

Introducción al Diseño de Circuito Impreso

Proyecto de la Placa

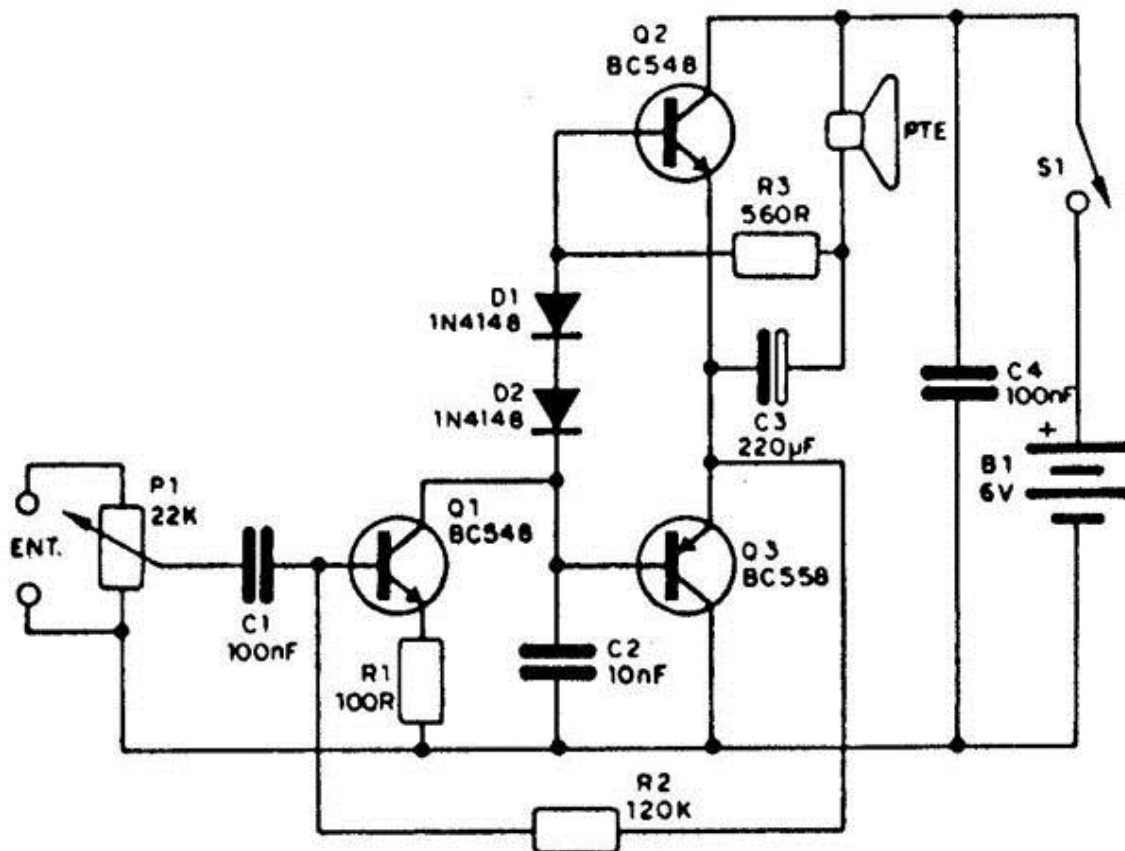
Explicaremos en forma sencilla y paso a paso cómo realizar todo el proceso de convertir un diagrama de un circuito electrónico en una placa de circuito impreso.

A partir de un diseño ya hecho, en el que se muestran tanto el lado del cobre como el lado de los componentes sobre la placa, es bastante fácil, llegar a la placa lista para un montaje, para ello, hay que conocer los componentes de que se tratan en el circuito.

Sin embargo:

¿Cómo hacer en el caso de haber conseguido sólo el diagrama del aparato? ¿Cómo transferir al cobre las conexiones que llevan a un amplificador, un oscilador o un transmisor?

El problema no es tan complicado como parece. Vamos a suponer un amplificador como el mostrado en la siguiente figura.



Se trata de un amplificador de tres transistores, que puede usarse como etapa de salida de radios, sirenas o como amplificador de prueba.

El material usado es el siguiente:

R1 = 100_ x 1/8W

R2 = 120k_ x 1/8W

R3 = 560_ x 1/8W

Vea que todas las resistencias son de pequeña potencia, por las propias características del circuito, que es también de baja potencia.

C1 = 100nF C2 = 10nF

C3 = 220µF C4 = 100nF

Los condensadores C1, C2 y C4 pueden ser cerámicos, y C3 debe tener una tensión de trabajo mayor que la alimentación.

D1, D2 = 1N4148 o cualquier diodo de uso general

Q1, Q2 = BC548 o cualquier transistor NPN de uso general

Q3 = BC558 o cualquier PNP de uso general

P1 = potenciómetro de 25k_

PTE = altavoz de 8 y 3"

S1 = interruptor simple

B1 = Fuente de alimentación o conjunto de pilas de 6V

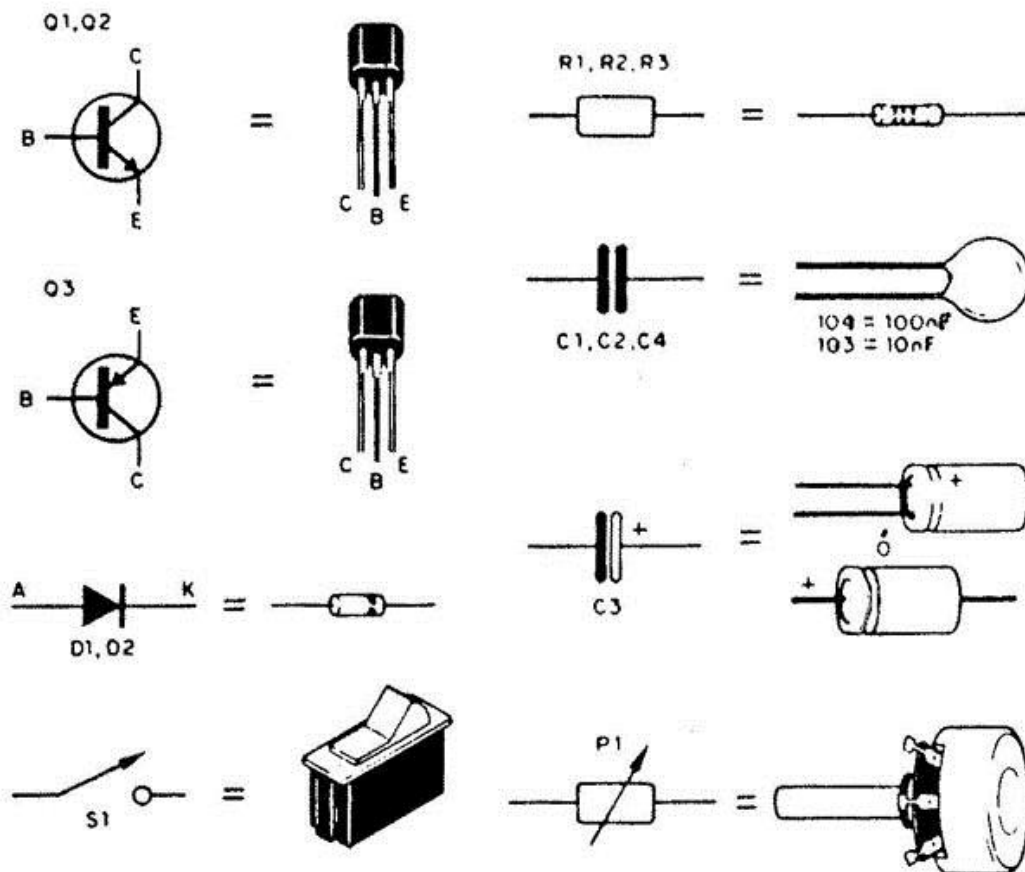
Debemos saber en primer lugar, lo que vamos a montar en la placa de circuito impreso. En este caso, está claro que las pilas (o la fuente), el altavoz, S1, y el potenciómetro pueden quedar fuera.

Debemos entonces disponer en la placa, todos los demás componentes de tal forma que las pistas de cobre los interconecte de manera que corresponda al circuito mostrado.

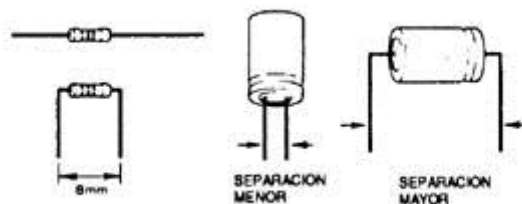
Queda claro que lo primero que el lector precisa saber es la correspondencia entre los símbolos de los componentes y su aspecto real.

En la siguiente figura mostramos esta correspondencia para el caso de este amplificador.

Vea que esto es importante, pues define el espacio que disponemos en la placa para cada uno y la forma cómo será ocupado este espacio.



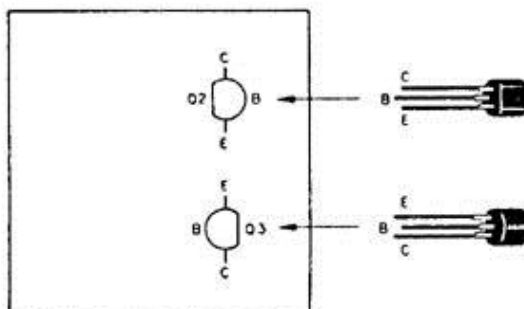
Para las resistencias de 1/8W, por ejemplo, si queremos montarlos horizontalmente, tendremos que separar los agujeros en la placa por lo menos 8 mm. Si un condensador electrolítico tuviera terminales paralelos, la separación debe ser verificada antes y será menor que en el caso de uno que tenga terminales axiales (figura 8).



¿Cómo hacer la disposición en la placa?

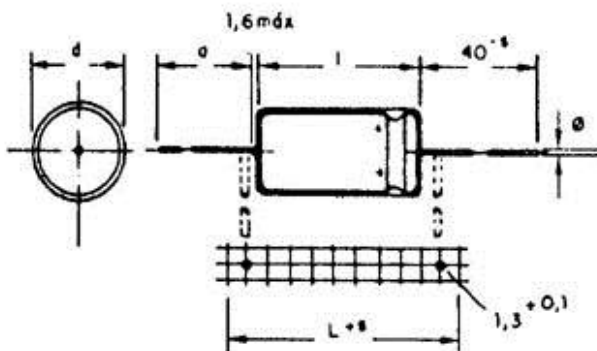
Una sugerencia para que comience a hacer sus diseños es usar una hoja de papel común y lapiceras de dos colores, una oscura para diseñar los componentes y otra más clara para dibujar las pistas de cobre (una negra y una roja, por ejemplo). El trabajo del proyecto, por lo menos en esta etapa inicial, consiste simplemente en cambiar los símbolos de los componentes por su aspecto real y las líneas que los interconectan por pistas de cobre.

Tomando como ejemplo nuestro amplificador, podemos comenzar de la siguiente forma: observando las apariencias de los transistores de salida Q2 y Q3, dibujamos éstos en una posición correspondiente al esquema, como muestra la siguiente figura.



Observe que, como en el diagrama, los emisores quedan en la misma dirección.

Podemos entonces comenzar dibujando una pista de cobre que una los dos emisores, marcada con (1 en el dibujo de la placa de la siguiente figura).



l (mm)	∅ (mm)	a-5 (mm)
17,5	0,6	40
25	0,6	50
30	0,8	55
40	0,8	65

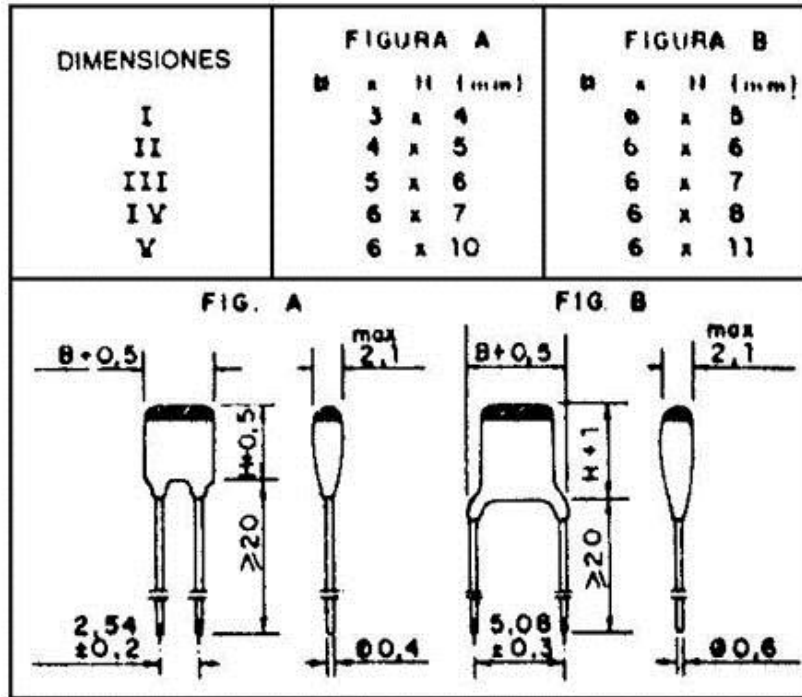
Ahora, como segunda etapa, podemos observar que el colector del transistor Q2 debe recibir alimentación positiva (pasando por S1) y el de Q3, negativa. Para esto, las pistas terminan en puntos de conexión fuera de la placa pues el interruptor y la batería quedan fuera de la misma. Las dos pistas son marcadas ahora con (2) y (3) en la placa.

A continuación debemos pensar en las conexiones de las bases de los transistores. Mirando el diagrama, vemos que entre las bases están los dos diodos, D1 y D2.

Vemos también que en la salida precisamos encontrar un lugar para C3 y también para R3 (Para ser montados en posición horizontal, se necesita doblar los terminales de los componentes).

En la práctica, no se debe doblar el terminal exactamente junto a su cuerpo, pues puede haber roturas o desprendimiento. Por lo tanto, su tamaño real será el que tenga con los terminales doblados).

Los diodos D1 y D2 pueden ser colocados en una posición que recuerda el propio diagrama, como muestra la siguiente figura.

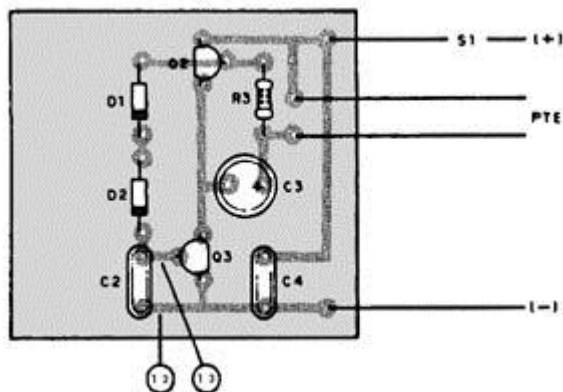


La conexión de los diodos a las bases es mostrada por (4) y (5), se nota que se debe seguir su polaridad. El condensador C3 y el resistencia R3 van al altavoz, que es un componente externo a la placa. Podemos entonces colocar C3 de tal modo que de él salga el cable que va al altavoz. Sus conexiones se muestran en cobre como (6) y (7).

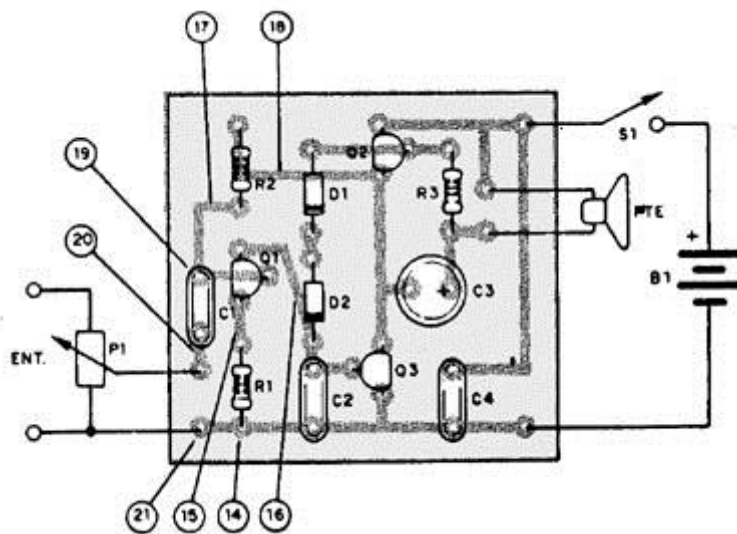
Observe que su polo negativo va a la misma pista que interconecta los emisores de los transistores, como en el diagrama. Para R3 podemos aprovechar la posición vacía encima de C3, haciendo las conexiones (8) y (9).

Del lado de estos componentes, tenemos también, interconectando el polo positivo de la alimentación con el negativo, el condensador C4, cerámico. Aprovechamos el espacio abajo de C3 para colocarlo y hacer sus conexiones (10) y (11). Podemos pasar a los componentes alrededor de Q1. En primer lugar vemos que C2 está conectado a la base de Q3 y el polo negativo de la alimentación. Esto será fácil de llevar a la placa, pues C2 es pequeño y cabe enseguida debajo de los diodos D1 y D2. Tenemos entonces las conexiones en cobre dadas por (12) y (13) en la prolongación de la pista del polo negativo.

Es primordial que en la placa de circuito impreso los terminales de conexión: alimentación +Vcc, vayan situados en los extremos exterior de la placa.



Ahora le toca al transistor Q1. Observamos que el mismo tiene en su emisor una resistencia (R1). Lo colocamos, entonces, según muestra la figura 13, con la resistencia junto al emisor, haciendo las conexiones (14) de la alimentación negativa; (15) de la resistencia al emisor de Q1 y (16) del colector de Q1 a la base de Q3. Tenemos ahora que pensar un lugar para R2 y también para C1. Comenzamos por R2.



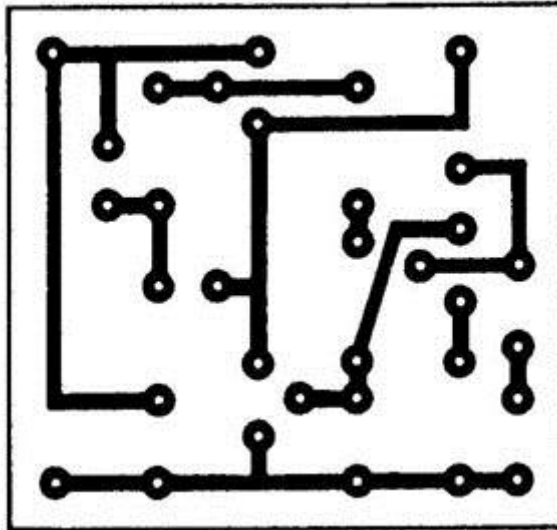
Vea que el mismo conecta la base de Q1 con la juntura de los dos emisores de los transistores Q2 y Q3. En el diagrama esta resistencia pasa "por fuera", pero en la placa tenemos una posibilidad interesante. Partimos de la base de Q1, para arriba, y pasamos la conexión a los emisores por debajo de D1. Esta conexión se muestra con el (17) y el (18).

Para C1 la colocación es más fácil, previendo ya las conexiones externas con P1. Sus conexiones se muestran con los números (19), (20) y (21).

Después llegamos a las conexiones externas.

¡El amplificador está completo!

Atención: vea que tiene que pasar al cobre el diseño hecho, recordando que dibujamos todo como si lo estuviéramos viendo "por arriba", del lado de los componentes. Ahora, el diseño debe ser copiado e "invertido" en el cobre, quedando como muestra la figura.



Cabe aclarar que el diseño que hicimos corresponde a una placa sencilla.

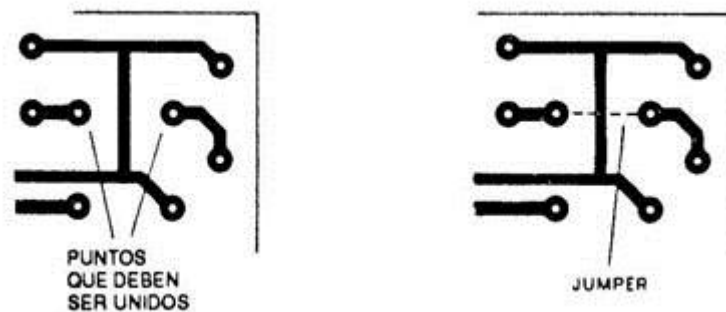
A partir de este dibujo, con un poco de estudio, se puede perfectamente llegar a versiones más compactas. Basta copiar el dibujo con los componentes más juntos, o bien colocar resistencias en posición vertical.

En un circuito simple como éste no hay necesidad de ganar mucho espacio, pero existen casos en que esto es importante.

Diseño Asistido, Recursos Especiales

El Jumper

Suponga que, en un proyecto, un componente debe tener un terminal conectado a otro, pero entre ellos pasa una pista de cobre, como muestra la figura.



Para no cruzarse, ¿qué hacer? La solución puede estar en una especie de "puente".

Un trozo de hilo rígido de 0,4 mm aislado, pasado por encima de la placa, o sea, del lado de los componentes, interconecta los dos lados de la pista que "molesta" y el problema está resuelto, como muestra en la siguiente figura.

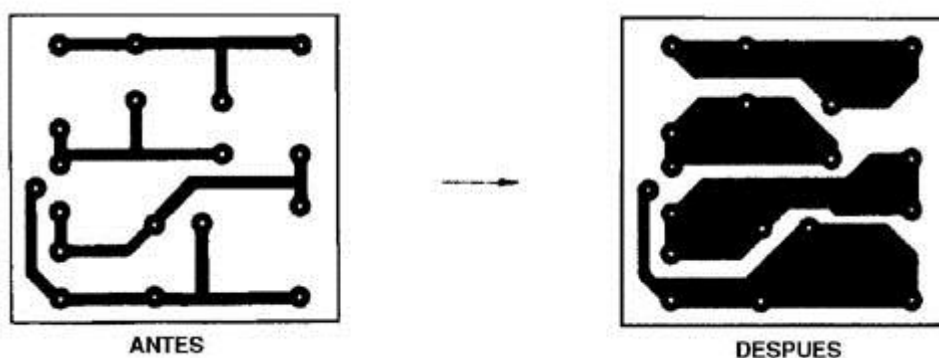


Pistas Gruesas

En montajes que trabajan con corrientes intensas, las pistas de cobre que conducen estas corrientes deben ser más anchas que las demás, lo que significa que se debe hacer un planeamiento cuidadoso, previendo espacio para su trazado. Normalmente debemos calcular un grosor de 1,5 mm por cada ampere que va a recorrer la pista.

Relleno de Espacios Vacíos

Un recurso interesante, que puede ser útil en algunos tipos de montajes, consiste en rellenar los espacios entre las pistas, pero sin formar líneas conductoras, sino espacios conductores con pequeñas separaciones entre ellos, como muestra la figura.



Este procedimiento presenta dos ventajas:

1. Las grandes superficies pueden conducir corrientes mayores y presentan menores resistencias o incluso sirven de blindaje.
2. Reducen la superficie a ser corroída por el percloruro en la ejecución de la placa, con economía de este material.

Dimensionamiento de la Placa

Uno de los principales problemas que encuentra el proyectista de placas de circuito impreso es el dimensionamiento de las pistas y la separación que deben tener los agujeros para los terminales de conexión de los componentes. Los mismos varían de tamaño según la marca, disipación, tensión de trabajo y muchas otras características, por lo que suele ocurrir fácilmente que se deba hacer modificaciones de última hora, difíciles de realizar.

Por ejemplo, ¿no le ocurrió alguna vez que proyectó una placa de circuito impreso para conectar un condensador de $10\mu\text{F} \times 16\text{V}$ y a la hora de hacer el montaje se encontró con que sólo conseguía condensadores de $10\mu\text{F} \times 25\text{V}$.

¿No le resultó muy molesto y difícil hacer la sustitución por un componente físicamente mayor, y no tuvo incluso que forzarlo un poco para que "entrara" en el lugar previsto?

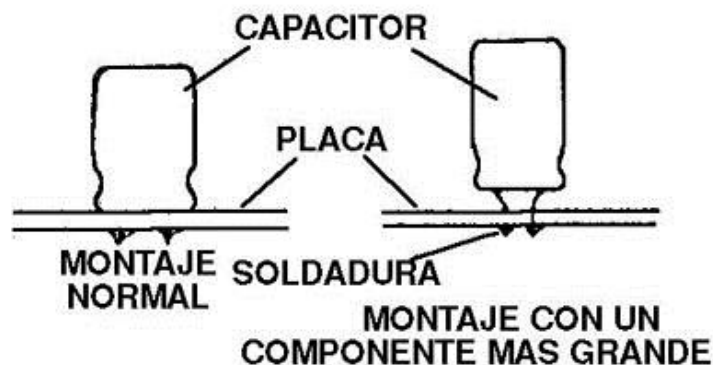
Uno de los grandes problemas para los que proyectan placas de circuito impreso es la previsión de la separación de los agujeros para los terminales de los componentes, principalmente aquellos, sujetos a variaciones en función de su valor, tensión de trabajo, disipación o marca. Este es el caso principalmente de las resistencias y condensadores.

Existen diversos consejos para un proyecto perfecto como:

- Disponer antes del montaje definitivo de la placa, o sea, de la realización del proyecto de placa, de los componentes que serán usados.
- Disponer de tablas con informaciones sobre las dimensiones de todos los componentes de modo de prever exactamente qué distancia dejar para soldar sus terminales o la colocación de componentes adyacentes sin problemas.

En la práctica, puede ocurrir que no tengamos ni una ni otra alternativa a nuestro alcance, por lo que calculamos "a ojo" la separación de los terminales por pura práctica, ya que sabemos más o menos qué tamaño tiene una resistencia de $1/8\text{W}$, una resistencia de alambre de 5W o un condensador electrolítico de 16V ó incluso midiendo con un calibre las distancias de las patas de los componentes.

El resultado es un montaje no siempre "bonito", ya que los terminales de los componentes pueden quedar abiertos, cerrados, o bien "forzados" en posiciones que comprometen su funcionamiento, cuando no, incluso, su disipación del calor, tal como se muestra en la siguiente figura.



Si no podemos contar con las informaciones sobre la dimensión de todos los componentes, es conveniente por lo menos estandarizar la separación de terminales para los más usados, y hacerlo con un margen de seguridad que no comprometa el funcionamiento del circuito.

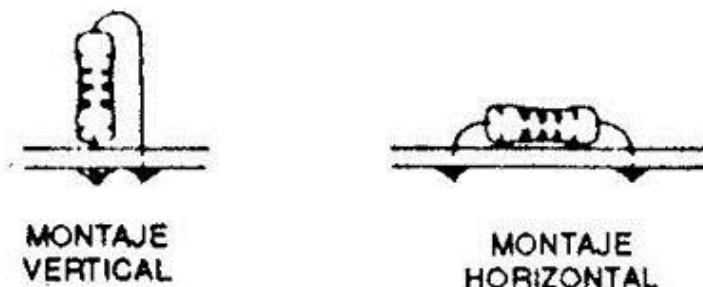
Basándose en esto, daremos algunas informaciones importantes que pueden ayudarlo en sus futuros proyectos.

Diseño para los Resistores

Las resistencias, por ser los componentes más usados, son los que menos problemas causan. Sin embargo, también debemos tener cuidado con su colocación y montaje.

Un factor importante, que debe ser tenido en cuenta en el montaje de una resistencia en una placa, es que su disipación es afectada por el tamaño de sus terminales. Así, doblando el terminal muy cerca del componente, reducimos su capacidad de disipación, a no ser que la pista de circuito impreso a la que esté soldado tenga una buena superficie y contribuya a la conducción de calor.

Las resistencias, como muestra la siguiente figura, pueden ser montadas vertical u horizontalmente. La separación entre los dos nodos de soldadura va a depender de la disipación de la resistencia y su tipo. Resistencias de mayor disipación (potencia) son de mayor tamaño, y por lo tanto, exigen más espacio.



Observación:

Las indicaciones de potencia en la mayoría de sus proyectos y montajes de la siguiente forma:

$$0,33W = 1/8 \text{ ó } 1/4W$$

$$0,5W = 1/2W$$

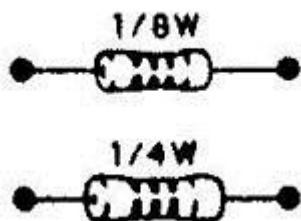
$$0,67W = 1/2W$$

$$1,115W = 1W$$

Esto equivale a decir que en un proyecto en que especificamos una resistencia de 1/2W se puede usar un tipo de 0,67W, sin problemas.

Es interesante, en algunos casos, prever incluso la colocación de una resistencia mayor, en el caso que el proyectista haga la placa antes de conseguir los componentes.

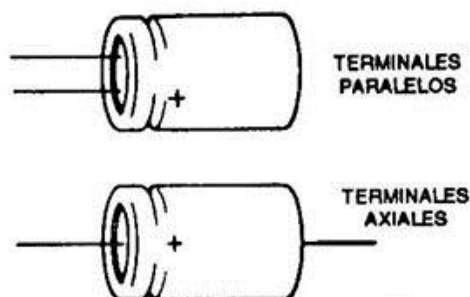
Así, si no hubiera especificación en sentido contrario en la lista de materiales, nada impide que se prevea la utilización de resistencias de 1/4W en una placa en que toda la lista indique 1/8W. Esto facilitará la elección de un 1/4W a la hora de la compra, si no se encuentra el de 1/8W.



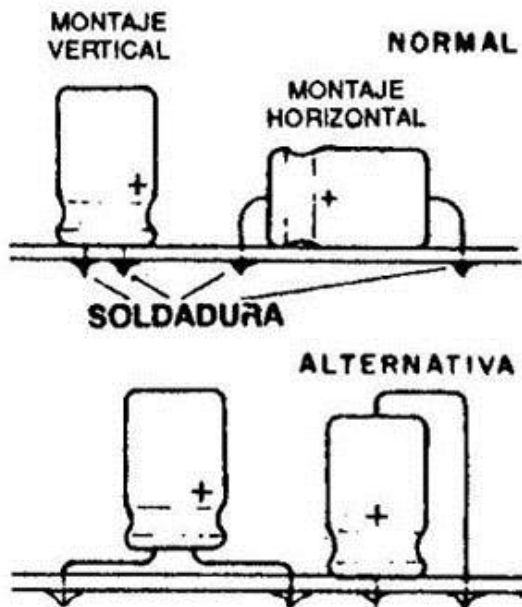
Diseño para los Condensadores Electrolíticos

En el caso de los condensadores electrolíticos, generalmente las cosas se complican para el proyectista. Las variables son muchas:

Comenzamos por el hecho de que existen tipos de terminales axiales y terminales paralelos, como se muestra en la siguiente figura.



Está claro que el montaje de los dos tipos se hace de modo distinto, si bien existen ocasiones en que uno puede ser usado en lugar del otro, como se muestra en la siguiente figura.

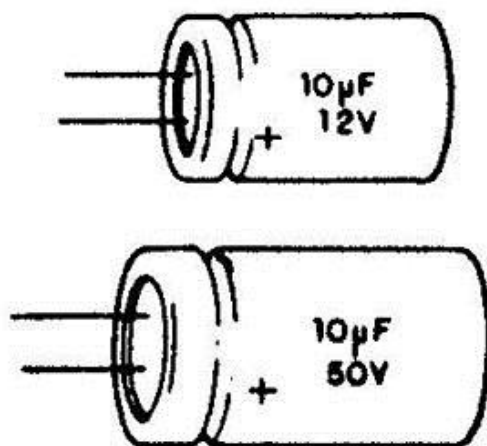


Pero el hecho que agrava más el proyecto es que la separación de los terminales, diámetro y largo no son constantes para una serie completa de valores.

La separación de los terminales y el tamaño del componente están en función del valor, tensión de trabajo y hasta incluso de la marca.

¡Un condensador de $10\mu\text{F} \times 12\text{V}$ tiene un tamaño distinto que uno de $10\mu\text{F} \times 50\text{V}$!

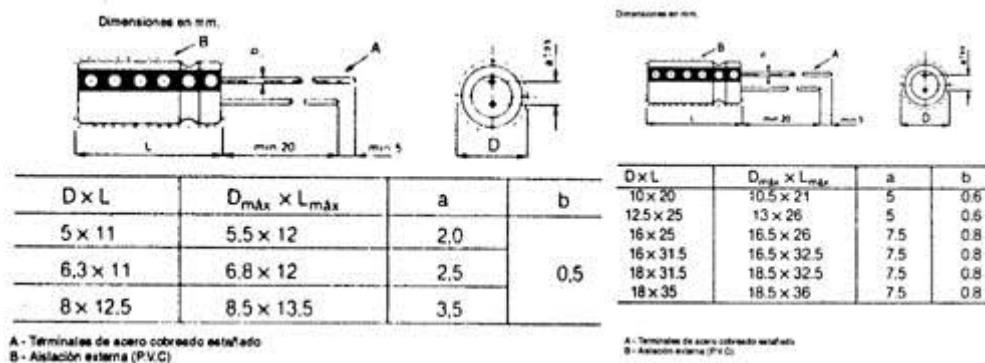
En ciertos montajes podemos usar uno en lugar del otro, pero ¿cómo hacer el montaje en la placa si la perforación preveía la colocación del menor? Ver la siguiente figura.



En los catálogos de los fabricantes hay tablas en que encontramos información que relaciona las dimensiones de los componentes y separación de los terminales conforme a su valor.

En las siguientes figuras tenemos en su función la separación de los terminales dada por la distancia (a) con tolerancia de más o menos de 0,5 mm.

Vea que el condensador de 10 μ F x 16V tiene la dimensión 5 x 11 mm, y la separación de sus terminales es de 2 mm, contra 8 x 12,5 mm de un condensador de 10 μ F x 63V, que tiene una separación de terminales de 3,5 mm.



Los datos técnicos individuales de los condensadores de esta serie, que incluyen capacidad, tensiones de trabajo, peso y dimensiones.

Observe la disposición axial de los terminales de estos condensadores que normalmente se montan horizontalmente en las placas de circuito impreso.

Los condensadores FACO de 10nF y 2,2 μ F con tensiones de 100V y 250VCC. Estos condensadores poseen distancia entre terminales de 7,5; 10 y 15 mm, y son ideales para montajes compactos y tienen forma de cajita de cerilla.

Los condensadores de poliéster con capacidad de 1nF a 100nF con tensión nominal de 63VCC. La identificación de estos componentes se hace mediante un sello color azul. Para los condensadores de polipropileno.

Estos condensadores pueden obtenerse un valor entre 10nF y 1 μ F y tensiones de trabajo de 250 ó 400VCC.

Observe que el fabricante da un detalle para el montaje en placa de circuito impreso. En este detalle tenemos la dimensión sugerida para la perforación que también es importante.

Conclusión

Hemos dado apenas dos tipos de componentes básicos, resistencias y condensadores, e incluso éstos de forma limitada. Pero ya el lector puede percibir cómo son importantes los datos proporcionados por los fabricantes para los proyectos que incluyan tales componentes.

Debe saber que en la actualidad existen programas que obtienen el circuito impreso de un equipo a partir de su esquemático eléctrico pero éstos, muchas veces, carecen de información sobre el dimensionamiento de los componentes.

Por otra parte, ya son muy utilizados los circuitos de pertinax cobreado (o fibra) con pintura presensibilizada para que se facilite la tarea del técnico a la hora de tener que "pasar el diseño" a la placa.

Sin embargo, esta técnica requiere conocimientos particulares que muchas veces pueden ser mejor aplicados si se efectúa esta tarea a "la antigua", tal como lo hemos explicado al comienzo de este tema.