

Cursillo de Electrónica Práctica

Saludos.

Aquí comenzamos el cursillo de Electrónica Práctica. Es un cursillo que se ha venido impartiendo durante años en la Actividad del **Club de Electrónica** del [Centro de Residencias de Eibar](#), por parte de Félix Rubio y Jose Aladro. Igualmente fue impartido en el curso 1999-2000 por Juan Meleiro y Jose Aladro.

Se trata de un cursillo orientado a personas que tengan un nivel básico de Electricidad y Electrónica, así como unos conocimientos teóricos básicos en esas materias, como por ejemplo saber la Ley de Ohm, aunque realmente no resultan imprescindibles...

Contenido:

Tema 1 - Iniciación a la soldadura con estaño

- 1.1 - El soldador utilizado en Electrónica
 - Tipos de soldadores
 - Tipos de soportes
- 1.2 - La soldadura
- 1.3 - El estaño
- 1.4 - Proceso para soldar
- 1.5 - Proceso para desoldar
 - El desoldador de pera
 - El desoldador de vacío o chupón
- 1.6 - Las herramientas útiles en Electrónica
 - Los Alicates
 - Las Pinzas
 - Las Tijeras
- 1.7 - Unos ejercicios para practicar...
 - Ejercicios resueltos

Tema 2 - Componentes electrónicos

- 2.1 - Las Resistencias
 - Resistencias de hilo o bobinadas
 - Resistencias químicas
- 2.2 - Interpretación del código de colores en las resistencias
 - Código de colores en las resistencias
 - Valores normalizados de resistencias
- 2.3 - Los Condensadores
 - Tipos de condensadores
- 2.4 - Identificación del valor de los condensadores
 - Codificación por bandas de color
 - Código de colores en los condensadores
 - Codificación mediante letras
 - Código "101" de los condensadores
- 2.5 - Ejercicios prácticos
- 2.6 - Los Transistores
 - Tipos de transistores. Simbología
- 2.7 - Encapsulado de transistores
- Identificación de terminales de diodos, transistores, circuitos integrados, etc.

Tema 3 - Diseño de un circuito impreso

- Colocación de los componentes.
- Reglas de espaciado de componentes.
- Reglas de grosor de pistas de cobre
- Diseño de las pistas.
- Diseño por ordenador.

Tema 4 - Realización práctica de un circuito impreso

- 4.1 - La placa de Circuito Impreso (C.I.)
- 4.2 - El diseño de pistas de un circuito
 - El esquema electrónico
 - El diseño de pistas
- 4.3 - Traspaso del diseño de pistas a la placa de circuito

impreso

- Transferencia por el método clásico de rotulación
- Transferencia mediante fotolito - Part 1, La insolación
- Colocación idónea del fotolito
- Transferencia mediante fotolito - Part 2, El revelado
- Atacado de la placa con ácido
- Taladrado de la placa
- Colocación y soldadura de los componentes
- Montaje final del circuito

Tema 5 - El laboratorio de Electrónica

- Funcionamiento y manejo de aparatos de medida
- Uso del multímetro, osciloscopio, fuente de alimentación...
- Localización de averías en pequeños aparatos.



Tema 1 - Iniciación a la soldadura con estaño

Introducción

La soldadura con estaño es la base de todas las aplicaciones electrónicas porque permite la realización de conexiones entre conductores y entre éstos y los diversos componentes, obteniendo rápidamente la máxima seguridad de contacto.

Consiste en unir las partes a soldar de manera que se toquen y cubrirlos con una gota de estaño fundido que, una vez enfriada, constituirá una verdadera unión, sobre todo desde el punto de vista electrónico.

Ésta es una tarea manual delicada que sólo se consigue dominar con la práctica. Recuerda que tu habilidad para soldar con efectividad determinará directamente el buen funcionamiento del montaje a lo largo del tiempo. Una soldadura mal hecha puede causar que el producto falle en algún momento. Esto es como aprender a andar en bicicleta, una vez que se domina ya nunca se olvida.

En estas páginas primero aprenderemos a manejar el soldador, los materiales y las herramientas que nos van a ser necesarios. Para ello, realizaremos algunas figuras con hilo de cobre, en las que podremos practicar la soldadura y probar los tiempos de calentamiento, las cantidades de estaño a aportar, la forma de colocar las piezas... De esta forma conseguiremos una cierta "experiencia" inicial.

Más adelante en este cursillo, se entrará en la soldadura de componentes sobre una placa de circuito impreso, tarea que requiere un mayor cuidado y precisión, pero que con la práctica resultará sencilla.

1.1 - El soldador utilizado en Electrónica

En Electrónica se suelen utilizar soldadores de potencia reducida, ya que generalmente se trata de trabajos delicados. En fontanería, sin embargo, para soldar tubos se usan soldadores de más potencia y *candilejas*, así como otros sistemas de soldadura.

Se trata de un útil que tiene un enorme campo de aplicación, ya sea para realizar nuevos montajes o para hacer reparaciones. El soldador debe permitir las operaciones de soldadura con estaño correspondientes a la unión de dos o más conductores, o conductores con elementos del equipo. Debido a su frecuente empleo, el soldador deberá presentar, entre otras características, una gran seguridad de funcionamiento y durabilidad.

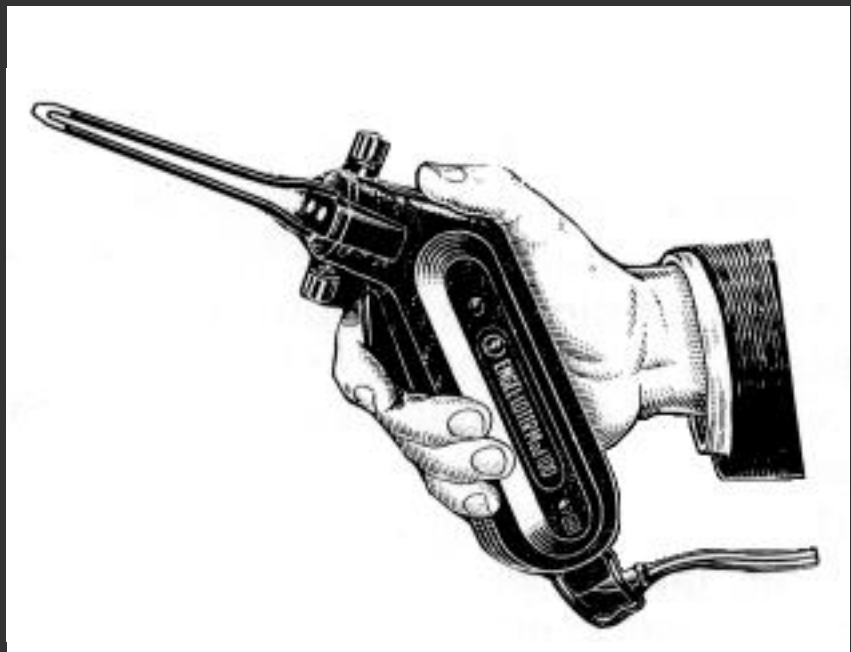
En general, se trata de una masa de cobre (punta), que se calienta indirectamente por una resistencia eléctrica conectada a una toma de energía eléctrica (generalmente el enchufe de 220v). Los tipos que se encuentran generalmente en el mercado pueden clasificarse en soldadores comunes o "de lápiz" y soldadores de pistola.

Tipos de soldadores



Éste es el clásico soldador de tipo lápiz, de 30w. Su calentamiento es permanente y posee una alta inercia térmica. Tanto en el momento de la soldadura como en las pausas de esta labor, el soldador permanece conectado a la corriente eléctrica. Resulta adecuado para trabajos repetitivos y numerosos.

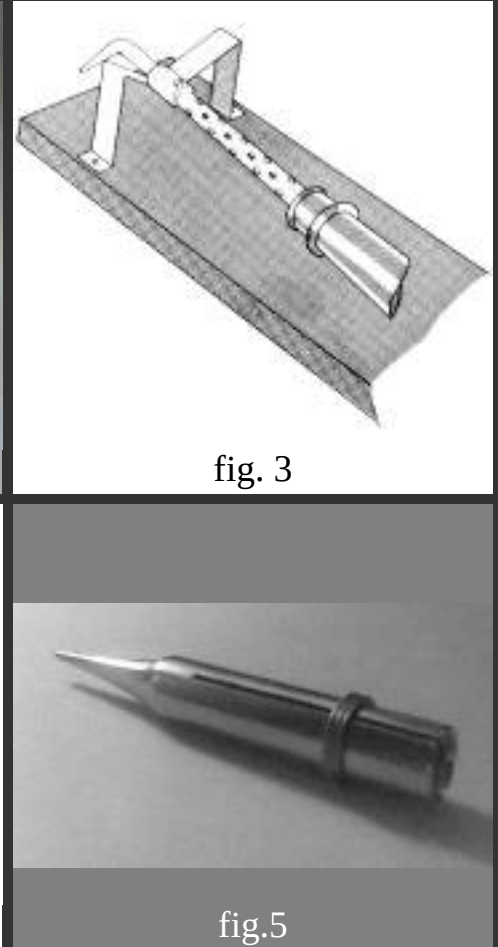
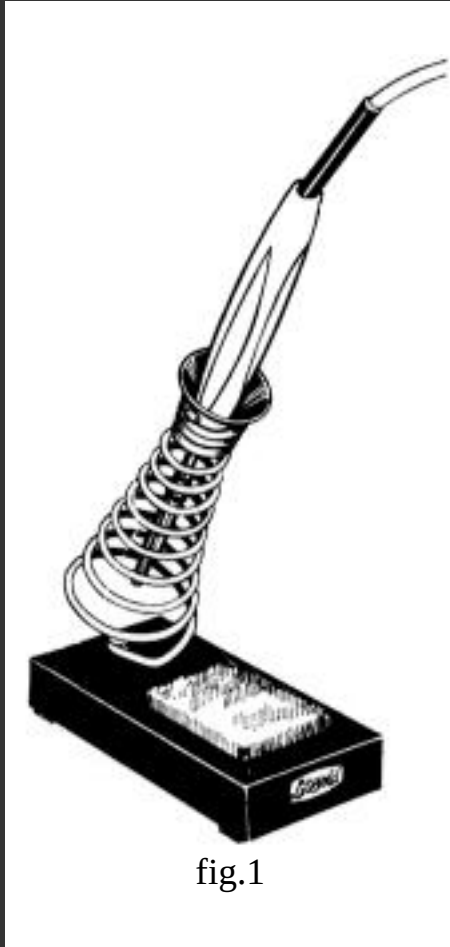
El soldador de la derecha es de pistola. La punta se calienta por el efecto de una gran corriente que pasa por ella (el abultado mango lleva dentro un transformador que la produce). Resulta útil para trabajos esporádicos ya que se calienta instantáneamente. No se usa mucho en electrónica porque la punta no suele resultar lo bastante fina y



precisa.

Tipos de soportes

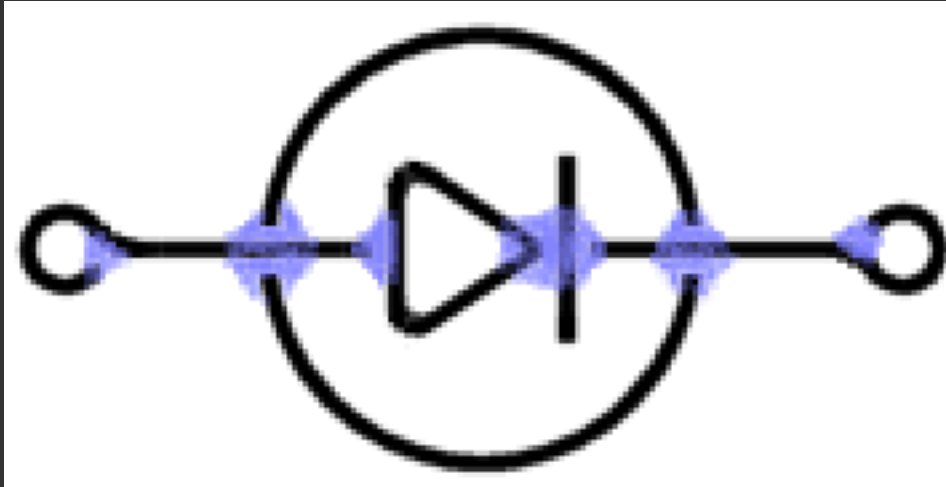
Ya que el soldador mantiene la punta caliente (a unos 250~300°C), se hace necesario el uso de un soporte donde dejarlo durante el tiempo que no se usa, para evitar quemar la mesa de trabajo. Aquí se ven algunos ejemplos:



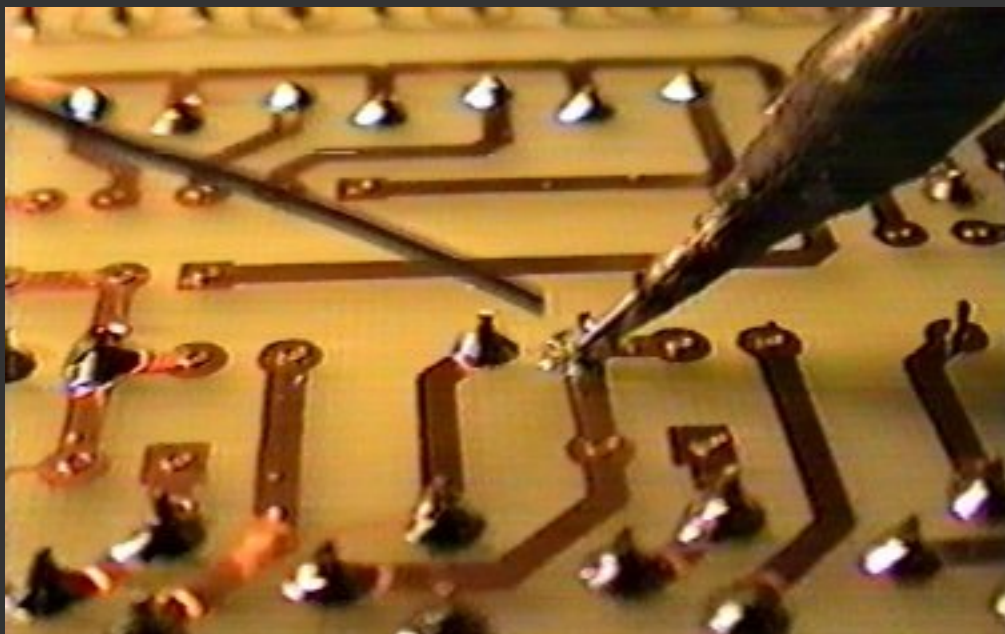
1. Soporte típico para soldadores de poca potencia. Tiene esponja.
2. Soporte JBC que permite colocar el soldador de dos formas distintas. Tiene esponja.
3. El soporte más sencillo. Puede construirse con un trozo de chapa y una tabla de madera.
4. Soldador con todas las puntas que se le pueden acoplar: punta fina, punta gruesa, puna para desoldar circuitos integrados e incluso accesorio para desoldar, con pera de goma incluida.
5. Punta fina, ideal para la soldadura en Electrónica.

1.2 - La soldadura

Consiste en unir las partes a soldar de manera que se toquen y cubrirlos con una gota de estaño fundido que, una vez enfriada, constituirá una verdadera unión, sobre todo desde el punto de vista electrónico.



En este cursillo vamos primero a aprender a soldar hilos de cobre construyendo formas geométricas, para familiarizarnos con el soldador, el estaño, el soporte, el desoldador, las herramientas de trabajo, etc... Después nos introduciremos en la soldadura con estaño orientada al montaje de circuitos impresos, que es nuestro objetivo principal.





Si sabes inglés puedes visitar una página realmente interesante sobre el proceso de soldadura en la [Guía Básica de Soldadura y Desoldadura de Alan Winstanley](#), donde encontrarás más información sobre este proceso. A lo largo del cursillo haremos más referencias a dicha página, ya que se puede considerar un buen punto de referencia para quien quiera profundizar en el tema.

1.3 - El estaño

En realidad, el término "estaño" se emplea de forma impropia porque no se trata de estaño sólo, sino de una aleación de este metal con plomo, generalmente con una proporción respectiva del 60% y del 40%, que resulta ser la más indicada para las soldaduras en Electrónica.

Para realizar una buena soldadura, además del soldador y de la aleación descrita, se necesita una sustancia adicional, llamada *pasta de soldar*, cuya misión es la de facilitar la distribución uniforme del estaño sobre las superficies a unir y evitando, al mismo tiempo, la oxidación producida por la temperatura demasiado elevada del soldador. La composición de esta pasta es a base de colofonia (normalmente llamada "resina") y que en el caso del estaño que utilizaremos, está contenida dentro de las cavidades del hilo, en una proporción del 2~2.5%.



Aquí se observan las 3 cavidades que forman el "alma" de resina del estaño. La resina resulta de una gran ayuda durante la soldadura.



Éste es un rollo de estaño típico de 500 gr., aunque hay rollos más pequeños, ya que no suele resultar muy cómodo sujetar un peso de medio kilo mientras hacemos soldaduras.

1.4 - Proceso para soldar

Antes de iniciar una soldadura hay que asegurarse de que:

- La punta del soldador esté limpia. Para ello se puede usar un cepillo de alambres suaves (que suele estar incluido en el soporte) o mejor una esponja humedecida (que también suelen traer los soportes). Se frota la punta suavemente con el cepillo o contra la esponja. **En ningún caso se raspará la punta** con una lima, tijeras o similar, ya que puede dañarse el recubrimiento de cromo que tiene la punta del soldador (el recubrimiento proporciona una mayor vida a la punta).
- Las piezas a soldar estén totalmente limpias y a ser posible preestañadas. Para ello se utilizará un limpiametales, lija muy fina, una lima pequeña o las tijeras, dependiendo del tipo y tamaño del material que se vaya a soldar.
- Se está utilizando un soldador de la potencia adecuada. En Electrónica, lo mejor es usar soldadores de 15~30w., nunca superiores, pues los componentes del circuito se pueden dañar si se les aplica un calor excesivo.

Vamos a ver una simulación de soldadura, con lo que ocurre por parte del

operador y lo que sucede en las partes a soldar. Nos ayudará a conocer y entender los diferentes pasos de una soldadura, que luego, con la experiencia, se harán automáticamente, sin pensar. Los pasos son éstos:

← Operador	Soldadura →
Asegurarse de que las zonas a soldar están bien limpias, sin grasa ni suciedad. Para las placas de circuito impreso se puede utilizar una goma de borrar bolígrafo, tal como vemos aquí. Si se trata de hilos de cobre, se pueden raspar con unas tijeras o una cuchilla para limpiar el hilo. <i>Foto: © Alan Winstanley 1997</i> Limpiar la punta del soldador de vez en cuando. Para ello frotaremos suavemente la punta en una esponja húmeda, como la del soporte de la figura. Alternativamente podemos raspar la punta con un cepillo de alambres suave, como los que suelen venir incluidos en el soporte. <i>Foto: © Alan Winstanley 1997</i>	 

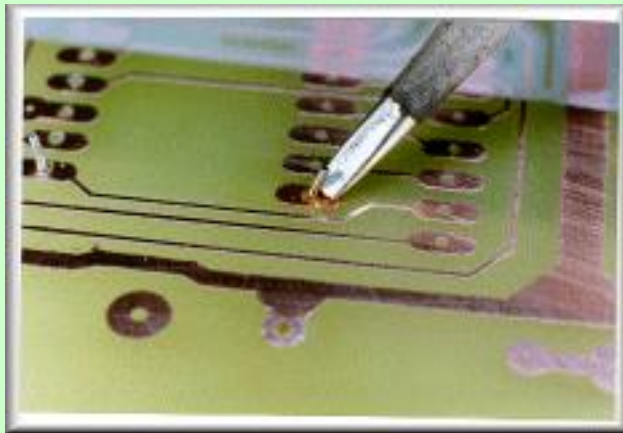
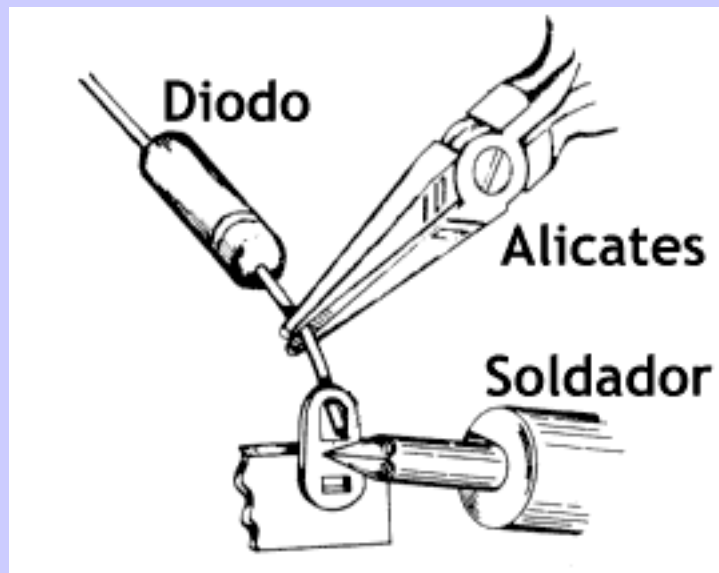
Acercar los elementos a unir hasta que se toquen.

Si es necesario, utilizar unos alicates para sujetar bien las partes.

Aplicar el soldador a

las partes a soldar, de forma que se calienten *ambas* partes.

Tener en cuenta que los alicates o pinzas absorben parte del calor del soldador.



Las piezas empiezan a calentarse hasta que alcanzan la temperatura del soldador. Si la punta está limpia, esto suele tardar menos de 3 segundos. Este

tiempo dependerá de si se usan alicates y de la masa de las piezas a calentar.

Foto: © Alan Winstanley 1997

Sin quitar el soldador, **aplicar el estaño** (unos pocos milímetros) a la zona de la soldadura, evitando tocar directamente la punta.

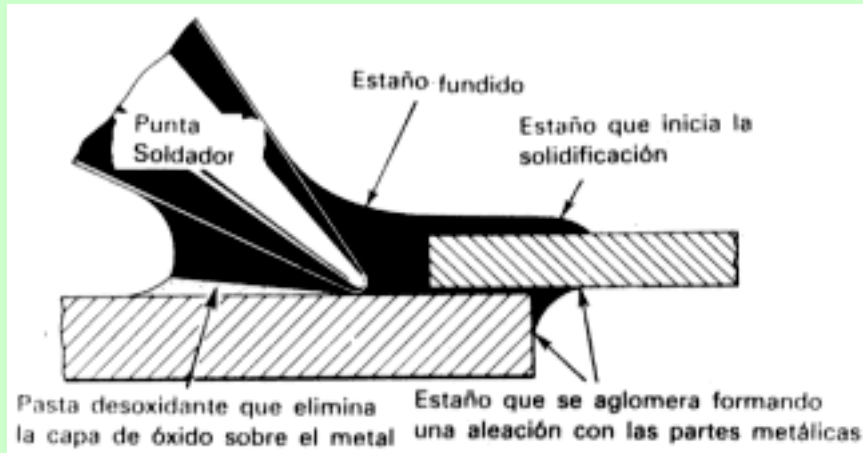
Cuando la zona a soldar es grande, se puede mover el punto de aplicación del estaño por la zona para ayudar a distribuirlo.



Foto: © Alan Winstanley 1997

La resina del estaño, al tocar las superficies calientes, alcanza el estado semilíquido y sale de las cavidades, distribuyéndose por la superficie de la soldadura. Esto facilita que el estaño fundido cubra las zonas a soldar.

Retirar el hilo de estaño.



El

estaño fundido, mientras sigue caliente, termina de distribuirse por las superficies.

Retirar el soldador, tratando de no mover las partes de la soldadura. Dejar que la soldadura se **enfríe naturalmente**. Esto lleva un par de segundos.

El metal fundido se solidifica, quedando la soldadura finalizada, con aspecto brillante y con buena resistencia mecánica.

Como sucede con la mayoría de las cosas, a base de experimentar unas cuantas veces se conseguirá dominar este proceso, que por otro lado resultará sencillo.

1.5 - Proceso para desoldar

Para desoldar hay varios métodos, aunque nosotros nos vamos a centrar sobre los que se basan en la succión del estaño. Vamos a describir los desoldadores y los *chupones*.

El desoldador de pera

Aquí a la derecha vemos un soldador de tipo lápiz sin punta. En lugar de la punta se le coloca el accesorio que se ve debajo y ya tenemos un desoldador, que suele recibir el nombre de



desoldador de pera. Como se puede observar, el accesorio tiene una punta, un depósito donde se almacena el estaño absorbido, una espiga para adaptarlo al soldador y una pera de goma que sirve para hacer el vacío que absorberá el estaño.

Aquí vemos en detalle la punta y el depósito del accesorio para **desoldar**. Ésta se calienta de la misma manera que la punta normal.



El modo de proceder es el siguiente:

- Presionar la pera con el dedo.
- Acercar la punta hasta la zona de donde se quiera quitar el estaño.
- Si la punta está limpia, el estaño de la zona se derretirá en unos pocos segundos. En ese momento, soltar la pera para que el vacío producido absorba el estaño hacia el depósito.
- Presionar la pera un par de veces apuntando hacia un papel o el soporte para vaciar el depósito. Tener precaución, ya que el estaño sale a 300°C.

Estos cuatro pasos se pueden repetir si fuera necesario.

El desoldador de vacío o chupón

Ahora vamos a describir el otro tipo de soldador, el denominado chupón.

Este desoldador de vacío es una bomba de succión que consta de un cilindro que tiene en su interior un émbolo accionado por un muelle.



Tiene una **punta** de plástico, que soporta perfectamente las temperaturas utilizadas. El cuerpo principal (**depósito**) suele ser de aluminio.

Para manejarlo debemos cargarlo venciendo la fuerza del muelle y en el momento deseado pulsaremos el botón que libera el muelle y se produce el vacío en la punta.

Nos servirá para absorber estaño, que estaremos fundiendo simultáneamente con la punta del soldador. El modo de proceder es el siguiente:

Cargar el desoldador. Para ello presionaremos el pulsador de *carga*, venciendo la fuerza del muelle.

Aplicar la punta del soldador a la zona de donde se quiera quitar el estaño. Si la punta del soldador está limpia, el estaño se derretirá en unos pocos segundos.

Asegurarse de que el desoldador está listo.

Foto: © Alan Winstanley 1997



En ese momento, sin retirar el soldador, **acercar la punta del chupón** a la zona y pulsar el botón de accionamiento. Se disparará el émbolo interno produciendo un gran vacío en la punta y absorbiendo el estaño hacia el depósito.

Foto: © Alan Winstanley 1997



Si es necesario, repetir este último paso cargando previamente el desoldador.

Retirar el soldador y el chupón. En la foto vemos el resultado de la desoldadura. Si después del proceso aún queda algo de estaño sujetando el componente que queremos quitar, entonces será necesario repetir el proceso.

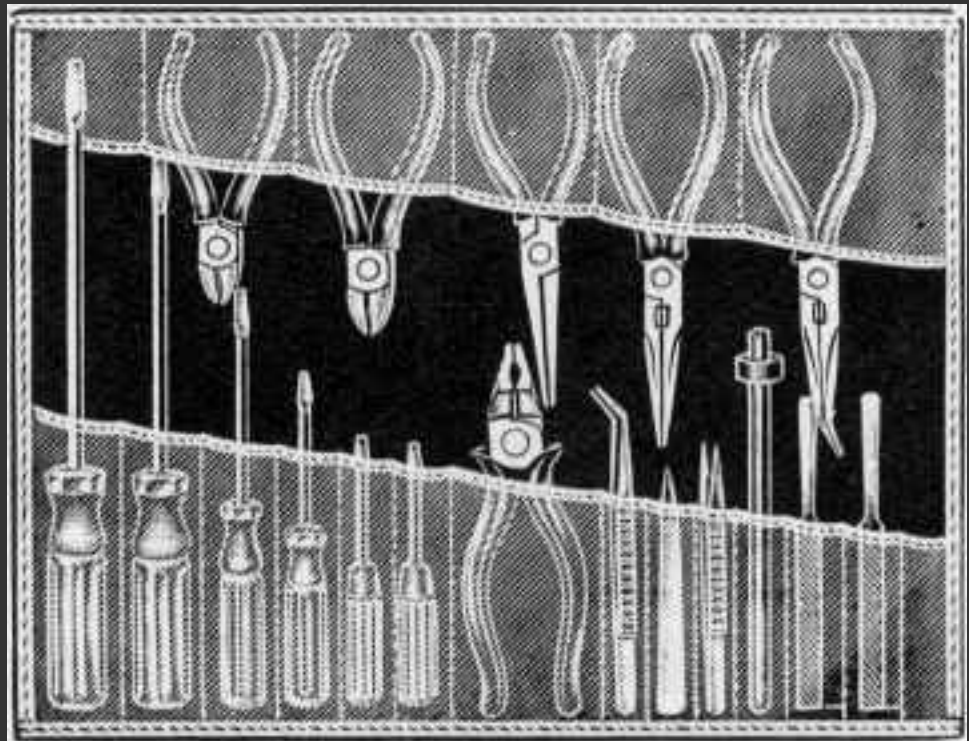
Foto: © Alan Winstanley 1997



Este dispositivo tiene un depósito suficientemente grande como para no necesitar vaciarlo cada vez que se usa, como ocurre con el desoldador de pera. Para limpiarlo, generalmente hay que desmontarlo desenroscando sus partes.

1.6 - Las herramientas útiles en Electrónica

Aparte del soldador y el desoldador, vamos a necesitar una serie de herramientas que nos harán más fácil el trabajo. Lo ideal sería poder disponer de todas estas herramientas que se ven aquí a la derecha, aunque con unas pocas nos podremos arreglar la mayoría de las veces.



Aquí se observan diferentes tipos de destornilladores, alicates, pinzas y limas.

Evidentemente, no trataremos aquí de describir herramientas que seguramente todos ya conocemos, pero creemos oportuno dedicar un poco de espacio a

aquellas cuyas características son las más adecuadas a las necesidades del aficionado electrónico.

Los Alicates



Los alicates para usos electrónicos los elegiremos de tal forma que nos sean lo más útiles posible.

Alicates de punta redonda están particularmente adaptados para doblar extremos de hilos de conexión.

Alicates de puntas planas (de superficie interna grabada o lisa).

Alicates de puntas finas, curvadas.

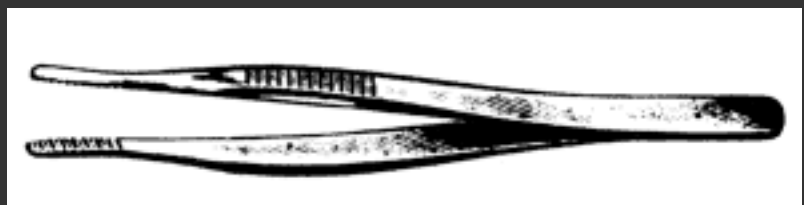
Finalmente, las llamadas pinzas de muelle, del todo similares a las que usan los

coleccionistas de sellos, son muy útiles para sostener los extremos de los hilos de conexión en la posición adecuada durante la soldadura con estaño.

Aquí vemos tres tipos de alicates de los más corrientes para el trabajo del electrónico. El de puntas redondas es particularmente útil para hacer anillas en los extremos de los hilos de conexión, el de puntas curvas sirve para alcanzar lugares de difícil acceso y el de corte sirve para cortar conductores.

Las Pinzas

Éstas son las típicas "pinzas de muelle", muy útiles para la realización de conexiones y para la colocación de pequeños componentes. Las hay que tiene las puntas recubiertas con una capa de plástico o goma, o incluso



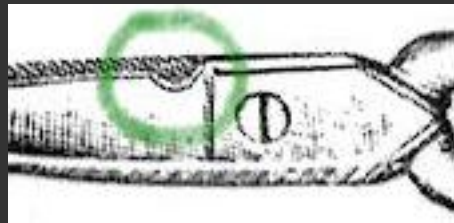
que están hechas íntegramente con plástico. En nuestro caso nos interesan las más simples, que son metálicas y sin recubrimiento en las puntas.

Las Tijeras



Las tijeras corrientes también tienen una notable utilidad: en electrónica se emplea un tipo bastante robusto y corto, tal como se ve aquí a la izquierda, las *tijeras de electricista*. Una muesca adecuada también las hace útiles para cortar hilos

delgados. Sirven para pelar los conductores aislados cuando no se dispone de un utensilio más adecuado. La muesca de corte se observa mejor aquí:



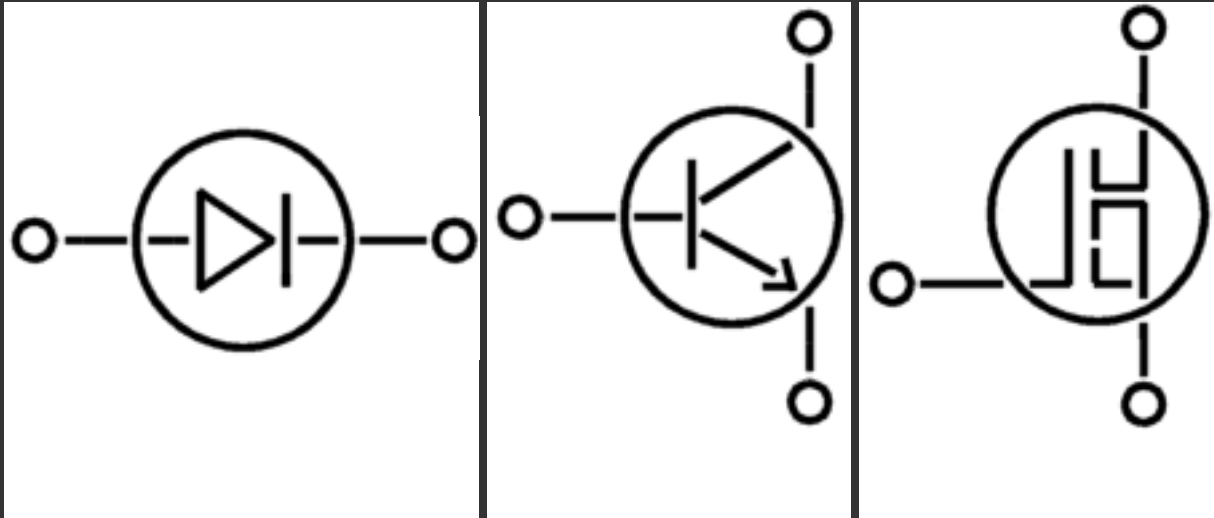
1.7 - Unos ejercicios para practicar...

Llegó el momento de ponerse **manos a la obra**. Como ya hemos dicho, practicando es como se aprende, así que vamos a hacer unos ejercicios muy sencillos de soldadura, que ayudarán a usar correctamente las herramientas.

Necesitamos estos elementos:

- Soldador.
- Estaño.
- Hilo de cobre desnudo de 1.5 mm. de diámetro (un par de metros).
- Alicates de puntas redondas.
- Alicates de corte.
- Alicates de puntas planas.

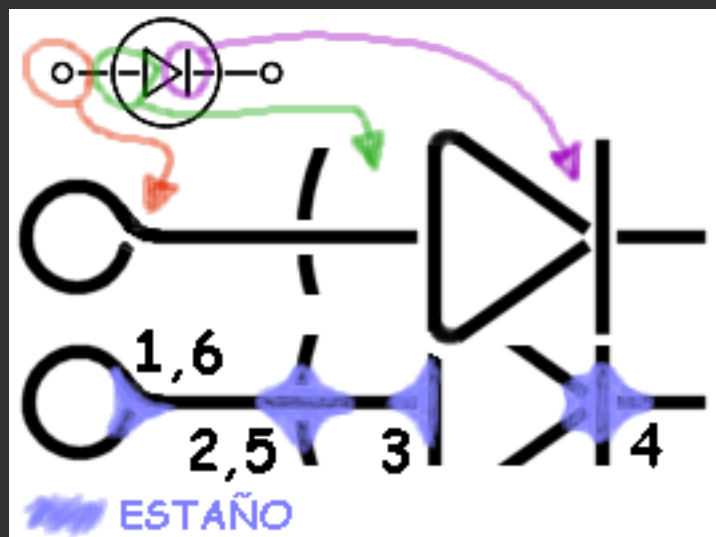
Con el **hilo de cobre** vamos a construir estos **símbolos** de componentes electrónicos:



Con las herramientas debemos **cortar y doblar** el hilo hasta adoptar las formas de los tramos que se observan. Después, en los puntos de unión deberemos **soldar** los hilos según se ha explicado en los apartados anteriores. En caso de que una soldadura no quede bien o resulte demasiado voluminosa, deberemos desoldarla y repetirla.

Para hacer estos montajes de forma más fácil y puesto que estamos empezando, vamos a proporcionar unos trucos y detalles. **Nota: el círculo grande de estas figuras tiene un diámetro de unos 5 cm., para hacernos una idea de los tamaños.**

Vamos a centrarnos en el **ejercicio 1**. Es un diodo, en su simbología antigua (cuando aún se rodeaba al diodo con una circunferencia). En sus extremos tiene unas anillas que se pueden hacer con el **alicate de puntas redondas** de forma que queden como se observa (detalle en rojo). La circunferencia grande se puede hacer doblando el hilo alrededor de un **objeto redondo** de unos 5 cm. de diámetro. El triángulo se hace de una pieza, doblando dos de los vértices con el **alicate de punta de curvatura** sea pequeño. El cátodo de

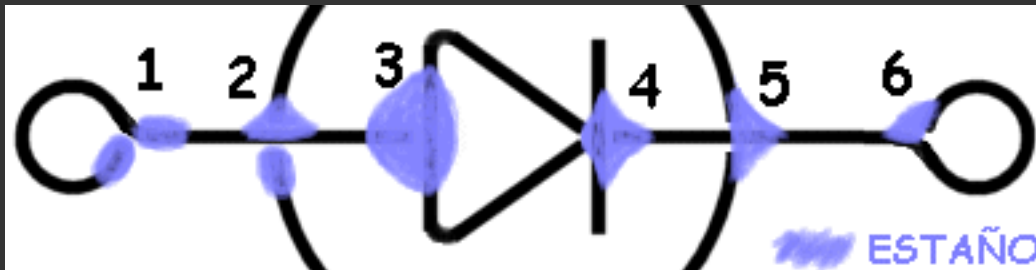


triángulo) será un trozo de hilo corto y habrá que **sujetarlo** bien cuando haya que soldar.

El proceso de soldadura se hará según se ha explicado. Hay que tener en cuenta que al soldar hilos de cobre del grosor que estamos utilizando pueden ser necesarios unos tiempos mayores de aplicación del soldador hasta que las piezas se calientan. Asimismo hará falta más tiempo para que el estaño se distribuya por toda la zona de soldadura.

Las soldaduras se harán en los puntos que se indica en azul en el dibujo de arriba y tienen que quedar de la forma mostrada para que estén bien hechas y tengan una buena resistencia mecánica. El **orden de operación** aconsejable es **2-3-5-4-1-6**. Habrá que prestar un cuidado especial a la 4 (detalle en violeta), que es especialmente difícil (hay que unir 5 hilos sin que se muevan y el estaño debe formar una sola gota que cubra los 5).

Se suele decir que una forma de enseñar **cómo se hace** algo es enseñar **cómo no debe hacerse**, así que vamos a ver ahora una serie de soldaduras que están mal hechas. Aparentemente podrían parecer correctas, pero hay detalles que se deberían mejorar. Algunas de estas soldaduras tendrían una **resistencia mecánica mala** y se romperían al primer tirón.



En el dibujo de aquí al lado vemos una serie de **chapuzas** que no se deben hacer. La verdad es que

nos hemos divertido bastante creando este dibujo. Las "soldaduras", si es que se las puede llamar así, están numeradas para poder referirnos mejor a ellas:

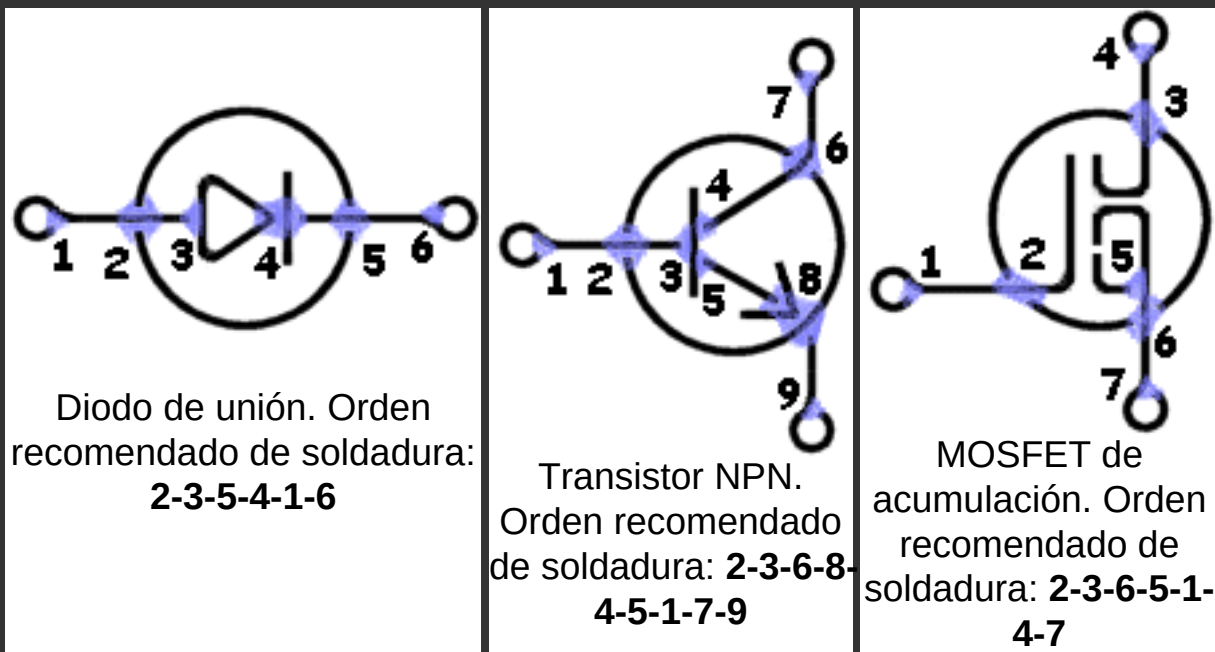
1. Ésta realmente no hace ningún efecto. El estaño está en los dos lados pero no hace la unión. Esto se corrige aplicando el soldador en el punto intermedio, aportando más estaño si es necesario y esperando a que se unan las dos gotas formando una sola.
2. La parte superior está bien, pero el hilo que viene desde abajo no está sujeto. Se corrige igual que la anterior.
3. La unión está bien hecha desde el punto de vista mecánico aunque el fallo salta a la vista: tiene demasiado estaño. Las soldaduras no deben adoptar forma de bola, como ésta. Para corregirlo, deberemos eliminar gran parte del estaño utilizando

- el desoldador y luego repetir la soldadura, esta vez sin que quede tan grande.
4. Ésta está un poco escasa. El cátodo está bien unido al tramo 4-6, pero el vértice del triángulo está **tocando el punto 4**, no soldado a dicho punto. Se corrige aplicando de nuevo el soldador, aportando estaño por las zonas que no lo tienen y esperando a que se forme una gota única antes de retirar el soldador.
 5. Aquí lo que pasa es que falta cubrir con el estaño **los 4 conductores** que llegan al punto 5. Actualmente la soldadura está bien por la parte derecha del punto 5, pero la parte izquierda está un poco escasa. Se corrige igual que el caso 4.
 6. Curiosa forma de cerrar la anilla. Debe quedar como el punto 6 del dibujo de más arriba.

El resto de los ejercicios se hacen de la misma manera. El del transistor tiene cierta dificultad en los puntos 3, 4, 5 y 8. El del MOSFET es en cierto modo el más sencillo y no presenta excesiva dificultad.

Ejercicios resueltos

Ahora veremos el aspecto final de los ejercicios, una vez hechas las soldaduras. Aquí también se ve por dónde hay que doblar y cortar el hilo de cobre.



Realmente, en estos dibujos, el tamaño de las soldaduras y el grosor de los hilos está exagerado un poco con respecto al tamaño de las figuras, pero de esta forma se aprecian mejor.

Como se puede observar, la mayoría de las piezas de estos símbolos se pueden construir doblando tramos de hilo de cobre en lugar de cortar todos los segmentos. Véase, en la figura del MOSFET, que el terminal de la izquierda tiene una anilla, un tramo horizontal y un tramo vertical que se han hecho sin cortar, simplemente doblando el hilo.

Tema 2 - Componentes electrónicos

Introducción

En Electrónica vamos a usar una serie de componentes o elementos que van a formar los circuitos y conviene saber identificarlos correctamente:

- resistencias
- condensadores
- transistores
- diodos
- bobinas
- interruptores
- fusibles
- lámparas
- ...

Vamos a describir los diferentes elementos y además vamos a incluir algunas imágenes para conocerlos de vista.

Aprenderemos a determinar algunas características determinantes que nos ayudarán a elegir los componentes cuando diseñemos nuestros circuitos y/o vayamos a la tienda.

Sigue adelante con las páginas y verás...

2.1 - Las Resistencias

Las resistencias son unos elementos eléctricos cuya misión es dificultar el paso de la corriente eléctrica a través de ellas. Su característica principal es su **resistencia óhmica** aunque tienen otra no menos importante que es la potencia máxima que pueden disipar. Ésta última depende principalmente de la construcción física del elemento.

La resistencia óhmica de una resistencia se mide en ohmios, valgan las redundancias. Se suele utilizar esa misma unidad, así como dos de sus múltiplos: el Kilo-Ohmio ($1\text{K}\Omega$) y el Mega-Ohmio ($1\text{M}\Omega=10^6\Omega$).

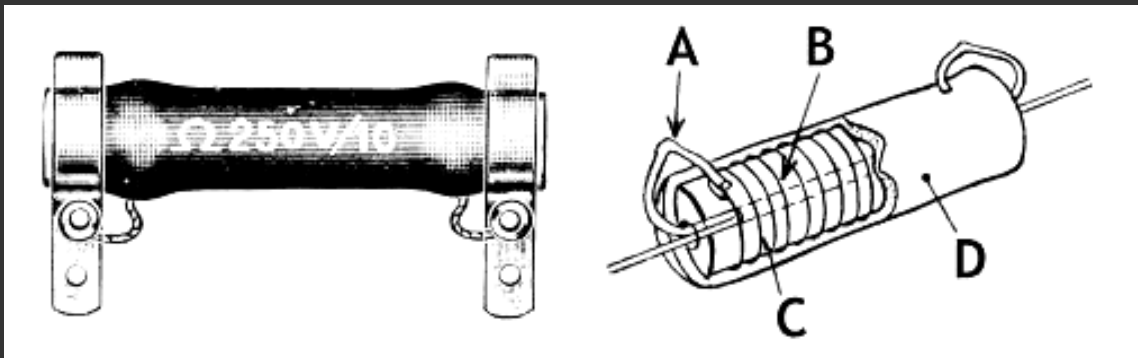
El valor resistivo puede ser fijo o variable. En el primer caso hablamos de resistencias comunes o fijas y en el segundo de resistencias variables, ajustables, potenciómetros y reóstatos. No centraremos en el primer tipo, las fijas.

Las resistencias fijas pueden clasificarse en dos grupos, de acuerdo con el material con el que están constituidas: "resistencias de hilo", sólo para disipaciones superiores a 2 W, y "resistencias químicas" para, en general, potencias inferiores a 2 W.

Resistencias de hilo o bobinadas

Generalmente están constituidas por un soporte de material aislante y resistente a la temperatura (cerámica, esteatita, mica, etc.) alrededor del cual hay la resistencia propiamente dicha, constituida por un hilo cuya sección y resistividad depende de la potencia y de la resistencia deseadas.

En los extremos del soporte hay fijados dos anillos metálicos sujetos con un tornillo o remache cuya misión, además de fijar en él el hilo de resistencia, consiste en permitir la conexión de la resistencia mediante soldadura. Por lo general, una vez construidas, se recubren de un barniz especial que se somete a un proceso de vitrificación a alta temperatura con el objeto de proteger el hilo y evitar que las diversas espiras hagan contacto entre sí. Sobre este barniz suelen marcarse con serigrafía los valores en ohmios y en vatios, tal como se observa en esta figura. En ella vemos una resistencia de $250\ \Omega$, que puede disipar una potencia máxima de 10 vatios.



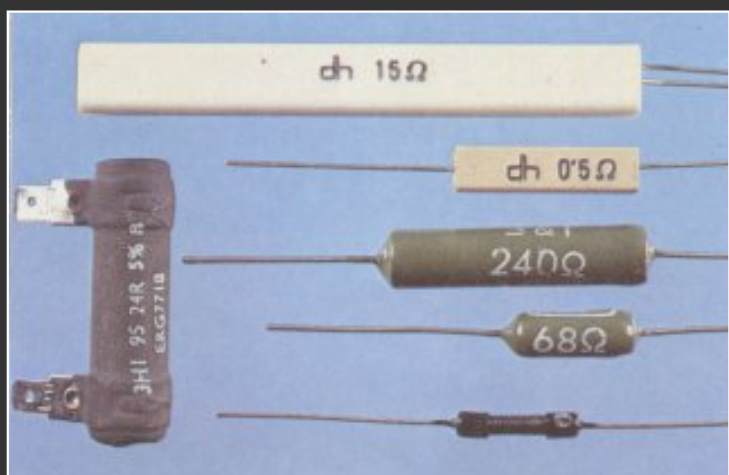
Aquí vemos el aspecto exterior y estructura constructiva de las resistencias de alta disipación (gran potencia). Pueden soportar corrientes relativamente elevadas y están protegidas con una capa de esmalte.

- A. hilo de conexión
- B. soporte cerámico
- C. arrollamiento
- D. recubrimiento de esmalte.

Aquí vemos otros tipos de resistencias bobinadas, de diferentes tamaños y potencias, con su valor impreso en el cuerpo.

La de la izquierda es de $24\ \Omega$, 5% (inscripción: 24R 5%)

La más pequeña es de $10\ \Omega$, aunque no se aprecia su inscripción en la foto.

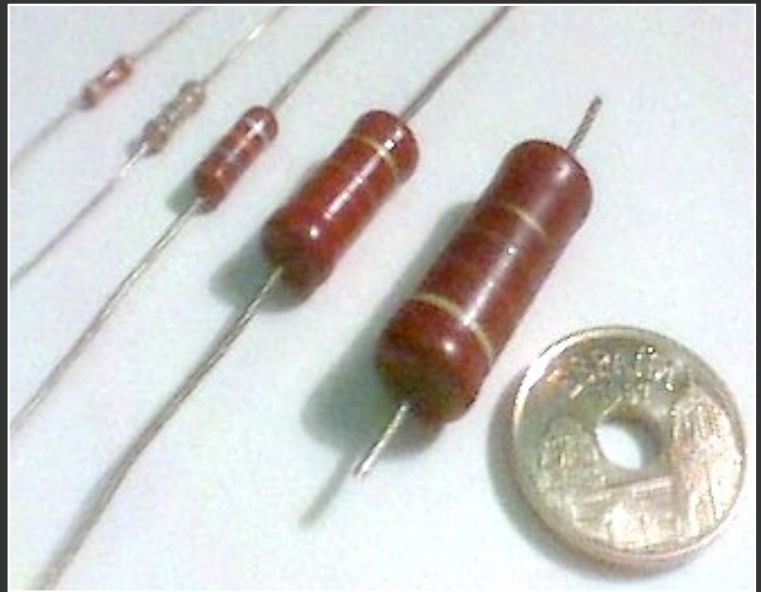


Resistencias químicas

Las resistencias de hilo de valor óhmico elevado necesitarían una cantidad de hilo tan grande que en la práctica resultarían muy voluminosas. Las resistencias de este tipo se realizan de forma más sencilla y económica empleando, en lugar de hilo, carbón pulverizado mezclado con sustancias aglomerantes.

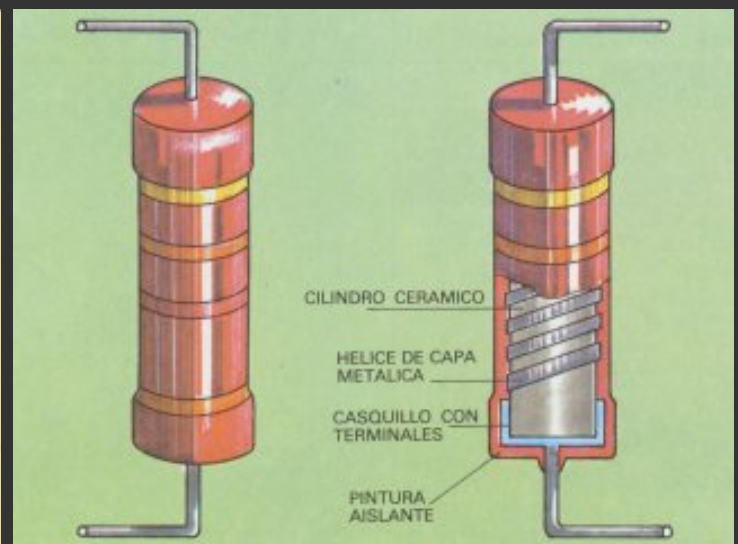
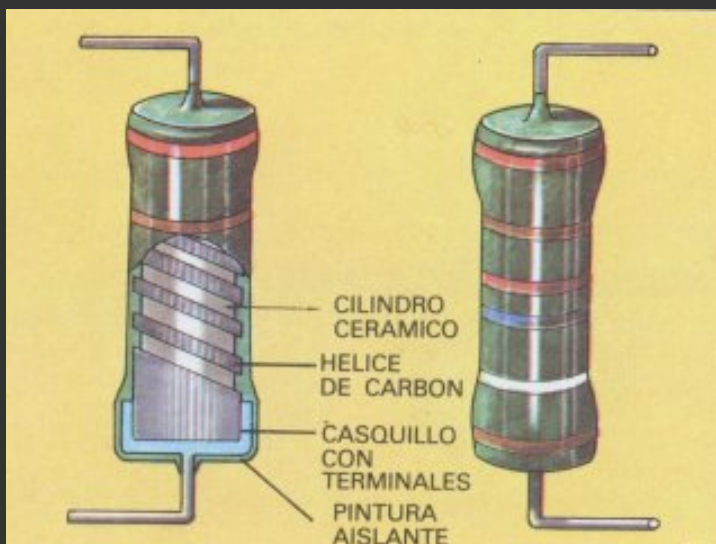
La relación entre la cantidad de carbón y la sustancia aglomerante determina la resistividad por centímetro, por lo que es posible fabricar resistencias de diversos valores. Existen tipos de **carbón aglomerado**, de **película** de carbón y de **película** metálica. Normalmente están constituidas por un soporte cilíndrico aislante (de porcelana u otro material análogo) sobre el cual se deposita una capa de material resistivo.

En las resistencias, además del valor óhmico que se expresa mediante un código de colores, hay una contraseña que determina la precisión de su valor (aproximación), o sea la *tolerancia* anunciada por el fabricante. Esta contraseña está constituida por un anillo pintado situado en uno de los extremos del cuerpo.



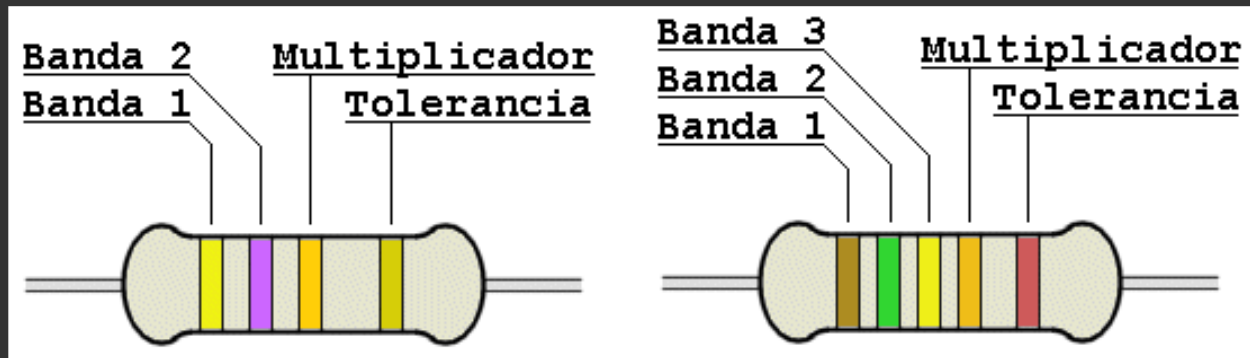
En la imagen de arriba vemos resistencias de película de carbón de diferentes potencias (y tamaños) comparadas a una moneda de 25 ptas = "5 duros" = 0.15 €. De izquierda a derecha, las potencias son de 1/8, 1/4, 1/2, 1 y 2 W, respectivamente. En ellas se observan las diferentes bandas de color que representan su valor óhmico.

Aquí abajo vemos unos ejemplos de resistencias de película de carbón y de película metálica, donde se muestra su aspecto constructivo y su aspecto exterior:



2.2 - Interpretación del código de colores en las resistencias

Las resistencias llevan grabadas sobre su cuerpo unas bandas de color que nos permiten identificar el valor óhmico que éstas poseen. Esto es cierto para resistencias de potencia pequeña (menor de 2 W.), ya que las de potencia mayor generalmente llevan su valor impreso con números sobre su cuerpo, tal como hemos visto antes.



En la resistencia de la izquierda vemos el método de codificación más difundido. En el cuerpo de la resistencia hay 4 anillos de color que, considerándolos a partir de un extremo y en dirección al centro, indican el valor óhmico de este componente

El número que corresponde al primer color indica la primera cifra, el segundo color la segunda cifra y el tercer color indica el número de ceros que siguen a la cifra obtenida, con lo que se tiene el valor efectivo de la resistencia. El cuarto anillo, o su ausencia, indica la tolerancia.

Podemos ver que la resistencia de la izquierda tiene los colores **amarillo-violeta-naranja-oro** (hemos intentado que los colores queden representados lo mejor posible en el dibujo), de forma que según la tabla de abajo podríamos decir que tiene un valor de: **4-7-3ceros**, con una tolerancia del 5%, o sea, **47000 Ω ó 47 K Ω** . La tolerancia indica que el valor real estará **entre 44650 Ω y 49350 Ω (47 K Ω ±5%)**.

La resistencia de la derecha, por su parte, tiene una banda más de color y es que se trata de una resistencia de precisión. Esto además es corroborado por el color de la banda de tolerancia, que al ser de color rojo indica que es una resistencia del 2%. Éstas tienen tres cifras significativas (al contrario que las anteriores, que tenían 2) y los colores son **marrón-verde-amarillo-naranja**, de forma que según la tabla de abajo podríamos decir que tiene un valor de: **1-5-4-4ceros**, con una tolerancia del 2%, o sea, **1540000 Ω ó 1540 K Ω ó 1.54 M Ω** . La tolerancia indica que el valor real estará **entre 1509.2 K Ω y 1570.8 K Ω (1.54 M Ω ±2%)**.

Por último, comentar que una precisión del 2% se considera como muy buena, aunque en la mayoría de los circuitos usaremos resistencias del 5%, que son las más corrientes.

Código de colores en las resistencias

COLORES	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Multiplicador	Tolerancia
---------	---------	---------	---------	---------------	------------

Plata				x 0.01	10%
Oro				x 0.1	5%
Negro	0	0	0	x 1	
Marrón	1	1	1	x 10	1%
Rojo	2	2	2	x 100	2%
Naranja	3	3	3	x 1000	
Amarillo	4	4	4	x 10000	
Verde	5	5	5	x 100000	0.5%
Azul	6	6	6	x 1000000	
Violeta	7	7	7		
Gris	8	8	8		
Blanco	9	9	9		
--Ninguno--	-	-	-		20%

Nota: Estos colores se han establecido internacionalmente, aunque algunos de ellos en ocasiones pueden llevar a una confusión a personas con dificultad de distinguir la zona de colores **rojo-naranja-marrón-verde**. En tales casos, quizá tengan que echar mano en algún momento de un polímetro para saber con certeza el valor de alguna resistencia cuyos colores no pueden distinguir claramente. También es cierto que en resistencias que han tenido un "calentón" o que son antiguas, a veces los colores pueden haber quedado alterados, en cuyo caso el polímetro nos dará la verdad.

Otro caso de confusión puede presentarse cuando por error leemos las bandas de color al revés. Estas resistencias de aquí abajo son las mismas que antes, pero dadas la vuelta.

En la primera, si leemos de izquierda a derecha, ahora vemos **oro-naranja-violeta-amarillo**. El oro no es un color usado para las cifras significativas, así que algo va mal. Además el amarillo no es un color que represente tolerancias. En un caso extremo, la combinación **naranja-violeta-amarillo** (errónea por otro lado porque la banda de tolerancia no va a la izquierda de las otras) nos daría el valor de **370 K Ω** , que no es un valor normalizado.



En la segunda, ahora vemos **rojo-naranja-amarillo-verde-marrón**. La combinación nos daría el valor **234000000 Ω = 234 M Ω** , que es un valor desorbitado (generalmente no suele haber resistencias de más de 10 M Ω), además de no ser un valor normalizado. Eso sí, la resistencia tendría una tolerancia del 1% (marrón), que no tiene sentido para un valor tan alto de resistencia.

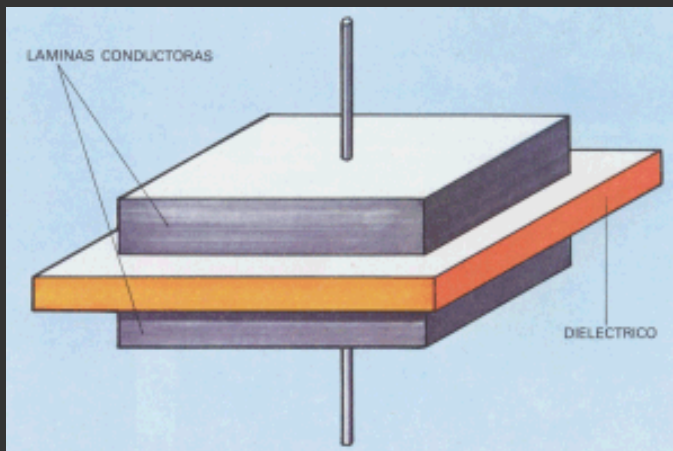
Valores normalizados de resistencias

Vamos a mostrar ahora una tabla con los valores normalizados de resistencias, que ayudará a

encajarlas según valores establecidos internacionalmente.

Tolerancia 10 %	Tolerancia 5 %	Tolerancia 2 %
1.0	1.0, 1.1	1.00, 1.05, 1.1, 1.15
1.2	1.2, 1.3	1.21, 1.27, 1.33, 1.40, 1.47
1.5	1.5, 1.6	1.54, 1.62, 1.69, 1.78
1.8	1.8, 2.0	1.87, 1.96, 2.00, 2.05, 2.15
2.2	2.2, 2.4	2.26, 2.37, 2.49, 2.61
2.7	2.7, 3.0	2.74, 2.87, 3.01, 3.16
3.3	3.3, 3.6	3.32, 3.48, 3.65, 3.83
3.9	3.9, 4.3	4.02, 4.22, 4.42, 4.64
4.7	4.7, 5.1	4.87, 5.11, 5.36
5.6	5.6, 6.2	5.62, 5.90, 6.19, 6.49
6.8	6.8, 7.5	6.81, 7.15, 7.50, 7.87
8.2	8.2, 9.1	8.25, 8.66, 9.09, 9.53

2.3 - Los Condensadores



Básicamente un condensador es un dispositivo capaz de almacenar energía en forma de campo eléctrico. Está formado por dos armaduras metálicas paralelas (generalmente de aluminio) separadas por un material dieléctrico.

Va a tener una serie de características tales como **capacidad**, **tensión de trabajo**, **tolerancia** y **polaridad**, que deberemos aprender a distinguir

Aquí a la izquierda vemos esquematizado un condensador, con las dos láminas = placas = armaduras, y el dieléctrico entre ellas. En la versión más sencilla del condensador, no se

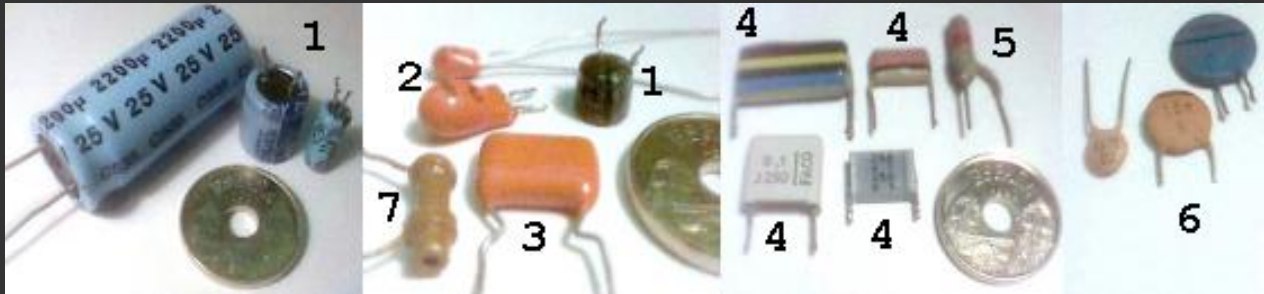
pone nada entre las armaduras y se las deja con una cierta separación, en cuyo caso se dice que el dieléctrico es el aire.

- **Capacidad:** Se mide en Faradios (**F**), aunque esta unidad resulta tan grande que se suelen utilizar varios de los submúltiplos, tales como microfaradios ($\mu\text{F}=10^{-6} \text{ F}$), nanofaradios ($\text{nF}=10^{-9} \text{ F}$) y picofaradios ($\text{pF}=10^{-12} \text{ F}$).
- **Tensión de trabajo:** Es la máxima tensión que puede aguantar un condensador, que depende del tipo y grosor del dieléctrico con que esté fabricado. Si se supera dicha tensión, el condensador puede perforarse (quedar cortocircuitado) y/o explotar. En este sentido hay que tener cuidado al elegir un condensador, de forma que nunca trabaje a una tensión superior a la máxima.
- **Tolerancia:** Igual que en las resistencias, se refiere al error máximo que puede existir entre la capacidad real del condensador y la capacidad indicada sobre su cuerpo.
- **Polaridad:** Los condensadores electrolíticos y en general los de capacidad superior a $1 \mu\text{F}$

tienen polaridad, eso es, que se les debe aplicar la tensión prestando atención a sus terminales positivo y negativo. Al contrario que los inferiores a $1\mu\text{F}$, a los que se puede aplicar tensión en cualquier sentido, los que tienen polaridad pueden explotar en caso de ser ésta la incorrecta.

Tipos de condensadores

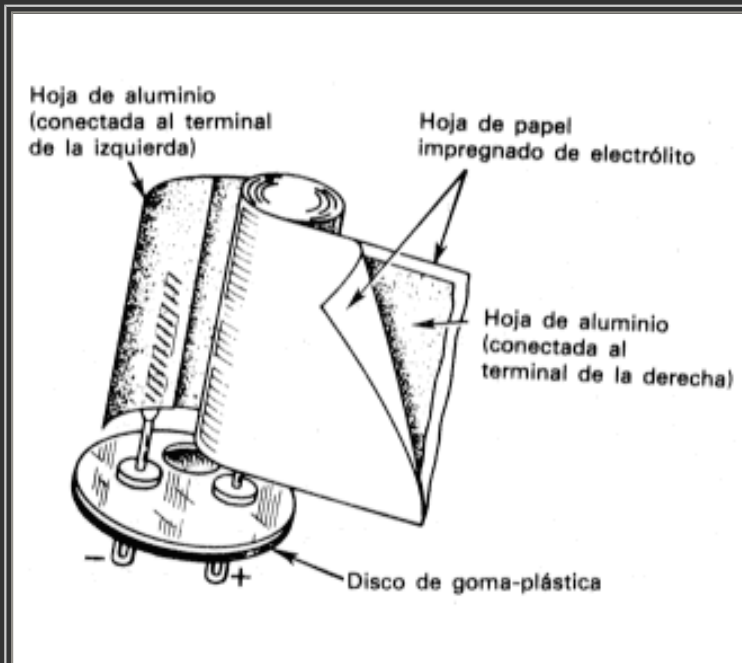
Vamos a mostrar a continuación una serie de condensadores de los más típicos que se pueden encontrar. Todos ellos están comparados en tamaño a una moneda española de 25 ptas (0.15 €).



1. **Electrolíticos.** Tienen el dieléctrico formado por papel impregnado en electrólito. Siempre tienen polaridad, y una capacidad superior a $1\mu\text{F}$. Arriba observamos claramente que el condensador nº 1 es de $2200\mu\text{F}$, con una tensión máxima de trabajo de 25v. (Inscripción: $2200\mu / 25\text{V}$).

Abajo a la izquierda vemos un esquema de este tipo de condensadores y a la derecha vemos unos ejemplos de condensadores electrolíticos de cierto tamaño, de los que se suelen emplear en aplicaciones eléctricas (fuentes de alimentación, etc...).

1.

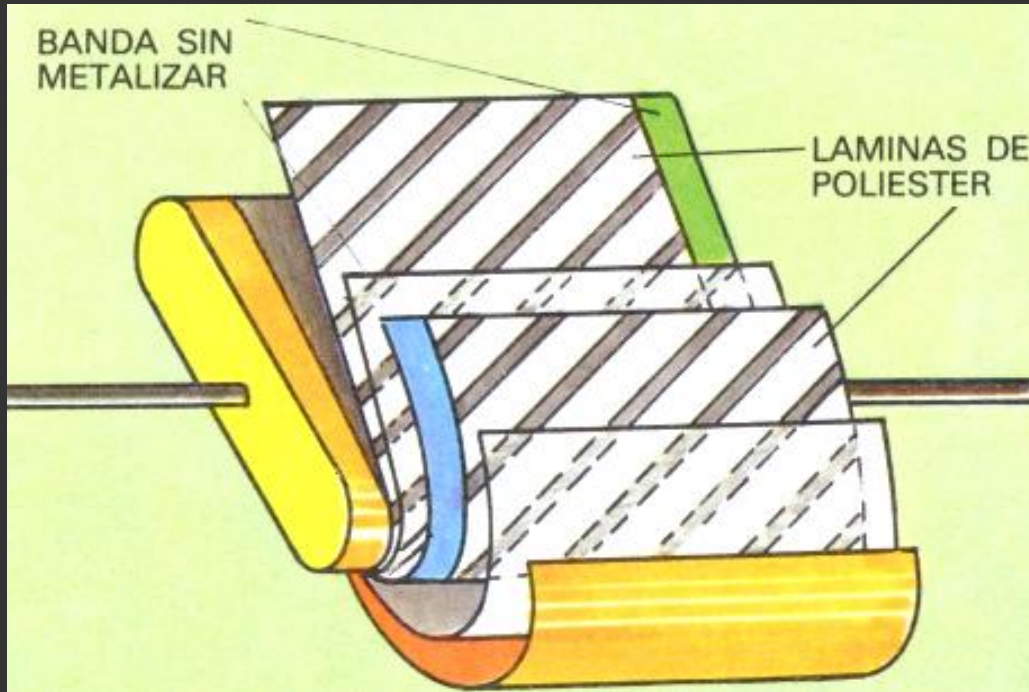


2. **Electrolíticos de tántalo** o de gota. Emplean como dieléctrico una finísima película de óxido de tantalio amorfo, que con un menor espesor tiene un poder aislante mucho mayor. Tienen polaridad y una capacidad superior a $1\mu\text{F}$. Su forma de gota les da muchas veces ese nombre.

3. De **poliester metalizado MKT**. Suelen tener capacidades inferiores a $1\ \mu\text{F}$ y tensiones de trabajo a partir de 63v. Más abajo vemos su estructura: dos láminas de policarbonato recubierto por un depósito metálico que se bobinan juntas. Aquí al lado vemos un detalle de un condensador plano de este tipo, donde se observa que es de $0.033\ \mu\text{F}$ y 250v. (Inscripción: 0.033 K/ 250 MKT).



4. De **poliéster**. Son similares a los anteriores, aunque con un proceso de fabricación algo diferente. En ocasiones este tipo de condensadores se presentan en forma plana y llevan sus datos impresos en forma de bandas de color, recibiendo comúnmente el nombre de condensadores "de bandera". Su capacidad suele ser como máximo de $470\ \text{nF}$.



5. De **poliéster tubular**. Similares a los anteriores, pero enrollados de forma normal, sin aplastar.

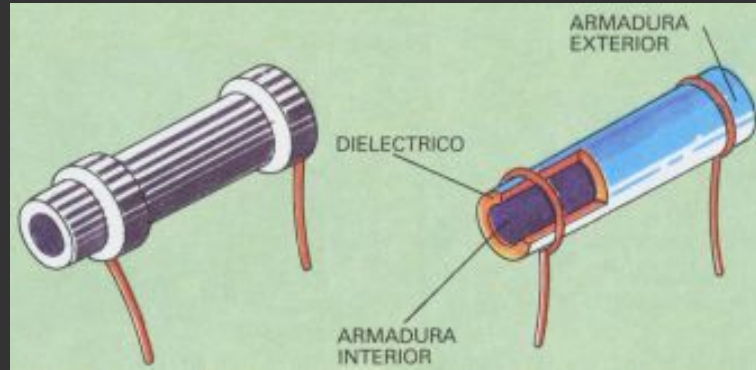


6. **Cerámico "de lenteja" o "de disco"**. Son los cerámicos más corrientes. Sus valores de capacidad están comprendidos entre $0.5\ \text{pF}$ y $47\ \text{nF}$. En ocasiones llevan sus datos impresos en forma de bandas de color.

Aquí abajo vemos unos ejemplos de condensadores de este tipo.



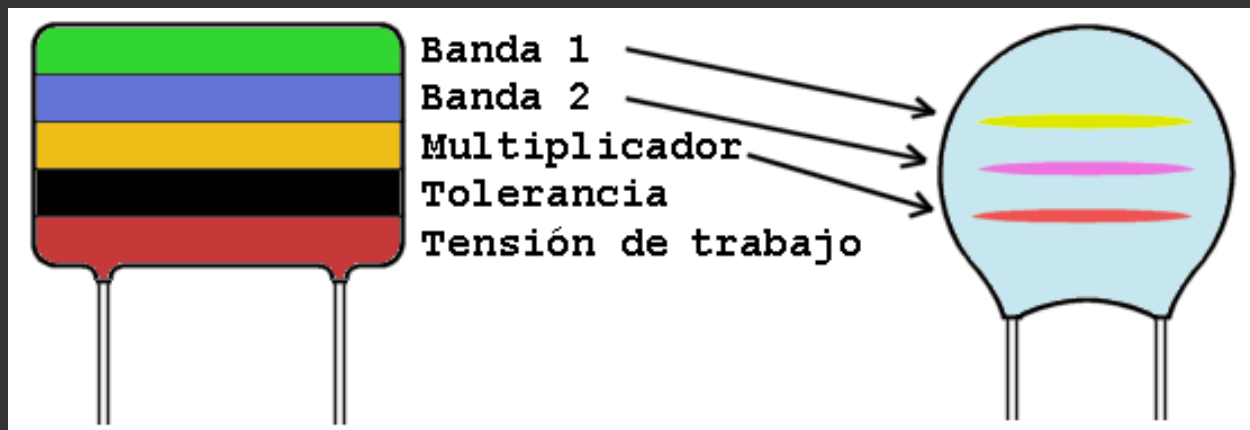
7. **Cerámico "de tubo"**. Sus valores de capacidad son del orden de los picofaradios y generalmente ya no se usan, debido a la gran deriva térmica que tienen (variación de la capacidad con las variaciones de temperatura).



2.4 - Identificación del valor de los condensadores

Codificación por bandas de color

Hemos visto que algunos tipos de condensadores llevan sus datos impresos codificados con unas bandas de color. Esta forma de codificación es muy similar a la empleada en las resistencias, en este caso sabiendo que el valor queda **expresado en picofaradios (pF)**. Las bandas de color son como se observa en esta figura:



- En el condensador de la izquierda vemos los siguientes datos:
verde-azul-naranja = 56000 pF = 56 nF (recordemos que el "56000" está expresado en pF). El color negro indica una tolerancia del 20%, tal como veremos en la tabla de abajo y el color rojo indica una tensión máxima de trabajo de 250v.
- En el de la derecha vemos:
amarillo-violeta-rojo = 4700 pF = 4.7 nF. En los de este tipo no suele aparecer información acerca de la tensión ni la tolerancia.

Código de colores en los condensadores

COLORES	Banda 1	Banda 2	Multiplicador	Tensión
---------	---------	---------	---------------	---------

Negro	--	0	x 1	
Marrón	1	1	x 10	100 V.
Rojo	2	2	x 100	250 V.
Naranja	3	3	x 1000	
Amarillo	4	4	x 10 ⁴	400 V.
Verde	5	5	x 10 ⁵	
Azul	6	6	x 10 ⁶	630 V.
Violeta	7	7		
Gris	8	8		
Blanco	9	9		

COLORES	Tolerancia (C > 10 pF)	Tolerancia (C < 10 pF)
Negro	+/- 20%	+/- 1 pF
Blanco	+/- 10%	+/- 1 pF
Verde	+/- 5%	+/- 0.5 pF
Rojo	+/- 2%	+/- 0.25 pF
Marrón	+/- 1%	+/- 0.1 pF

Codificación mediante letras

Este es otro sistema de inscripción del valor de los condensadores sobre su cuerpo. En lugar de pintar unas bandas de color se recurre también a la escritura de diferentes códigos mediante letras impresas.

A veces aparece impresa en los condensadores la letra "K" a continuación de las letras; en este caso no se traduce por "kilo", o sea, 1000 sino que significa *cerámico* si se halla en un condensador de tubo o disco.

Si el componente es un condensador de dieléctrico plástico (en forma de paralelepípedo), "K" significa tolerancia del 10% sobre el valor de la capacidad, en tanto que "M" corresponde a tolerancia del 20% y "J", tolerancia del 5%.



LETRA	Tolerancia
"M"	+/- 20%
"K"	+/- 10%
"J"	+/- 5%

Detrás de estas letras figura la tensión de trabajo y delante de las mismas el valor de la capacidad indicado con cifras. Para expresar este valor se puede recurrir a la colocación de un punto entre las cifras (con valor cero), refiriéndose en este caso a la unidad microfaradio (μF) o bien al empleo del

prefijo "n" (nanofaradio = 1000 pF).



Ejemplo: un condensador marcado con **0,047 J 630** tiene un valor de 47000 pF = **47 nF**, tolerancia del **5%** sobre dicho valor y tensión máxima de trabajo de **630 v**. También se podría haber marcado de las siguientes maneras: 4,7n J 630, o 4n7 J 630.

Código "101" de los condensadores

Por último, vamos a mencionar el **código 101** utilizado en los condensadores cerámicos como alternativa al código de colores. De acuerdo con este sistema se imprimen 3 cifras, dos de ellas son las significativas y la última de ellas indica el número de ceros que se deben añadir a las precedentes. El resultado debe expresarse siempre en picofaradios **pF**.

Así, 561 significa 560 pF, 564 significa 560000 pF = 560 nF, y en el ejemplo de la figura de la derecha, **403** significa 40000 pF = **40 nF**.



2.5 - Ejercicios prácticos

...y en esta nueva ocasión vamos a poner a prueba los conceptos explicados anteriormente. Vamos a presentar una serie de condensadores escogidos al azar del cajón para ver si sois capaces de identificar sus datos correctamente, ok?

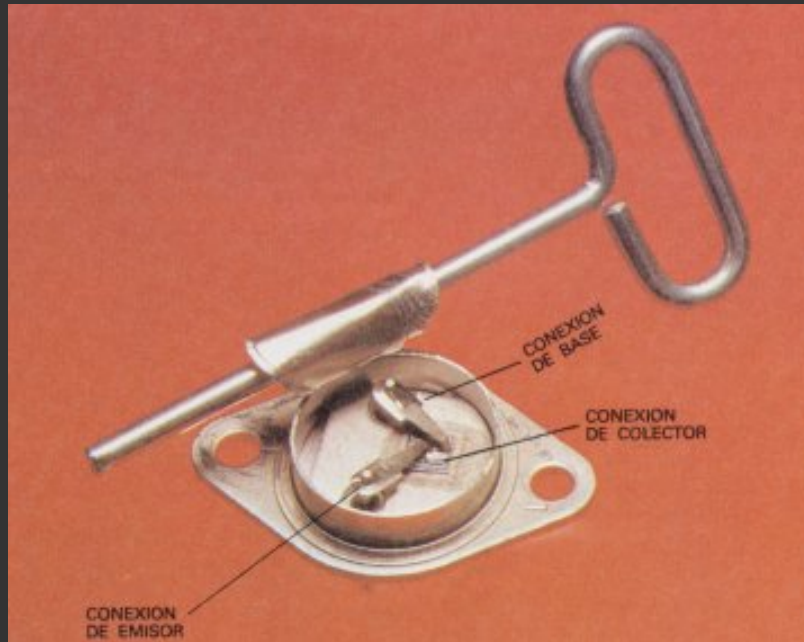
	0,047 J 630 C=47 nF 5% V=630 V.	403 C=40 nF	
	0,068 J 250 C=68 nF 5% V=250 V.	47p C=47 pF	
	22J C=22 pF 5%	2200 C=2.2 nF	

	10K +/-10% 400 V C=10 nF 10% V=400 V	3300/10 400 V C=3.3 nF 10% V=400 V.	
	amarillo-violeta-naranja-negro C=47 nF 20%	330K 250V C=0.33 μF V=250 V.	
	n47 J C=470 pF 5%	0,1 J 250 C=0.1 μF 5% V=250 V.	
	verde-azul-naranja-negro-rojo C=56 nF 20% V=250 V.	μ1 250 C=0.1 μF V=250 V.	
	22K 250 V C=22 nF V=250 V.	n15 K C=150 pF 10%	
	azul-gris-rojo y marron-negro-naranja C1=8.2 nF C2=10 nF	amarillo-violeta-rojo C=4.7 nF	
	.02μF 50V C=20 nF V=50 V.	amarillo-violeta-rojo, rojo-negro-marrón y amarillo-violeta-marrón C1=4.7 nF C2=200 pF C3=470 pF	

2.6 - Los Transistores

Los transistores son unos elementos que han facilitado, en gran medida, el diseño de circuitos electrónicos de reducido tamaño, gran versatilidad y facilidad de control.

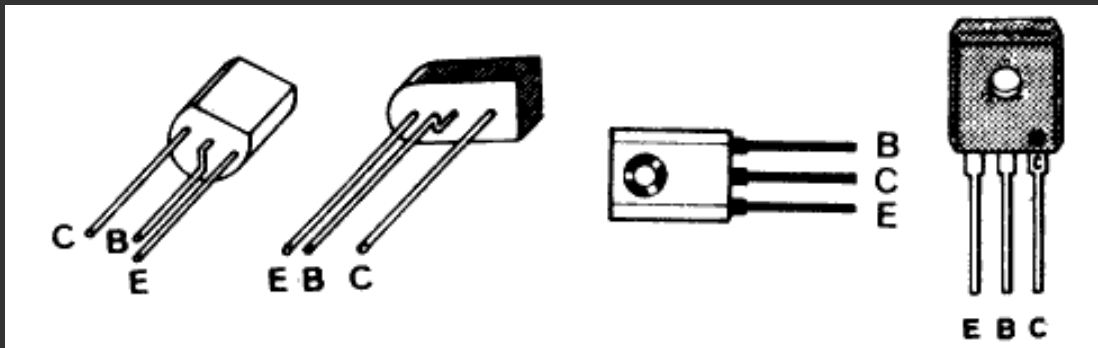
Vienen a sustituir a las antiguas válvulas termoiónicas de hace unas décadas. Gracias a ellos fue posible la construcción de receptores de radio **portátiles** llamados comúnmente "transistores", televisores que se encendían en un par de segundos, televisores en color... Antes de aparecer los transistores, los aparatos a válvulas tenían que trabajar con tensiones bastante altas, tardaban más de 30 segundos en empezar a funcionar, y en ningún caso podían funcionar a pilas, debido al gran consumo que tenían.



Los transistores tienen multitud de aplicaciones, entre las que se encuentran:

- Amplificación de todo tipo (radio, televisión, instrumentación)
- Generación de señal (osciladores, generadores de ondas, emisión de radiofrecuencia)
- Conmutación, actuando de interruptores (control de relés, fuentes de alimentación conmutadas, control de lámparas, modulación por anchura de impulsos PWM)
- Detección de radiación luminosa (fototransistores)

Los transistores de unión (uno de los tipos más básicos) tienen 3 terminales llamados **Base**, **Colector** y **Emisor**, que dependiendo del encapsulado que tenga el transistor pueden estar distribuidos de varias formas.



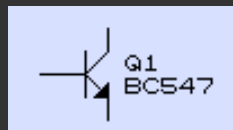
Por otro lado, los Transistores de Efecto de Campo (FET) tienen también 3 terminales, que son **Puerta (Gate)**, **Drenador (Drain)** y **Sumidero (Sink)**, que igualmente dependiendo del encapsulado que tenga el transistor pueden estar distribuidos de varias formas.

Tipos de transistores. Simbología

Existen varios tipos que dependen de su proceso de construcción y de las aplicaciones a las que se destinan. Aquí abajo mostramos una tabla con los tipos de uso más frecuente y su simbología:

	Transistor Bipolar de Unión (BJT)
	Transistor de Efecto de Campo, de Unión (JFET)
	Transistor de Efecto de Campo, de Metal-Óxido-Semiconductor (MOSFET)
	Fototransistor

Nota: En un esquema electrónico, los transistores se representan mediante su **símbolo**, el **número de transistor** (Q1, Q2, ...) y el **tipo de transistor**, tal como se muestra aquí:



Aquí podemos ver una selección de los transistores más típicos, mostrando su encapsulado y distribución de patillas. (Para ver la imagen en grande se puede hacer click sobre ella).

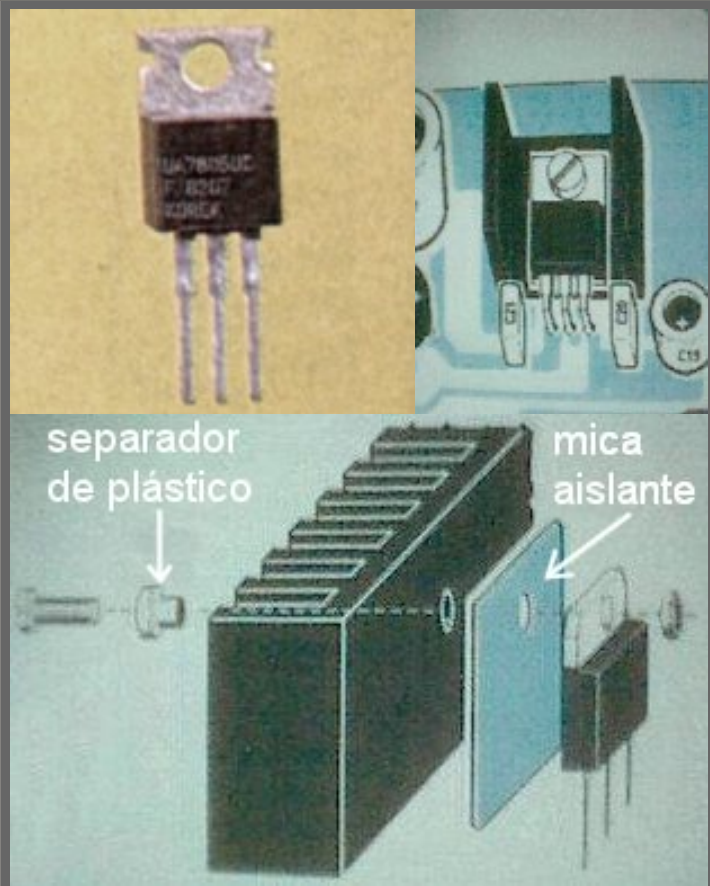


Two black integrated circuit (IC) chips, labeled MC140, are shown side-by-side. Each chip has a circular hole at the top and four pins extending from the bottom. The chips are mounted on a light-colored surface.

Cápsula TO-220. Se utiliza para transistores de menos potencia, para reguladores de tensión en fuentes de alimentación y para tiristores y triacs de baja potencia.

Generalmente necesitan un radiador de aluminio, aunque a veces no es necesario, si la potencia que van a disipar es reducida.

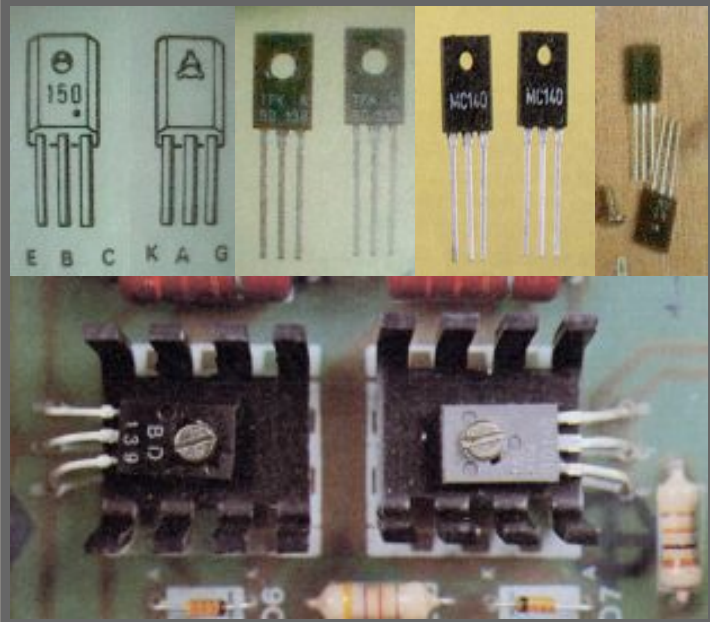
Abajo vemos la forma de colocarle el radiador y el tornillo de sujeción. Se suele colocar una mica aislante entre el transistor y el radiador, así como un separador de plástico para el tornillo, ya que la parte metálica está conectada al terminal central y a veces no interesa que entre en contacto eléctrico con el radiador.



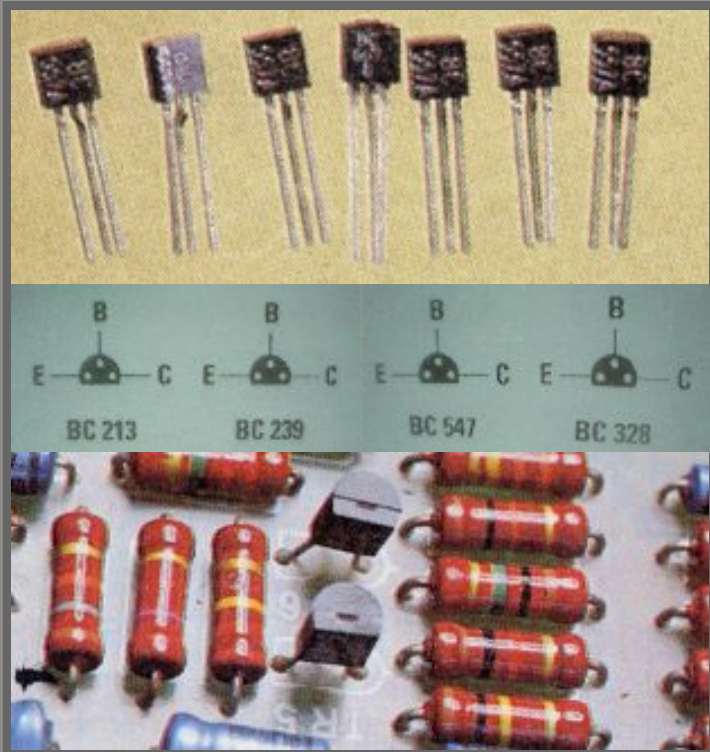
Cápsula TO-126. Se utiliza en transistores de potencia reducida, a los que no resulta generalmente necesario colocarles radiador.

Arriba a la izquierda vemos la asignación de terminales de un transistor BJT y de un Tiristor.

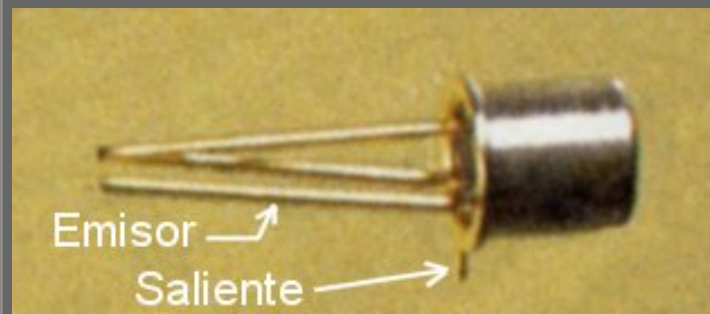
Abajo vemos dos transistores que tienen esta cápsula colocados sobre pequeños radiadores de aluminio y fijados con su tornillo correspondiente.



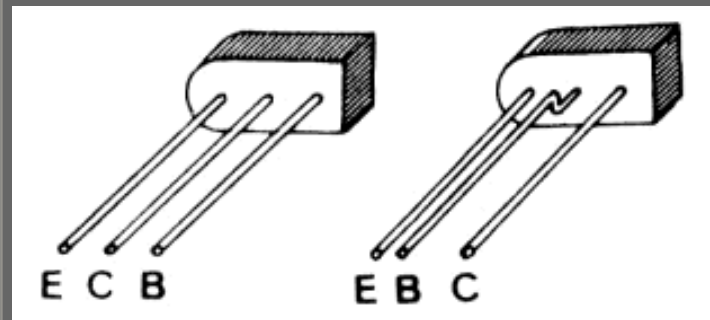
Cápsula TO-92. Es muy utilizada en transistores de pequeña señal. En el centro vemos la asignación de terminales en algunos modelos de transistores, vistos desde abajo. Abajo vemos dos transistores de este tipo montados sobre una placa de circuito impreso. Nótese la indicación "TR5" de la serigrafía, que indica que en ese lugar va montado el transistor número 5 del circuito, de acuerdo al esquema electrónico.



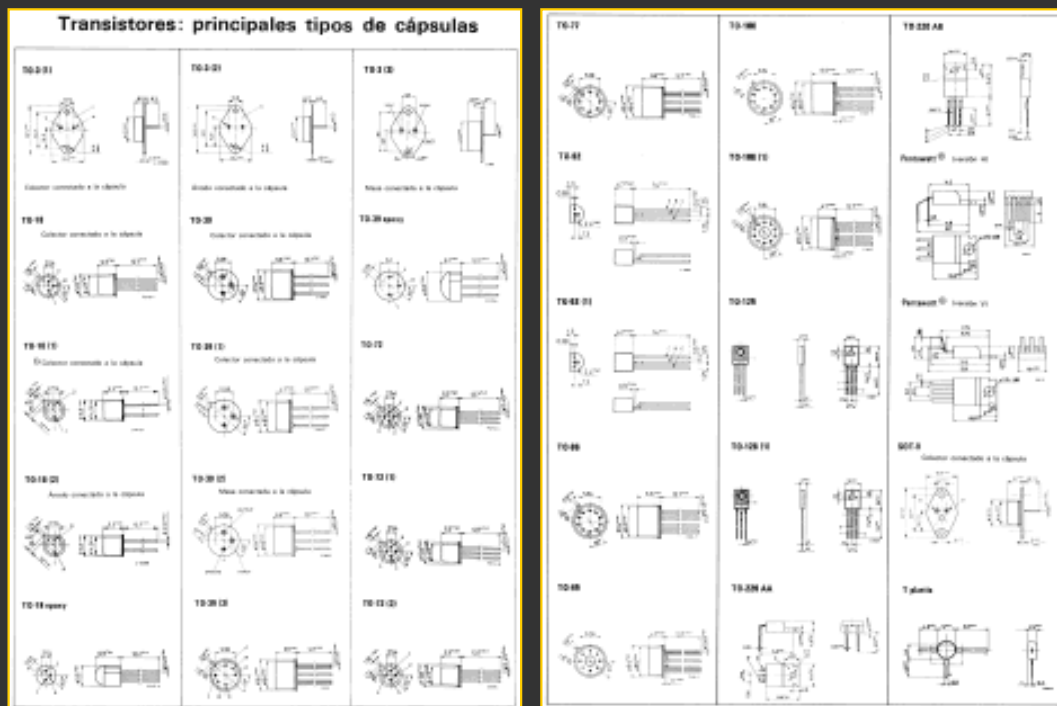
Cápsula TO-18. Se utiliza en transistores de pequeña señal. Su cuerpo está formado por una carcasa metálica que tiene un saliente que indica el terminal del **Emisor**.



Cápsula miniatura. Se utiliza en transistores de pequeña señal. Al igual que el anterior, tienen un tamaño bastante pequeño.



Para más información acerca del encapsulado de los transistores, hemos colocado aquí estas hojas de características. En ellas se observan la forma y dimensiones de los diferentes tipos de transistores.



Para ver las imágenes basta hacer click sobre ellas o usar las funciones de "**Guardar destino como...**" - "**Save link as...**" del navegador para guardarlas en el disco duro. Se puede utilizar un programa del estilo del **Paint Shop Pro** en cualquiera de sus versiones para imprimirlas en una hoja cada una, teniendo en cuenta que están escaneadas a 300 píxeles por pulgada.

Tema 3 - Diseño de un circuito impreso

Intro.

En esta sección vamos a describir el proceso para diseñar nuestras propias placas de circuito impreso.

Partiremos siempre del **esquema electrónico** y bien por medios manuales o por ordenador vamos a conseguir un "**diseño de pistas**" que luego transferiremos a la placa.

El soft de CAD de electrónica generalmente nos permitirá trazar las pistas del circuito **automáticamente**, aunque por lo general tendremos que hacer algunos **retoques**. Esto es debido a que (de momento) los ordenadores no tienen una visión espacial muy lograda y para trazar una pista simple entre dos puntos muchas veces dan rodeos innecesarios.

Tanto si trazamos las pistas manualmente en el ordenador o sobre la mesa de dibujo, deberemos observar una serie de **reglas básicas**, como pueden ser:

- Determinar el **grosor** adecuado de cada pista
- Determinar la **separación** entre las pistas
- Determinar el **espacio que ocupa** cada componente
- Colocar los componentes sobre la placa adecuadamente
- Colocar los **conectores** necesarios
- etc...

Como ejemplo, diseñaremos la placa de un pequeño circuito (una fuente de alimentación regulada de 12v.) manualmente mediante el software **OrCAD V9**, viendo todos los pasos necesarios y los trucos.

Todo esto lo tendrás aquí **próximamente**...

Tema 4 - Realización práctica de un circuito impreso

Intro

Hace unas décadas, los circuitos se montaban en forma de "tela de araña". De esta forma se montaron los primeros receptores de radio a válvulas, en los que algunos componentes (el altavoz, el transformador, las válvulas, el condensador variable, los potenciómetros) iban montados en la carcasa metálica y el resto (condensadores, resistencias, diodos) iban "colgados" por sus terminales.

En la actualidad los circuitos se montan utilizando un soporte más versátil como es la placa de circuito impreso, que es la base que sujetará los componentes y a la vez los interconectará mediante una serie de pistas de cobre, como ya veremos.

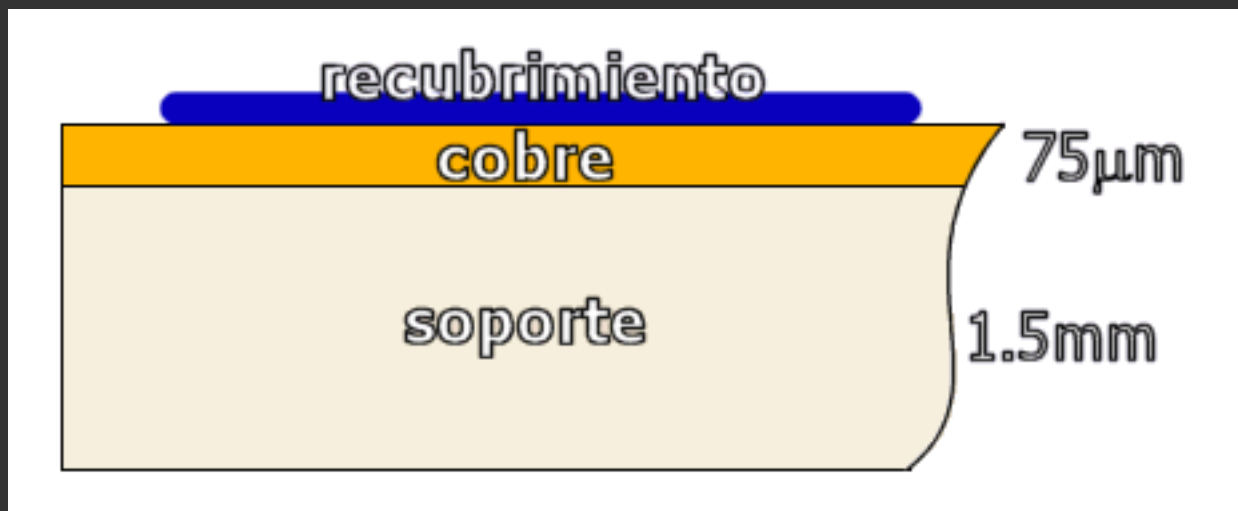
Vamos a ver dos de los métodos clásicos para realizar una placa de circuito impreso. Después veremos cómo mecanizar la placa y montar en ella los componentes del circuito.

Se trata de una serie de pasos sencillos, que pronto aprenderemos, así que pulsa la flecha a la derecha para empezar...

4.1 - La placa de Circuito Impreso (C.I.)

La placa de un circuito impreso es la base para el montaje del mismo, es el soporte que sujetará los componentes y a la vez los interconectará mediante una serie de pistas de cobre.

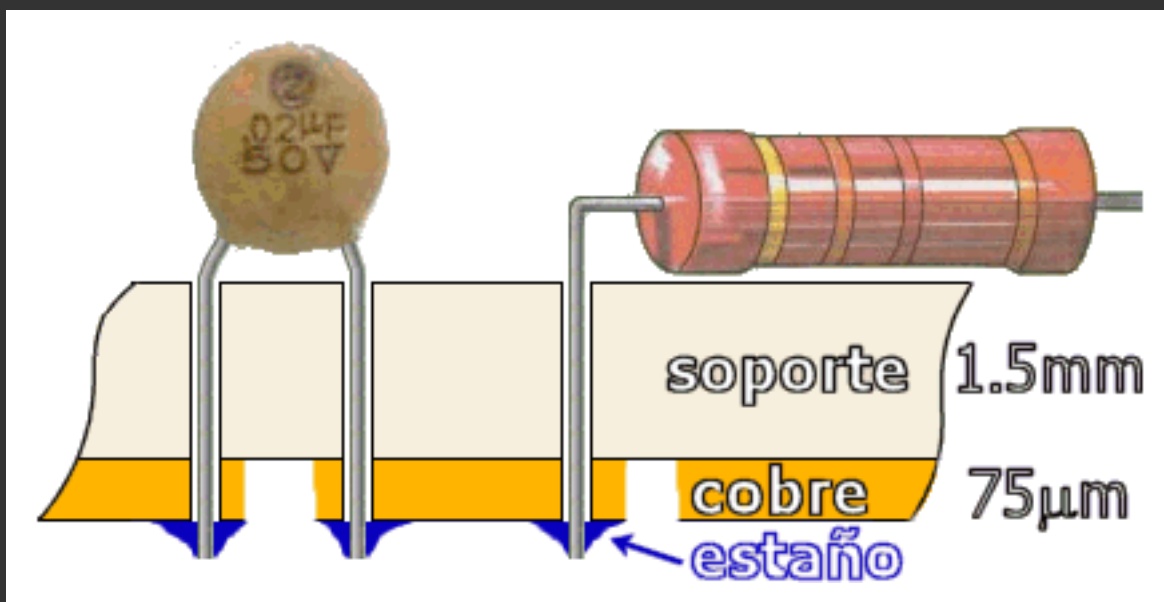
Una placa de circuito impreso está formada por un soporte, que puede ser de baquelita o de fibra de vidrio y una capa de cobre depositada sobre el soporte, tal como se observa aquí:



También vemos sobre la capa de cobre un recubrimiento que puede ser una capa de barniz fotosensible (placas sensibilizadas o fotosensibles) o bien la tinta del rotulador que utilizaremos para dibujar las pistas, tal como veremos más adelante.

Mediante el proceso de atacado de la placa, que veremos en detalle más adelante, transformaremos la capa uniforme de cobre en una serie de pistas de cobre que interconectarán los diferentes componentes entre sí, formando el circuito real.

Después de ese proceso, taladraremos la placa para poder introducir los terminales de los componentes y soldarlos a las pistas de cobre, de tal forma que el resultado sea similar a éste:



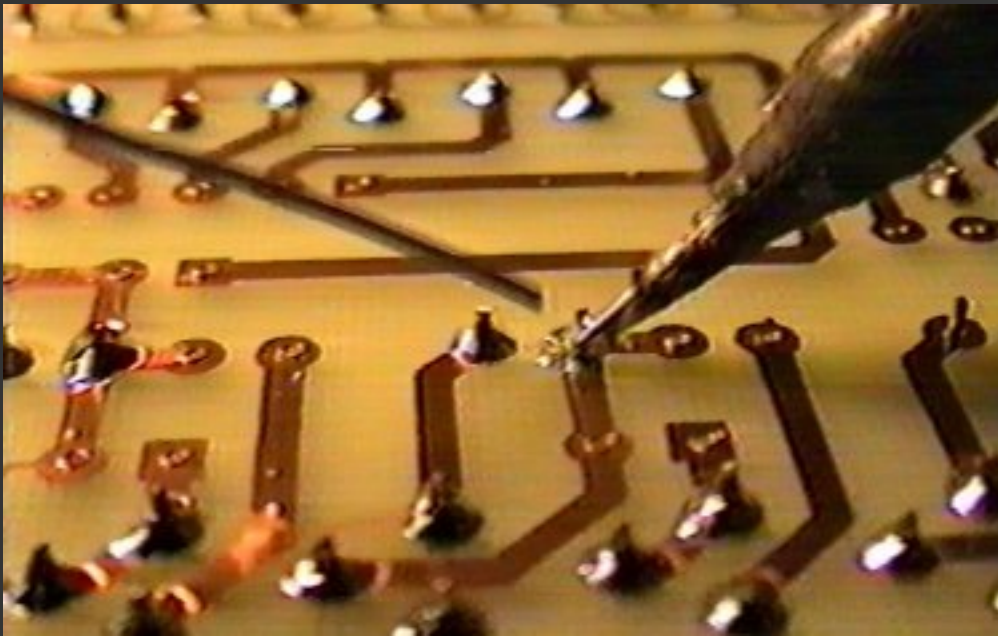
Observamos cómo el cobre está cortado en algunas zonas, lo que permite conectar entre sí sólo los componentes que nos interesen. En otras zonas vemos que el cobre sirve de unión eléctrica entre dos componentes, como es el caso del

dibujo. Los terminales de los componentes están unidos al cobre mediante soldaduras hechas con estaño.



Vemos aquí una placa de fibra de vidrio, con unas cuantas resistencias, algunos condensadores y dos transistores ya colocados. En todos ellos observamos cómo sus terminales están introducidos por los taladros

que se han practicado a la placa.



Si le damos la vuelta a la placa vemos los terminales de los componentes asomando, ya cortados y a punto de ser soldados. En la foto se observan claramente las pistas de cobre que unen los diversos componentes, así como las zonas

donde el cobre se ha eliminado.

Esta instantánea se ha tomado en el momento de hacer una soldadura. Observamos la punta del soldador y el hilo de estaño. Este proceso ya lo hemos explicado en base en el **Tema 1**.

Sólo queda comentar que existen en el mercado varios tipos de placas, atendiendo a características como el material empleado en el soporte, el número de caras de cobre y si están sensibilizadas (tienen un recubrimiento de barniz fotosensible):

- Placa de baquelita de 1 cara
- Placa de baquelita de 1 cara sensibilizada
- Placa de fibra de vidrio de 1 cara
- Placa de fibra de vidrio de 2 caras
- Placa de fibra de vidrio de 1 cara sensibilizada
- Placa de fibra de vidrio de 2 caras sensibilizadas

Están colocadas por tipos (y por orden de precio).

Aquí vemos un ejemplo de placa fotosensible. Las de este tipo tienen una capa uniforme de barniz fotosensible sobre el cobre. Al igual que el papel fotográfico, las placas fotosensibles no deben velarse durante su almacenamiento y sólo deben exponerse a la luz durante el proceso de insolado. Para evitar que las dé la luz llevan un plástico opaco pegado, que deberemos retirar en un ambiente de luz muy tenue antes de meterlas a la insoladora, proceso que veremos enseguida.



Las que son de doble cara simplemente tienen una capa de cobre a ambos lados del soporte y permiten hacer circuitos más complicados con el mismo tamaño de placa ya que permiten crear pistas conductoras por ambos lados.

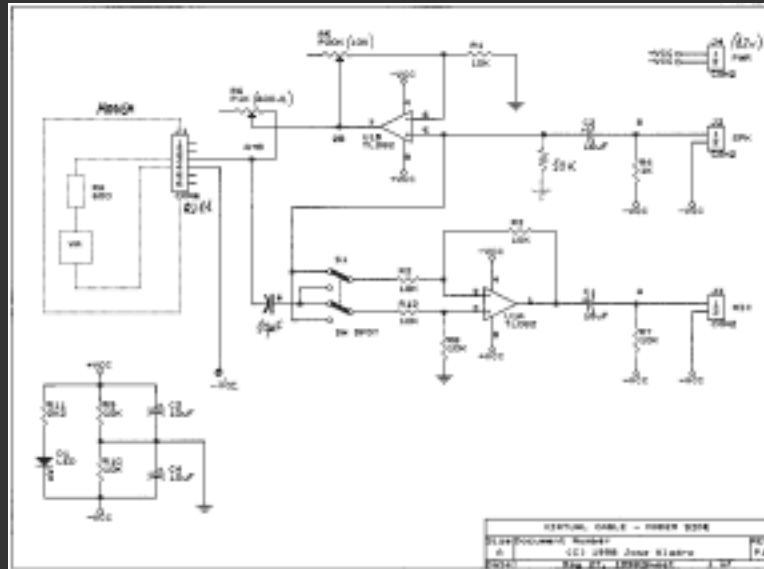
En el mercado podemos obtener estas placas en diversos tamaños estándar, aunque nosotros normalmente usamos en el laboratorio las de tamaño de 20x30 cm., ya que nos salen bastante rentables. Después cortamos con la sierra las placas al tamaño deseado, tratando de aprovechar el espacio lo más posible.

4.2 - El diseño de pistas de un circuito

El esquema electrónico

Ahora que hemos visto cómo es la placa, vamos a transferir nuestro circuito a ella para poder hacer físicamente el circuito impreso y poder después montar los componentes sobre él.

Partiremos del esquema electrónico de nuestro circuito, que podría ser algo parecido a esto:

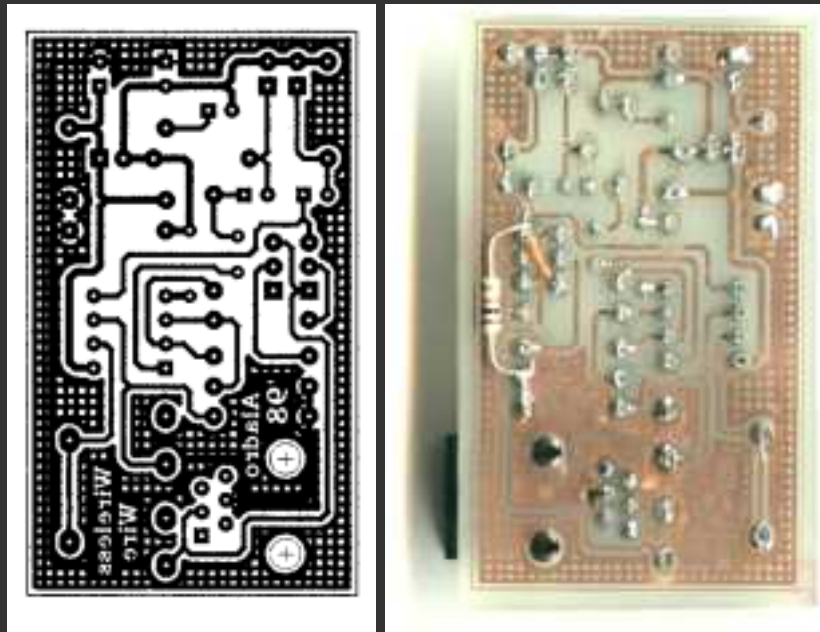


El diseño de pistas

El diseño de pistas es un dibujo que representa las conexiones a realizar entre los distintos componentes del circuito. Puede obtenerse de diversas formas:

- **Diseño por ordenador:** Partiendo del esquema electrónico y usando un software como **OrCAD**, TANGO, etc. Después se imprime el diseño de pistas en papel normal o en papel vegetal. Si es necesario, se puede imprimir en papel normal y fotocopiar en papel de acetato (transparencia) o en papel vegetal.
- **Diseño a mano:** Si el circuito es muy sencillo se pueden dibujar las pistas sobre un papel con un lápiz. Si es necesario, se puede fotocopiar en papel de acetato (transparencia) o en papel vegetal.
- **Una revista o libro de electrónica:** A menudo las revistas de electrónica muestran entre sus páginas el diseño de pistas del circuito. A no ser que la revista nos dé la transparencia, por lo general siempre se fotocopiará la página donde venga el diseño de pistas en papel de acetato (transparencia) o en papel vegetal.

El diseño de pistas tendrá una forma parecida a ésta (foto de la izquierda):



La foto de la derecha muestra la placa una vez terminada y colocados los componentes, vista por el lado de las soldaduras. Como vemos, el resultado es muy semejante al diseño.

4.3 - Traspaso del diseño de pistas a la placa de circuito impreso

Una vez que tengamos el diseño, existen varios métodos para transferirlo a la placa de circuito impreso, como pueden ser:

- Transferencia mediante rotulación
- Transferencia mediante tiras adhesivas protectoras de distintos tamaños
- Transferencia mediante fresadora controlada por ordenador (eliminación mecánica de la capa del cobre usando una máquina LPKF-91 o silmilar).
- Transferencia mediante fotolito e insoladora, con placas fotosensibles
- Transferencia mediante fotoplotter e insoladora, con placas fotosensibles

Aquí vamos a ver dos de los más usados, que son:

- Transferencia mediante rotulación
- Transferencia mediante fotolito e insoladora, con placas fotosensibles

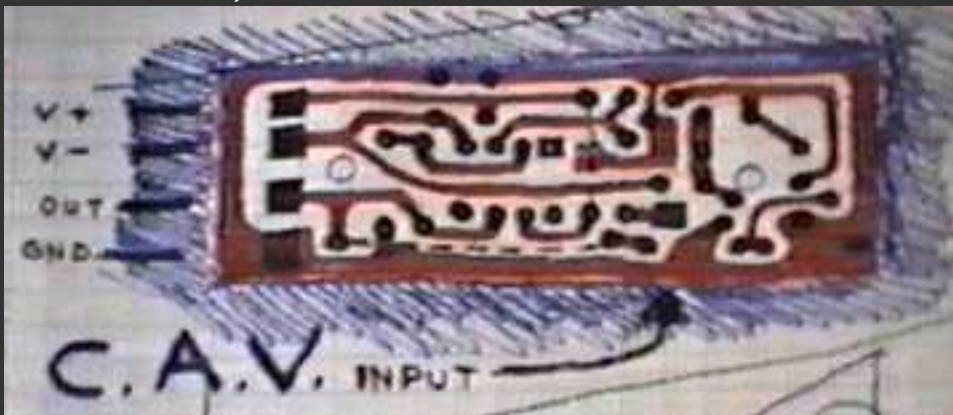
Transferencia por el método clásico de rotulación

Éste es uno de los métodos más "artesanos" para hacer una placa de circuito impreso. Es el más indicado cuando queremos hacer una sola placa y el diseño es sencillo.

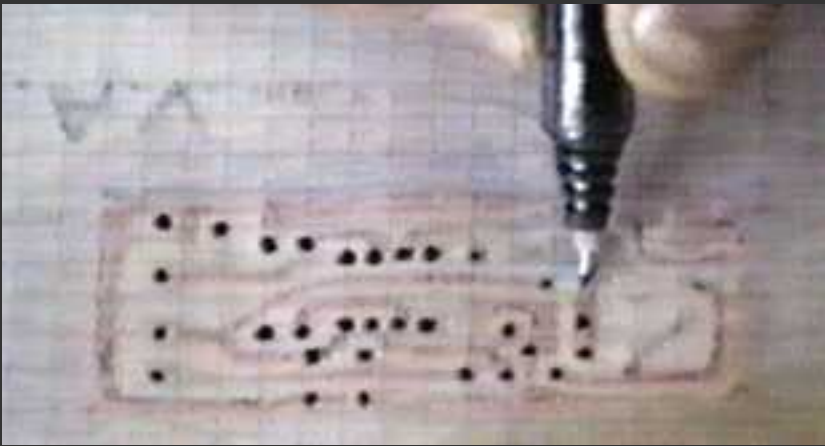
Como ya hemos visto en el Tema 3, el diseño de pistas siempre lo hacemos con la placa vista desde el lado de los componentes. Sin embargo lo que vamos a hacer es dibujar las pistas con un rotulador sobre la **capa de cobre** de la placa, esto es, sobre el lado de las pistas y de las soldaduras. Esto significa que debemos copiar el diseño, lo más fielmente posible sobre la placa, y **DADO LA VUELTA**, de forma que el dibujo rotulado sea simétrico al que tenemos en el papel.

Vamos por pasos:

- 1.** Tenemos el **diseño de pistas** del circuito, que podemos sacar de una revista o bien hacer a mano, si se trata de algo sencillo. En la foto tenemos un diseño visto desde el lado de los componentes (la cara de arriba).



- 2.** Como el cobre está por el lado de las pistas (cara de abajo), lo primero que debemos hacer para transferir el diseño a la placa es **dar la vuelta al papel** y marcar las posiciones donde deben ir los taladros de la placa (donde se insertarán las patillas de los componentes). Podemos marcarlos con un bolígrafo de tinta líquida o un rotulador normal:



3. Luego colocamos la placa con el cobre hacia nosotros y colocamos el papel tal como se ve aquí. Centraremos la placa de forma que el diseño esté **alineado con la placa** y luego sujetaremos la placa al papel con cinta adhesiva para evitar que se mueva.



4. Ahora tenemos que **transferir las posiciones de los taladros** a la placa. Esto se puede hacer como vemos en la foto (pinchando con un **punzón** o la punta de unas **tijeras**) para marcar los taladros o bien se puede hacer con un papel de carbón, de forma que queden marcados dichos puntos en la placa. La ventaja del punzón o las tijeras es que dejamos hecho un **pequeño hoyo** en cada punto, lo que luego facilitará que las finas brocas (menos de 1mm. de diámetro) se



centren ellas solas en cada lugar. Estas marcas debemos hacerlas con un poco de suavidad, ya que no se trata de taladrar la placa con las tijeras ni con el punzón, así que habrá que tener cuidado con la fuerza que empleamos. Si usamos un punzón, lo golpearemos con unos alicates u otra herramienta similar, no con un martillo.

5. La placa debe estar **bien limpia**, cosa que conseguiremos frotándola con una goma de borrar bolígrafo o bien usando un limpiametales, de tal forma que la superficie de cobre quede limpia y brillante.

Una vez marcados los taladros, nos servirán de referencia para dibujar las pistas. Como ya hemos comentado, hay que **transferir el diseño** haciendo el espejo, tal como vemos en estas fotos. Esto debemos hacerlo con un rotulador de **tinta permanente** (resistente al agua). Nosotros utilizamos el típico rotulador **EDDING** o **STAEDTLER permanent**. Debe tener **punta fina** o al menos lo suficientemente fina como para permitirnos dibujar las pistas correctamente sin que se junten unas con otras.



6. Finalmente debemos **cortar la placa** a la medida necesaria. Para cortar podemos usar una sierra de pelo (de marquetería, como se ve en la foto) o bien una sierra de arco, de las de cortar hierro. Esto podría haberse hecho antes del punto 4, aunque también puede hacerse al final, si nos resulta más cómodo.



Aquí vemos cómo queda la placa, una vez rotulada. Ahora ya podríamos pasar al ataque con ácido, taladrado y montaje, pasos que describiremos más adelante.



Todas estas fotos © 1994 por Jose Aladro

Transferencia mediante fotolito, con placa fotosensible - Part 1, la insolación

Éste es un método un poco más laborioso y necesitaremos algo más de material. Es el indicado para placas complicadas, con pistas finas, con pistas por las dos caras, o cuando necesitamos hacer varias placas iguales. Tiene la ventaja de que si se hace bien el proceso, la placa queda "exactamente" igual que el original, con lo que obtendremos resultados de muy buena calidad.

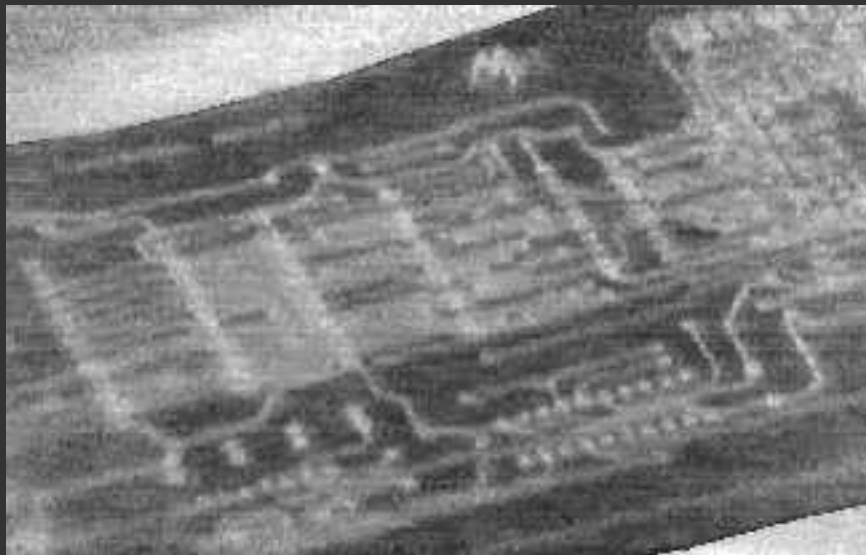
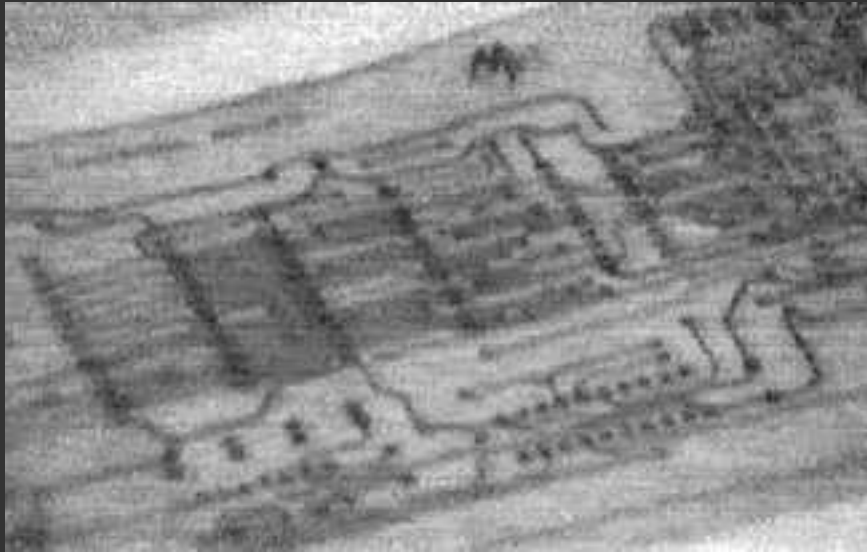
Adicionalmente, podemos colocar en la transparencia cualquier texto, firma o logotipo a nuestro gusto, como en la placa que vemos más abajo.

Lo vemos por pasos:

1. Partiremos del diseño de pistas (**fotolito**) en una transparencia o en papel vegetal. En la foto vemos el diseño de un circuito digital que

tiene numerosas pistas. Observamos también un logotipo, que luego quedará grabado sobre el cobre.

NOTA IMPORTANTE: Si vamos a usar una transparencia que tenga las **pistas marcadas en negro** y el resto transparente (foto de la izquierda), deberemos usar una placa fotosensibilizada **POSITIVA**. En caso contrario (foto de la derecha) deberemos usar una placa fotosensibilizada **NEGATIVA**. La placa negativa no suele usarse casi, ya que se emplea mucha tinta para obtener el fotolito.



2. Preparamos la **insoladora**. Nosotros tenemos una insoladora formada por 4 tubos fluorescentes de luz actínica (ultra-violeta) de 20w. Está montada de tal forma que sólo permite insolar una cara de la placa, de forma que si queremos hacer una placa de doble cara deberemos insolar primero una cara y luego dar la vuelta a la placa para insolar la otra. Conviene que la insoladora disponga de un **temporizador** de hasta 5 minutos, para poder controlar bien los tiempos de exposición, aunque con un reloj también se puede hacer.



También podemos usar tubos de luz blanca, como los de iluminación, incluso podemos improvisar una insoladora artesanal con una mesa, una bombilla potente y un cristal.

3. Cogemos la placa fotosensible. Como ya hemos dicho, tienen una capa uniforme de barniz fotosensible sobre la capa de cobre y vienen protegidas por un plástico opaco adherido. Deberemos **despegar el plástico opaco protector** en un ambiente de luz muy tenue.



4. Continuando con luz tenue Colocamos el **fotolito** sobre el

crystal de la insoladora y luego la placa encima, de forma que el lado del **cobre esté en contacto con la tinta** del fotolito.

Si se trata de una placa de doble cara, primero sujetaremos los dos fotolitos entre sí con cinta adhesiva teniendo especial cuidado para que las posiciones de los taladros en ambas caras coincidan.

Después introducimos la placa entre los dos fotolitos, como vemos en la foto.



5. Ahora sujetamos la placa al fotolito con cinta adhesiva. Suele ser bastante práctico hacer unos recortes al fotolito en unas zonas que no haya pistas, como se ve en las fotos, para poder pegar la cinta adhesiva. **Colocamos el conjunto** en la insoladora, en el centro, tal como se veía en la foto del paso 2 y **bajamos la tapa** de la insoladora.





6.



Seleccionamos el **tiempo de exposición** y encendemos la insoladora. El tiempo idóneo depende del tipo de fotolito que usemos y del tipo de luz de la insoladora y lo podremos determinar después de unas pocas pruebas.

En nuestro caso, usando **papel vegetal impreso con inyección de tinta** como fotolito y 4 tubos de luz actínica, los tiempos suelen andar sobre los **3 minutos** de exposición.

Si usamos una transparencia en papel de acetato con tóner de fotocopiadora, hay que dar un tiempo de exposición menor, ya que este papel es totalmente transparente y deja pasar más luz en las zonas que no hay tinta.

De la misma forma, si usamos un flexo o la luz del sol, debremos

hacer algunas pruebas con trozos pequeños de placa y nuestro fotolito para determinar el tiempo idóneo de exposición.



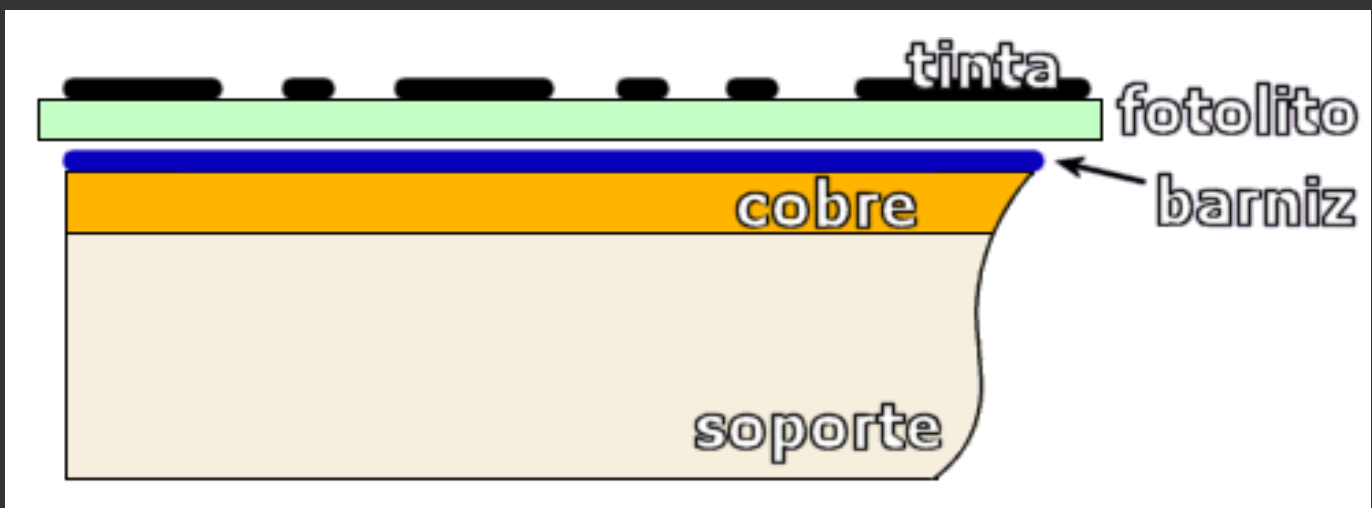
Como nota curiosa, decir que usando el sol de pleno agosto en España y un fotolito de papel vegetal y haciendo que los rayos del sol incidieran de forma perpendicular en la placa, fue necesario un tiempo de exposición de sólo 60 segundos. El proceso fue simple: sujetar bien el conjunto placa-fotolito-cristal, meterlo en una caja cerrada, sacarlo de la caja rápidamente y sujetarlo frente al sol, esperar el tiempo de insolación (60 seg.) y meterlo rápidamente de nuevo en la caja.

Con estos pasos ya tenemos la placa insolada. Ahora, mientras preparamos los siguientes pasos conviene dejar la placa en una caja cerrada, de forma que podamos encender alguna luz más sin velar la placa.

Colocación idónea del fotolito

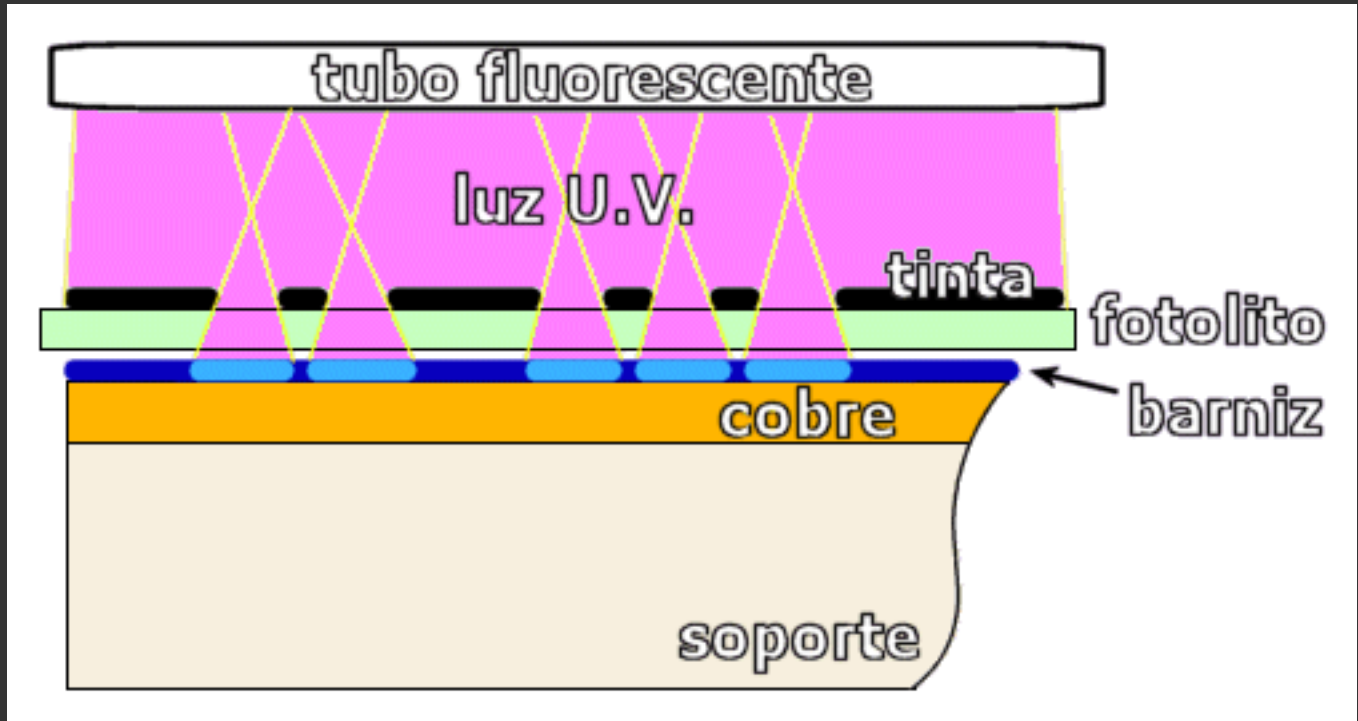
En el dibujo siguiente vemos la colocación del fotolito sobre la placa de cobre fotosensible. Ya se ha retirado el plástico opaco protector.

Vemos en este caso que la tinta de la impresora o fotocopiadora está en la parte superior del fotolito, cosa que en la mayoría de los casos representará un problema, debido a las **sombras** producidas.

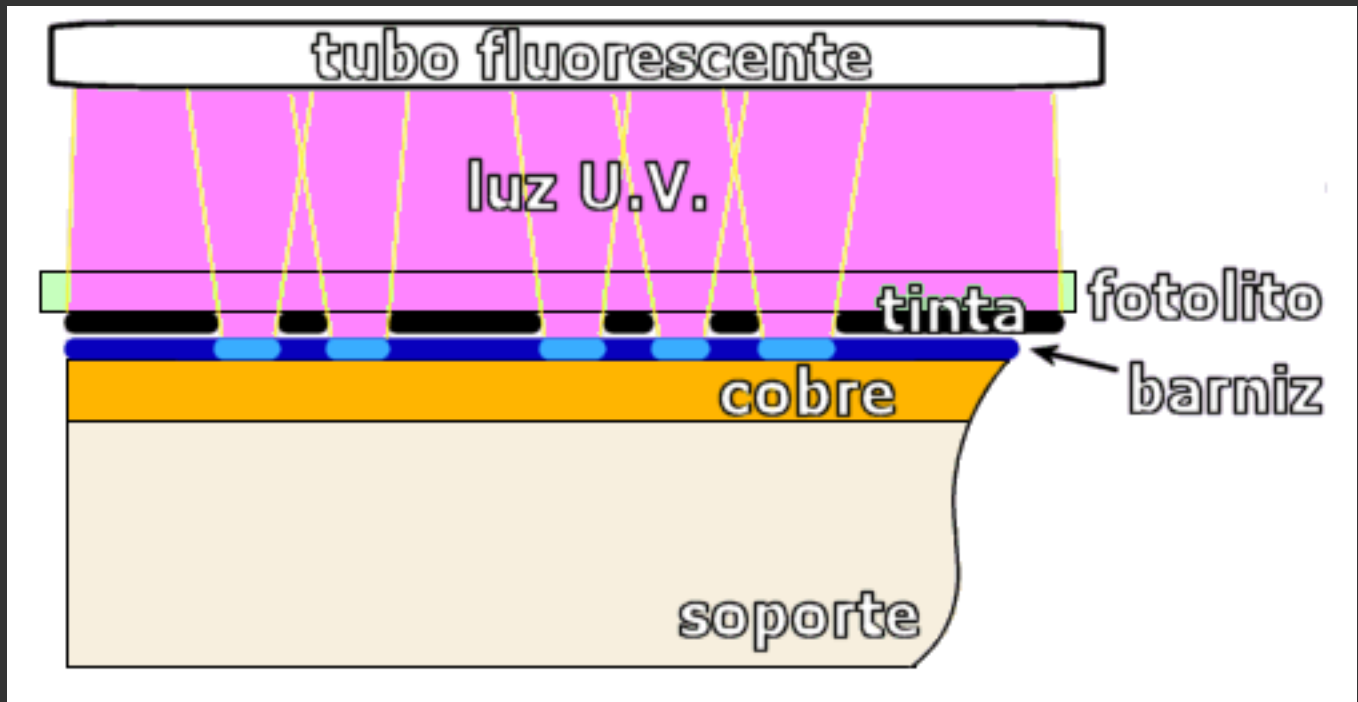


Por lo general la luz de la insoladora no incidirá sobre la placa en una sola dirección (a no ser que usemos la luz del sol), sino que provendrá de varias direcciones, ya que los tubos fluorescentes tienen una cierta superficie luminosa. Además, si tenemos colocado un espejo debajo de los tubos en la insoladora, la luz provendrá aún de más direcciones.

Esta **luz difusa** y el **grosor del papel** provocan que la radiación luminosa llegue al barniz fotosensible como se muestra en el dibujo. Como vemos, el área donde incide la luz (azul claro) es algo diferente al área especificada en el fotolito, lo que puede llegar a provocar que algunas pistas finas se hagan **más finas** aún o incluso lleguen a **desaparecer**.



La solución a esto consiste en imprimir el fotolito de tal forma que la tinta quede siempre en contacto con el barniz fotosensible. En caso de que sea necesario, esto se puede conseguir imprimiendo el "**espejo**" del diseño de pistas. El software de diseño de circuitos impresos casi siempre ofrece esta posibilidad.



Como vemos ahora, las zonas donde incide la luz (azul claro) son **prácticamente similares** a las originales, lo que producirá una placa de gran fidelidad.

Asímismo deberemos cuidar que el fotolito quede **totalmente en contacto** con la placa y que no tenga arrugas, ya que cualquier separación entre la tinta y el barniz fotosensible provocará que las pistas disminuyan su grosor y además queden mal definidas (borrosas).

Transferencia mediante fotolito, con placa fotosensible - Part 2, el revelado

Tenemos la placa insolada y guardada en un lugar totalmente oscuro.

Vamos a preparar el proceso del revelado, que consiste básicamente en eliminar parte del barniz protector fotosensible que tiene la placa. De esta forma, donde deba haber pistas el barniz quedará intacto, mientras que desaparecerá el barniz del resto de la placa, permitiendo que en los pasos posteriores el ácido elimine el cobre.

El resultado después del revelado es similar al obtenido después de dibujar las pistas con rotulador sobre la placa, como hemos visto anteriormente.