujo como es el caso del *Free-Hand* en las computadoras *Macintosh*, figura 9.6, y del *Corel Draw*, *Power Point* o *AutoCAD* en las computadoras tipo PC.

Aquí se parte del mismo proceso del diseño manual a lápiz descrito anteriormente y luego, utilizando la computadora, dibujamos en la pantalla los diferentes elementos del circuito como son los círculos para los terminales, las perforaciones y las líneas. Luego se elabora el arte final con una impresora de chorro de tinta (*inkjet*) o láser. De esto depende en gran parte la calidad del circuito impreso ya que éstos generalmente tienen líneas muy delgadas y círculos pequeños que son difíciles de dibujar a mano. Con este método, se pueden borrar y repetir cuantas veces se quiera las líneas, variar la posición de los componentes y en general, hacer modificaciones, algo muy común en este proceso.

### Diseño por computadora o CAD

En los dos métodos anteriores, la ubicación de los componentes y el trazado de las líneas se hace manualmente, lo que toma la mayor parte del tiempo. El desarrollo de equipos más po-



tinta negra y lo, recibe el on el cual se o un positivo ibujo se hace un papel se puede utilizar o base para el ión, tal como delante.

### con dibujo ra

termedio en- al y el diseño utadora. En lazán las he- es por las he- ujo como es utadoras *Ma- Draw*, *Power* oras tipo PC.

eso del dise- rmente y lue- ibujamos en os del circui- s terminales, ego se elabo- de chorro de ende en gran reso ya que muy delga- difíciles de o, se pueden quiera las lí- mponentes y s, algo muy

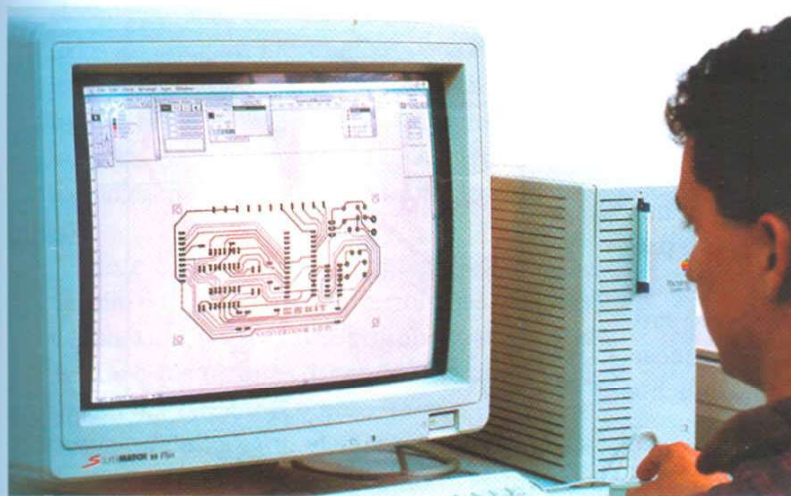
### CAD

ubicación de las líneas se mayor parte pos más po-

derosos y de programas especializados para esta labor, ha sido un factor muy importante en el avance de la electrónica ya que, en los circuitos complejos, con una gran cantidad de componentes, como es el caso de las tarjetas para computadora, se hace indispensable la utilización de circuitos impresos de varias capas, los cuales son prácticamente imposibles de diseñar manualmente.

Para este proceso, han salido al mercado muchos programas que trabajan en forma similar, así: se *captura* o lleva a la pantalla de la computadora el diagrama esquemático del circuito. Luego, el programa genera la lista de materiales y una lista de conexiones llamada *netlist*. Con esta lista, se van ubicando uno por uno, en forma manual, los componentes en un área definida para el circuito. Después se le da la orden a la computadora que haga los trazos, y según el modelo, capacidad y velocidad de la máquina, realiza este proceso en forma automática, ahorrando mucho tiempo en el diseño.

Este es el proceso ideal y su única limitante es el costo ya que el equipo necesario y los programas tienen un valor un poco alto



**Figura 9.6** Diseño de circuitos impresos en un programa de dibujo. Aquí se combinan elementos del diseño manual y del diseño por computadora.

para la mayoría de los presupuestos. Para las universidades, laboratorios, centros de investigación e industrias, es el método que se debe emplear por su agilidad y velocidad en el diseño. En una práctica posterior vamos a dedicar un buen número de páginas al diseño de circuitos impresos con un programa especializado. Vamos ahora a explicar detalladamente cada uno de estos procesos iniciando por el método manual, que como ya dijimos, es la base para todos y sin conocerlo, no se pueden utilizar los otros sistemas; además porque es la mejor alternativa para los principiantes.

## 9.2 Diseño manual de circuitos impresos

El diseño manual de los circuitos impresos es una combinación de técnica y arte que requiere ingenio y más que todo, paciencia. Se trata de ubicar ordenadamente, y con estética, los componentes de un circuito en el menor espacio posible y luego unir, por medio de trazos o líneas, que no se tocan entre sí, los diferentes puntos de conexión de ese circuito.

Cada circuito electrónico tiene un diseño de circuito impreso diferente y cada persona lo hace de distinta manera. Por lo tanto, la ubicación de los componentes y el trazado de las líneas, aunque debe obedecer a ciertas reglas, no tiene un procedimiento definido y depende en gran parte de la habilidad personal de cada individuo para resolver el problema. En la figura 9.7 tenemos el ejemplo de un circuito electrónico sencillo; en el podemos observar los diferentes componentes montados sobre el circuito impreso y los trazos de cobre que van por debajo de la lámina.



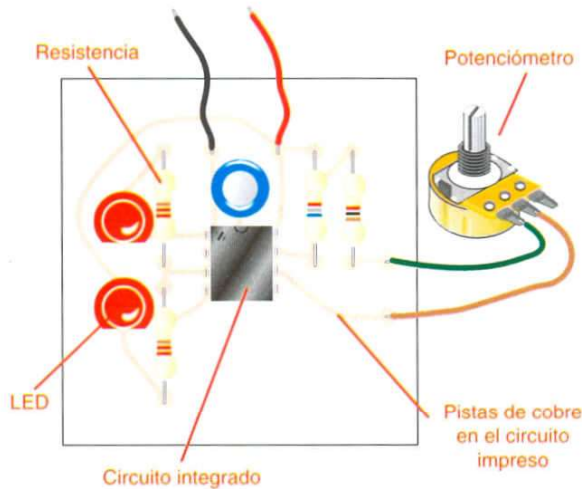


Figura 9.7 Componentes montados sobre el circuito impreso.

En la figura 9.8 se pueden observar los principales elementos que se deben tener en cuenta para el diseño de cualquier circuito impreso así:

- En la gran mayoría de los casos, los circuitos impresos son rectangulares.
- Las medidas dependen de la cantidad de componentes del circuito y de la densidad que se pueda lograr. (Agrupación de los componentes).
- Todo circuito impreso debe llevar perforaciones para su fijación en el chasis a menos que se diseñe un tipo de montaje especial, por ejemplo, una tarjeta de computador que se inserta en una ranura o *slot*.
- Para cada terminal de los componentes debe ir una perforación con el fin de insertarlos y soldarlos. Alrededor de esa perforación se establecen los círculos o *donas* en donde se aplica la soldadura.
- Las *donas* o puntos de soldadura, van unidas por trazos, líneas o pistas de cobre para formar el circuito, según el diagrama.
- Los componentes deben tener espacio suficiente para que se puedan instalar sin tocarse con los demás, pero sin dejar muchos espacios vacíos.

### Diseño del circuito impreso

Como ya vimos, el primer paso para el diseño, después de hacer las pruebas del circuito en un

protoboard, es tener el diagrama definitivo con todos los valores de los componentes. Luego, debemos tener todos los componentes a la mano ya que de su forma, medidas y configuración de los terminales depende en gran parte el diseño del circuito impreso. De algunos componentes, por experiencia, se conocen sus medidas, pero otros cambian según la marca y a veces hay que remplazarlos por lo que debemos asegurarnos teniéndolos a la mano.

Después se debe establecer la forma física general del aparato. Esto incluye un diseño preliminar o tentativo del chasis, si lo lleva, para determinar cómo van montados y distribuidos los diferentes elementos externos como controles, potenciómetros, conectores, cables de alimentación, interruptores, parlantes, bornes, medidores, indicadores (LED, pilotos o *displays*), motores, sensores, etc. Esto determina los puntos de conexión de estos elementos, con los componentes electrónicos del circuito. Cerca a estos puntos de conexión, deben ir terminales o conectores para llevar alambres desde el circuito impreso, a los elementos externos.

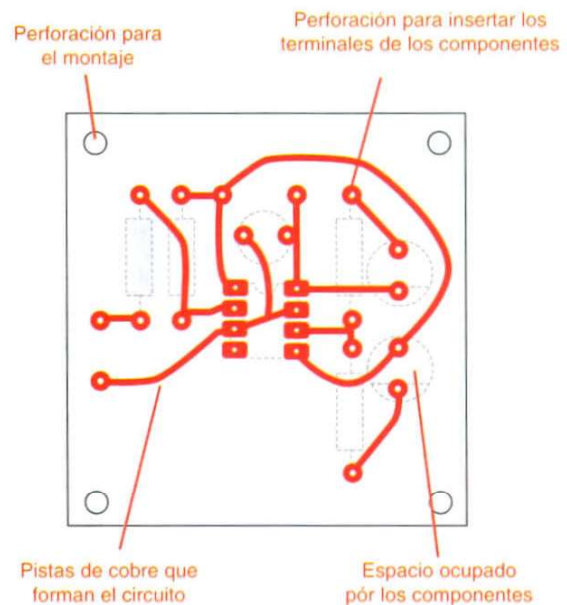


Figura 9.8 Elementos involucrados en el diseño de un circuito impreso.