

Hasta ahora hemos visto a grandes rasgos los pasos involucrados en el diseño manual de circuitos impresos. A partir de este punto los trataremos en forma detallada. Se debe recordar que estos pasos son fundamentales no sólo para el diseño manual sino también para el diseño por computadora que trataremos en una práctica posterior.

Los puntos de soldadura

Estos puntos, llamados popularmente "donuts" o donas, y que en inglés reciben el nombre de pads, son los que están dedicados a las perforaciones por donde se insertan los terminales de los componentes para realizar su posterior soldadura en los circuitos impresos. En la figura 9.9 se muestran las formas más utilizadas para ellos: círculos, cuadrados, óvalos y otras formas compuestas. El tamaño de estos puntos depende del tipo de terminal que se va a insertar y soldar en él. Un diámetro muy pequeño del punto puede resultar en su desaparición cuando se haga la perforación, o un punto muy grande, desperdicia el espacio en la plaqueta, figura 9.10.

Conocimiento de los componentes electrónicos

El primer paso para la elaboración de un circuito impreso es el conocimiento, desde el punto de vista de su aspecto físico, de los componentes electrónicos más comunes que se encuentran en todos los circuitos electrónicos como: las resistencias o resistores, los condensadores, las bobinas, los transformadores, los diodos, los transistores, los circuitos integrados, los interruptores, los indicadores luminosos, los conectores, etc.

Este conocimiento comprende su forma, tamaño o medidas, tipo de terminales o cables de conexión, polaridades, posibles reemplazos, etc. De estos factores depende en gran parte el diseño del circuito impreso ya que el funcionamiento de la parte electrónica se estudia y corrige en el proceso de ensamble del prototipo en un protoboard o en un programa de simulación por computadora.

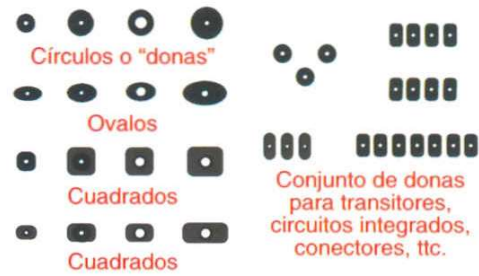


Figura 9.9 Formas más utilizadas para las donas o puntos de conexión

Para el diseño del circuito impreso, debemos conocer también los voltajes y corrientes que circulan por las diferentes líneas o trazos de un circuito. Esto determina su separación y espesor, ya que no es lo mismo un circuito de baja potencia que funciona con 6 ó 12 voltios de corriente continua y unos pocos miliamperios, que un circuito que trabaja con 110 ó 220 voltios de corriente alterna con varios amperios. Hay algunos casos en donde también influye la frecuencia de trabajo. Los circuitos impresos para aparatos de radio frecuencia o RF, por ejemplo, necesitan un diseño especial.

Medidas de los componentes

El primer elemento con el cual debemos familiarizarnos y del cual depende el tamaño de los circuitos impresos es el de las medidas de los componentes. Esto implica determinar su forma y tamaño y en cuanto a sus terminales, la cantidad, disposición y separación. Veamos ahora las medidas de los componentes más comunes en los circuitos electrónicos.

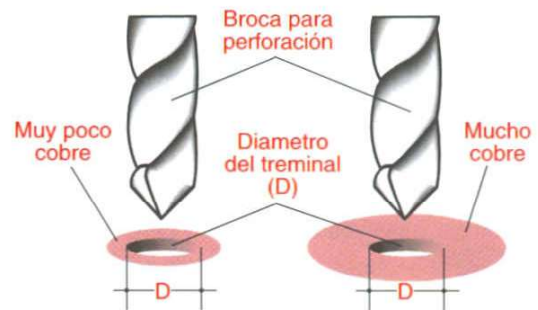


Figura 9.10 Diámetro externo de los puntos de conexión

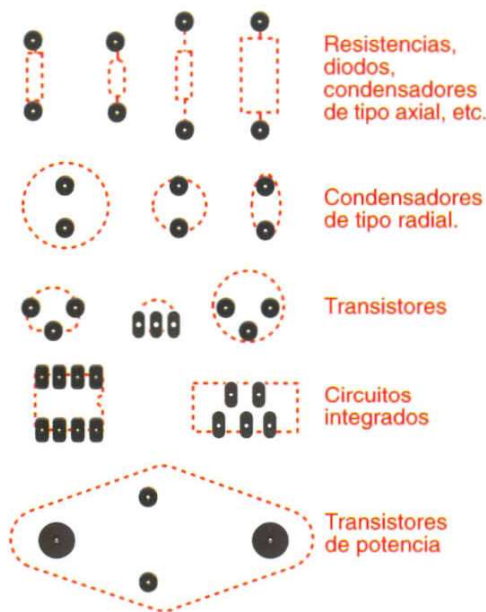


Figura 9.11 Tamaño real de algunos componentes

En la figura 9.11, mirando por debajo del circuito impreso, tenemos varios tipos de resistencias, condensadores, diodos, transistores, circuitos integrados y conectores; la línea punteada indica el cuerpo del componente que va por encima, y como se puede ver, en cada terminal debe ir un punto de conexión.

La disposición de los terminales puede tener forma lineal, triangular, rectangular, en dos filas, etc. En algunos componentes, debe existir una separación entre su cuerpo y los puntos de conexión con el fin de poder instalar fácilmente los terminales en el momento de su montaje. En las resistencias, diodos y condensadores de tipo axial, por ejemplo, se

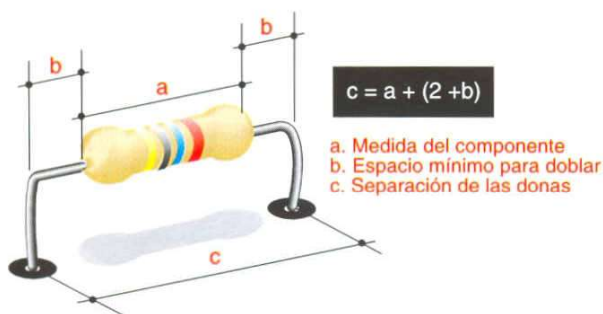


Figura 9.12 Forma adecuada para calcular el espacio ocupado por una resistencia

debe dejar mas o menos un milímetro entre su cuerpo y el punto en donde se dobla el terminal, figura 9.12.

En los transistores, cuyo cuerpo y separación entre terminales es muy pequeño, los puntos de conexión se pueden separar hasta permitir que éstos tengan el tamaño adecuado para admitir la perforación sin que se pierda el cobre para la soldadura, figura 9.13.

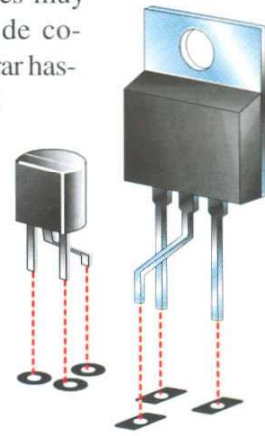


Figura 9.13 Donas o pads para transistores

En los circuitos integrados, las medidas de los puntos de conexión son fijas ya que los terminales son muy rígidos y cortos y no se pueden desplazar de su medida original, figura 9.14. Como se puede notar, los puntos para los terminales de los circuitos integrados tienen una forma diferente. Esto con el fin de facilitar, en algunos casos, el paso de líneas entre los terminales y para evitar cortocircuitos, con la soldadura, de dos puntos adyacentes. Recuerde que el diseño se debe hacer siempre pensando en el proceso de ensamble; un buen circuito impreso lo facilita y uno malo lo hace difícil.

Las medidas de los componentes electrónicos se expresan generalmente en décimas de pulgada de acuerdo a los estándares establecidos desde hace mucho

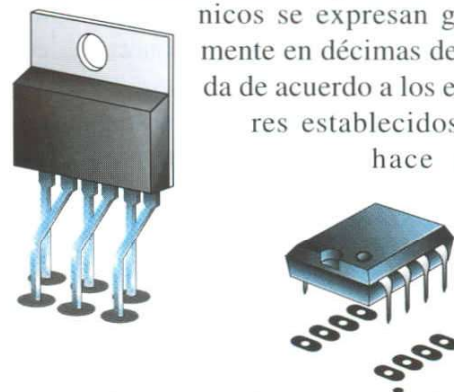


Figura 9.14 Donas o pads para circuitos integrados

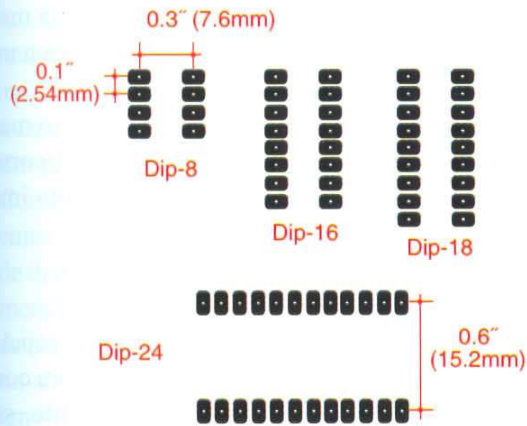


Figura 9.15 Separación de los pads en circuitos integrados

tiempo por el sistema americano. En nuestro caso, como trabajamos con el sistema decimal, se convierten estas medidas a milímetros y centímetros. Sin embargo, para los circuitos integrados es necesario conservar las medidas en décimas de pulgada, pues es muy difícil dibujar los puntos con separaciones de 2.54 mms entre ellos, figura 9.15. Si usted trabaja o piensa trabajar con frecuencia en el diseño de circuitos impresos, le recomendamos que tenga una regla con divisiones marcadas en décimas de pulgada (0.1”).

Trazos de las líneas

Las líneas que unen los puntos de conexión en los circuitos impresos, deben cumplir ciertos requisitos mecánicos, eléctricos y estéticos. Desde el punto de vista mecánico, deben tener la medida exacta. Si son muy delgadas, se pueden romper en el proceso de rebajado químico y si son muy gruesas, no dejan espacio para otras líneas y

Máxima corriente permitida (cobre de 1oz)	
Ancho pista (mm)	Amps.
0.12	0.5
0.25	0.8
0.5	1.4
0.75	1.8
1.25	2.2
1.75	3.5
2.5	4
5	6

Figura 9.16 Capacidad de corriente permitida en las pistas de un circuito impreso

puntos de conexión aumentando sin necesidad el tamaño del circuito impreso. Eléctricamente, su ancho determina la capacidad de corriente en amperios que pueden manejar. Para circuitos de baja potencia, una línea de 0.5 mm es suficiente en la mayoría de los casos. Si hay espacio disponible, se puede utilizar 1 mm como espesor para todas las líneas.

Si hay partes del circuito que manejan corrientes altas, como en las líneas de la fuente de alimentación, o en circuitos de corriente alterna con cables de entrada, relés, triacs, etc. se deben utilizar líneas más gruesas. En la figura 9.16 se especifican los espesores recomendados según la corriente a manejar por una línea del circuito.

Primeros pasos para el diseño

Aunque no existen reglas o parámetros exactos para este procedimiento, vamos a dar algunas sugerencias que lo facilitan.

- a) Trabaje siempre con lápiz, ya que lo más seguro es que un diseño se deba corregir muchas veces antes de quedar terminado.
- b) Tómese un buen rato para analizar detenidamente el diagrama esquemático; seguramente le surgirán varias ideas sobre la manera óptima de distribuir los componentes.
- c) Un circuito impreso debe tener el menor tamaño posible sin que esto dificulte su ensamble y conexión a los otros elementos del aparato.
- d) Los componentes se deben colocar en forma paralela o perpendicular a los bordes de la plaqueta, en ningún caso inclinados, reservando un área para su cuerpo y marcando los puntos para los terminales.
- e) Procure, en lo posible, distribuir los componentes en toda la superficie dejando uno o dos milímetros de separación entre ellos para que éstos se puedan montar fácilmente. Si no se deja este espacio, puede quedar uno montado sobre el otro.
- f) Los elementos que producen calor como transformadores, resistencias, diodos, transistores

re su
ermi-

para-

pads

os y no
l, figura
para los
nen una
litar, en
s termi-
soldadu-
que el di-
n el pro-
preso lo

electró-
general-
le pulga-
estánda-
s desde
mucho

integrados

ca Moderna

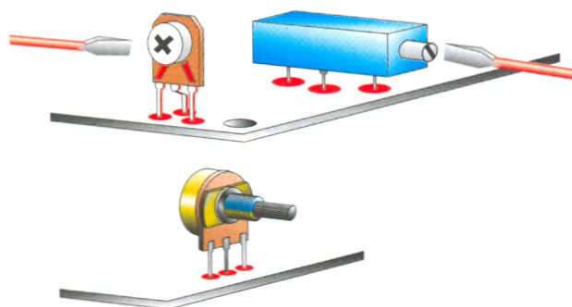


Figura 9.17 Los componentes ajustables se deben ubicar cerca a los bordes del circuito impreso

y circuitos integrados de potencia, con sus disipadores, deben tener un área libre para que no afecten el funcionamiento de los otros componentes. Así mismo, sus partes metálicas deben quedar separadas entre sí ya que se podrían producir cortocircuitos.

- g) Algunos componentes que producen campos magnéticos como los transformadores y los parlantes, deben quedar alejados de otros que se puedan afectar por esos campos, como las bobinas por ejemplo.
- h) Tenga en cuenta la orientación de los pines o terminales en los componentes que van polarizados (diodos y condensadores electrolíticos) o que tienen una distribución única de ellos (transistores y circuitos integrados) para que en el diseño no queden cambiados.
- i) Si hay algún componente que necesite un ajuste mecánico como potenciómetros tipo *trimmer*, bobinas y condensadores variables, se debe dejar el espacio y la forma adecua-

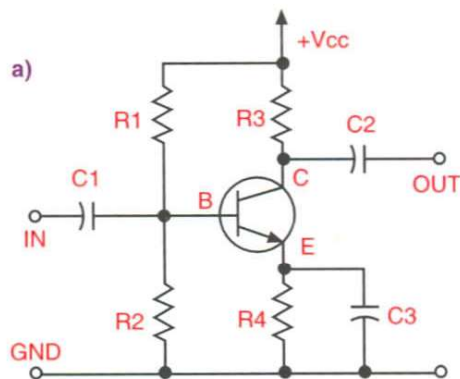
das para realizarlo sin dificultad. En la mayoría de los casos estos se dejan cerca a un borde del circuito impreso, figura 9.17.

- j) Si hay componentes que tienen un peso mayor de lo normal, deben tener algún soporte mecánico para asegurarlos del circuito impreso, o montarlos por fuera de éste.

Cómo empezar

Tomemos como ejemplo un circuito sencillo. En este caso, una etapa amplificadora con un transistor, figura 9.18a. Inicialmente, se realiza una distribución rápida de los componentes en borrador, figura 9.18b. Este es quizás el punto más importante en el diseño de un circuito impreso. De este paso depende en gran parte que el diseño se facilite y sea correcto. Este procedimiento se debe realizar tanto para el diseño manual, como para el ejecutado por computadora y de ahí su gran importancia.

Dibuje de manera aproximada la forma y tamaño de los componentes, ya que si los mide uno por uno, se tomará mucho tiempo; utilice líneas punteadas para evitar confusión con las líneas del circuito. Dibuje círculos pequeños para los puntos de conexión y líneas delgadas para los trazos. Cuando el diseño inicial corresponda al diagrama, se dibujan los componentes, los puntos de conexión y las líneas, con las medidas reales.



b)

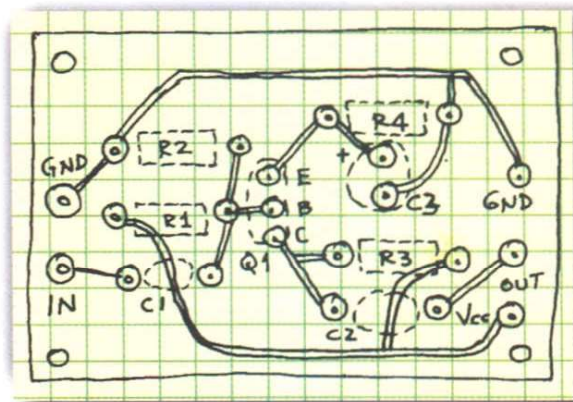


Figura 9.18 El primer paso para diseñar el circuito impreso es dibujar un borrador a lápiz sobre una hoja de papel

Como vimos en los ejemplos anteriores, se debe obtener un diseño o arte final con las medidas reales para que a partir de éste, se fabrique el prototipo del circuito impreso. Ya habíamos hablado también de la necesidad de hacer prototipos de los proyectos con el fin de corregir posibles errores o mejorar su diseño a partir de las pruebas con un modelo real. Para la elaboración de un prototipo, el dibujo no requiere de mucha calidad ni precisión; sin embargo, debemos acostumbrarnos a hacer el diseño de la mejor manera posible para que nos sirva en una próxima ocasión. Este diseño final puede hacerse con el método tradicional de dibujo manual con plantillas de círculos, reglas, tinta china, etc. o utilizando plantillas especiales diseñadas para tal fin, figura 9.25.



Figura 9.25 El diseño definitivo del circuito impreso se puede hacer con reglas y plantillas especiales.

A continuación, explicaremos paso a paso el primer método ya que por su sencillez y efectividad, es el más recomendado para los que se inician en esta rama de la electrónica práctica. Con unos pocos materiales de bajo costo, y siguiendo las instrucciones con cuidado, se puede lograr un prototipo de un circuito impreso, a partir de un diseño, en menos de 30 minutos. De los otros métodos hablaremos más adelante.

9.5 Fabricación de circuitos impresos con marcador de tinta especial

En pocas palabras, el método consiste en dibujar sobre el lado del cobre, el diseño del circuito impreso utilizando un marcador de tinta que no se borra con los líquidos, luego este se sumerge en una solución corrosiva que elimina el cobre que no está pintado. Los elementos básicos que se utilizan para este procedimiento son: un lapicero o marcador de tinta especial, una esponjilla o tela abrasiva limpiadora, la placa de baquelita y cobre y el compuesto corrosivo, figura 9.26. A continuación, explicaremos detalladamente el procedimiento mencionado, para lo cual se debe tener el diseño listo de un circuito impreso sencillo.

Paso 1. Corte de la lámina para el circuito

De acuerdo al diseño definitivo, marque con un lápiz el tamaño del circuito impreso so-

Cuando se diseñan circuitos impresos a nivel profesional o industrial, se recomienda hacerlos en escala de 2 a 1 con el fin de facilitar el trabajo y lograr una mejor calidad. Esto quiere decir que todas las medidas de los componentes se dibujan al doble de su tamaño real y luego, por métodos de *fotomecánica*, se reduce el diseño a su tamaño normal. Las plantillas especiales vienen en escala 1 a 1 ó 2 a 1.

9.4 Fabricación de prototipos de circuitos impresos

Este proceso puede hacerse utilizando diferentes métodos, dependiendo del tamaño y el tipo de componentes que forman el circuito. Si éste tiene trazos simples y lleva pocos componentes, entre ellos no más de 1 ó 2 circuitos integrados, se recomienda el método del marcador especial de tinta antiácida por ser una forma rápida y directa. Si el circuito es complejo y de tamaño mediano o grande, se recomienda el método de la serigrafía o *screen* y si el circuito tiene muchos circuitos integrados y líneas muy delgadas, se debe utilizar el método fotográfico o de fotosensibilización.



final del

bre la baquelita y con una sierra de mano de dientes suaves, efectúe el corte con cuidado para no dañar la placa ya que este material es muy frágil, figura 9.27. También se puede cortar la lámina haciendo varias pasadas (unas cinco veces) por ambos lados con el lado opuesto al filo de una cuchilla o bisturí, hasta que se pueda quebrar sin problema, figura 9.28. Con el último método, el corte queda más recto. Luego, con una lima plana, elimine las asperezas que pudieran quedar en los bordes de la placa después del corte.

Paso 2. Traslado del diseño del circuito a la lámina de cobre

a) Obtenga una copia del diseño original y corte el papel dejando unos dos centímetros por fuera de cada borde del diseño. Coloque este papel sobre la placa por el lado del cobre y doble los bordes hacia el otro lado para que el dibujo no se mueva; si es necesario, fije la hoja a la placa con cinta adhesiva por el lado de la baquelita, tal como se indica en las figuras 9.29a y 9.29b.

Con un punzón, o una aguja gruesa, marque los puntos que corresponden a cada círculo o *dona* del diseño del circui-

to impreso, figura 9.30. Estos puntos sirven como guías para dibujar los círculos y para las perforaciones donde se insertarán los componentes. Cuando se asegure que todos los puntos quedaron marcados, retire la hoja con el dibujo que sirvió como patrón.

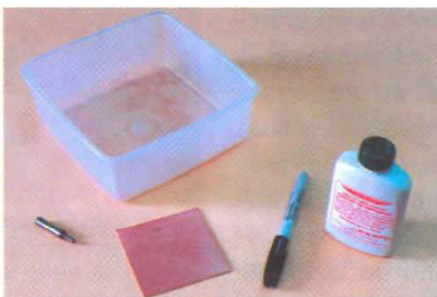


Figura 9.26 Materiales para fabricar el prototipo del circuito impreso



Figura 9.27 La plaqueta de cobre se debe cortar al tamaño indicado por el diseño final

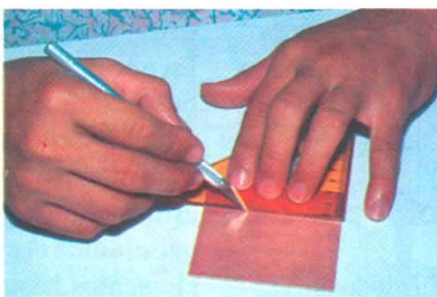


Figura 9.28 Para el corte de la plaqueta también se puede utilizar un bisturí

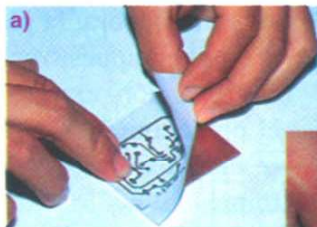
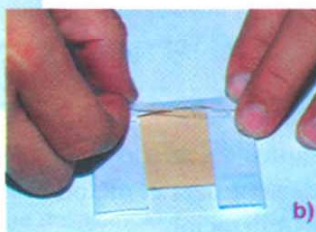


Figura 9.29 El diseño en papel se debe pegar sobre la plaqueta de cobre para marcar las perforaciones



b) Tome la lámina para el circuito impreso y límpiela bien con una esponja de brillo de las que se utilizan para limpiar los utensilios de cocina, hasta que el cobre quede brillante, figura 9.31. Tenga cuidado de no engrasar la superficie con los dedos después de limpiarla. Es obligatorio realizar esta limpieza debido a que el cobre se oxida fácilmente al entrar en contacto con el oxígeno del aire y se forma una capa protectora que no permite actuar al líquido corrosivo o ácido dañando el proceso de fabricación del circuito impreso.

c) Con el lapicero especial de tinta antiácida, dibuje círculos pequeños de 3 mms aproximadamente alrededor de cada marca que haya dejado el punzón en la lámina de cobre, figura 9.32. Deje secar por un momento la tinta y repinte varias veces los círculos hasta que queden perfectamente dibujados; tenga cuidado de no apoyar la mano so-

serven y para los comodos los recados, dibujo rón.

para el limpie- onja de utilizan ensilios e el co-, figura o de no cie con de lim- rio rea- debido xida fá- en con- eno del na capa permite orrosivo l proce- del cir-

especial, dibuje os de 3 ente al- arca que nzón en e, figura por un i tinta y as veces is hasta perfect- uados; do de no ano so-

bre el cobre para no engrasarlo. Para este procedimiento, puede utilizar una plantilla de círculos que puede conseguirse en una papelería; así las donas quedarán bien redondas.

Importante: La tinta de este lapicero es muy volátil y se seca rápidamente; por lo tanto no lo deje destapado mucho tiempo ya que su punta se seca y le impide el paso a la tinta más interna.

d) Después de completar los círculos, y pasando suavemente el marcador, dibuje las líneas o pistas del circuito impreso, tomando el diseño original como muestra, la figura 9.33. Estas líneas se pueden hacer a mano o utilizando una regla para que las líneas queden bien rectas.

Cuando finalice este paso, repinte las pistas nuevamente para que las líneas queden bien marcadas ya que de esto depende en gran parte el buen resultado de este método. Revise varias veces el diseño para no cometer errores o dejar líneas sin marcar. Si encuentra un error, puede

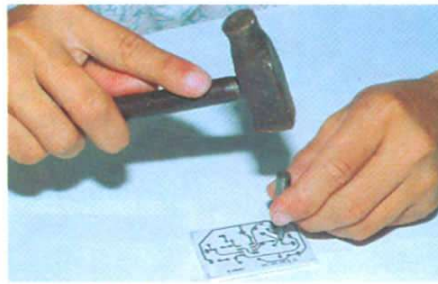


Figura 9.30 Con un punzón o aguja gruesa se marcan los puntos donde se harán las perforaciones para insertar los pines de los componentes

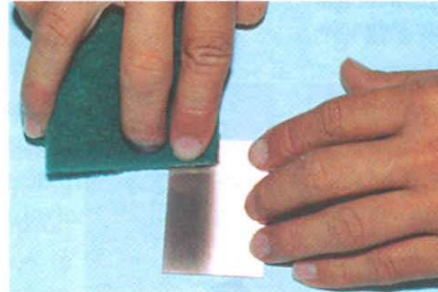


Figura 9.31 La plaqueta de cobre se debe limpiar muy bien ya que se oxida rápidamente al hacer contacto con el aire



Figura 9.32 En los sitios donde se marcaron las perforaciones con la aguja, se deben dibujar los círculos o donas del circuito impreso

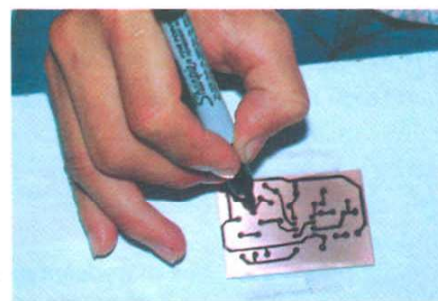
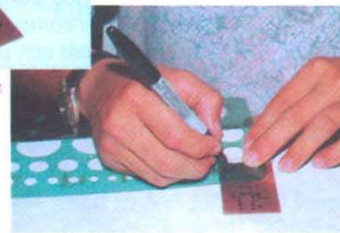


Figura 9.33 Los trazos o pistas del circuito se pueden hacer a mano o con una regla y se deben repintar varias veces.

borrar la línea con una cuchilla y volver a dibujar la línea correcta.

Paso 3. Eliminación del cobre excedente

Para que los trazos o pistas del circuito impreso queden en forma definitiva, se debe remover de la lámina el cobre sobrante, o sea aquel que no está cubierto por la tinta especial. Este procedimiento recibe el nombre de rebajado o *etching* y se puede realizar en una cubeta de plástico con el tamaño adecuado según el circuito impreso.

Para remover el cobre, se utiliza un producto líquido corrosivo de fácil preparación. Sus componentes son agua y percloruro férrico, el cual se consigue en forma de polvo en

los almacenes de suministro de productos químicos. La proporción del percloruro debe ser del 50% con respecto a la cantidad de agua.

Dependiendo de su tamaño, vierta en la cubeta unos 250 a 500 c.c (1/4 a 1/2 litro) de agua preferiblemente pura o destilada; el agua del suministro público contiene cloro y otros elementos que neutralizan el percloruro férrico. Utilizando siempre guantes de

caucho o de plástico, agregue lentamente unos 150 gramos de percloruro de hierro en polvo hasta disolverlo completamente en el agua. Mientras hace esto, notará que la temperatura de la solución aumenta, expidiendo gases tóxicos que no deben ser respirados; por lo tanto, esta mezcla debe ser realizada en un lugar suficientemente ventilado.

Precaución: El percloruro férrico es un ácido muy corrosivo, que no sólo ataca los metales sino también la ropa y la piel. Evite el contacto directo tomando todas las precauciones necesarias y utilice los guantes de caucho durante todo el proceso. Si en algún momento el ácido entra en contacto con alguna parte de su cuerpo, lávese con agua abundante y si hay quemadura o molestia acuda a un centro de salud.

Lista la solución, y después de revolverla suavemente, se coloca la lámina del circuito impreso en la cubeta con el lado del cobre hacia arriba y se agita periódicamente en forma suave y en un sólo sentido para evitar el derramamiento del ácido, figura 9.34. En unos 10 ó 12 minutos, el cobre sobrante será removido. Es conveniente sacar con una pinza plástica la placa para inspeccionarla cada 3 a 5 minutos. Mientras revisa la placa, se dará cuenta que el cobre se va eliminando hasta quedar solo el trazado del circuito impreso. Si dejamos mucho tiempo la lámina en el ácido, el cobre empezará a deteriorarse y se puede perder el trabajo realizado.



Figura 9.34 El circuito con las pistas dibujadas se sumerge en el ácido para rebajar el cobre sobrante



Figura 9.35 Las perforaciones para insertar los componentes se pueden hacer con un taladro o un Moto-tool.

Una vez que esté listo el circuito, retire la lámina y enjuáguela muy bien con agua. Lave muy bien sus manos y el recipiente cuando termine este proceso y deje secar la plaqueta por eva-

poración colocándola en forma vertical. La tinta especial no debe eliminarse, ya que protege el circuito contra la oxidación y sobre ella se pueden realizar las soldaduras sin ningún problema.

Nota: el dibujo y el rebajado del cobre se deben hacer el mismo día porque una vez que se ha pulido el cobre, su oxidación ocurre en corto tiempo.

Paso 4. Perforación de los agujeros para los terminales

Proceda a hacer las perforaciones en todas los círculos o donas utilizando un taladro pequeño o Moto-Tool, figura 9.35, que es una herramienta muy apropiada para este fin. Utilice una broca de 1/32" (0,8 mm) para todos los agujeros de los componentes

y si es necesario, amplíe con una broca de 3/64" (1,2 mm) las perforaciones donde se van a soldar componentes con terminales más gruesos o conectores. También se deben perforar los agujeros por donde pasan los tornillos de sujeción de los circuitos en el chasis con una broca de 9/64" (3,5 mm). Con estas perforaciones, queda listo el circuito impreso para el paso siguiente en la elaboración del proyecto: insertar y soldar los componentes.

Los materiales para efectuar este procedimiento se pueden conseguir en CEKIT y sus distribuidores bajo la referencia K-550, "Kit para fabricar Circuitos Impresos".