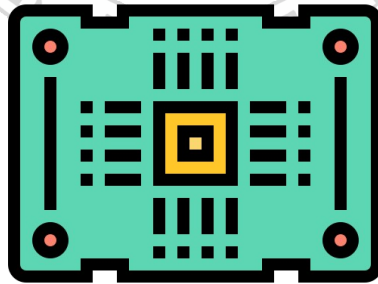


Introducción a la Printed Circuit Board



Sistemas empuotrados distribuidos

Universidad complutense de Madrid

Antonio Vázquez Pérez

Índice

INTRODUCCIÓN.....	4
Historia.....	5
TIPOS.....	8
PCB de una capa.....	8
PCB multicapa.....	8
PCB flexible.....	9
DISEÑO.....	10
Circuito electrónico.....	10
Trazado de pistas - capas.....	12
Cobre.....	12
Serigrafía.....	12
Corte de bordes.....	12
Máscara de soldadura.....	12
Taladros.....	13
Trazado de pistas - enrutado.....	13
FABRICACIÓN.....	16
Impresión de elementos necesarios.....	16
Transferencia a la placa.....	18
Opción comercial.....	23
CONCLUSIONES.....	24

INTRODUCCIÓN

La tecnología que permite que podamos disponer de dispositivos de reducidas dimensiones y una alta fiabilidad es la de la placa de circuitos impresos.

Una placa de circuito impreso (PCB), se encarga de soportar mecánicamente y conectar eléctricamente componentes mediante pistas conductoras, almohadillas, y otros elementos grabados en láminas de cobre las cuales se encuentran adheridas a un elemento no conductor.

Se trata de algo muy conveniente cuando se desea plasmar un diseño de un circuito final sobre una placa de reducidas dimensiones, también tiene la posibilidad de albergar múltiples capas sobre las que trazar circuitos. Su versatilidad y distintos tipos ha hecho de ellas hoy en día la solución estrella para dispositivos con salida profesional.

Comenzaremos observando cómo se originaron.

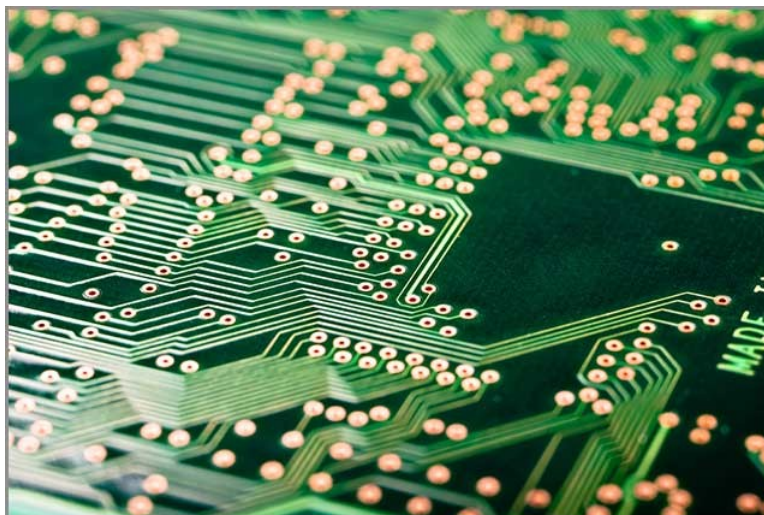


Figura 1: Imagen detalle de una PCB.

Historia

Antes de que los circuitos impresos se convirtieran en el componente más utilizado en la electrónica, se utilizaba la construcción punto a punto. Esto resultó en algunos diseños extremadamente voluminosos y poco confiables que requerían enchufes grandes y un reemplazo regular. La mayoría de estos problemas se abordaron directamente cuando las PCB entraron en producción regular.

Para prototipos o pequeñas series de producción, utilizar la técnica de *wire wrapping* o *placas perforadas* puede ser más eficiente.

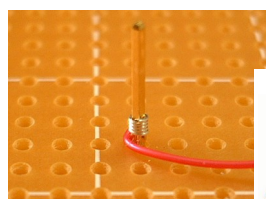


Figura 2: Técnica del wire wrapping

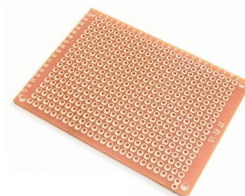


Figura 3: Placa perforada

El ingeniero austriaco *Paul Eisler* inventó el circuito impreso como parte de un aparato de radio mientras trabajaba en Inglaterra alrededor del año 1936. Sobre el 1943, Estados Unidos comenzó a utilizar la tecnología a gran escala para fabricar *espoletas de proximidad*(explosivos) para su uso en la Segunda Guerra Mundial. Después de la guerra, en 1948, Estados Unidos lanzó la invención para uso comercial.

Los circuitos impresos no se convirtieron en algo común en la electrónica de consumo hasta mediados de la década de 1950, después de que el Ejército de los Estados Unidos desarrollara el proceso de autoensamblaje. Aproximadamente al mismo tiempo, en Gran Bretaña, Geoffrey Dummer, entonces en el RRDE, llevó a cabo un trabajo similar.

Originalmente, cada componente electrónico tenía pines conductores y la PCB tenía agujeros perforados para cada pin del componente. A continuación, se pasaban los pines de los componentes a través de los orificios y se soldaban a la capa de cobre de la PCB. Este método de ensamblaje se denomina construcción de orificio pasante o *through hole*.

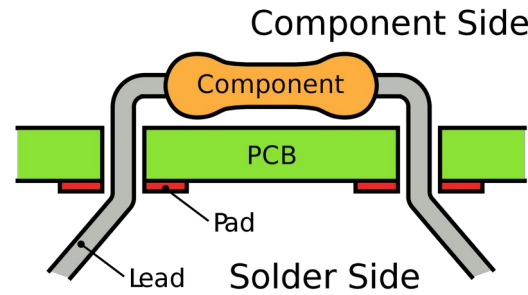


Figura 4: Ejemplo de un montaje through hole

En 1949, Moe Abramson y Stanislaus F. Danko, del Cuerpo de Señales del Ejército de los Estados Unidos, desarrollaron el proceso de autoensamblaje en el que los cables de los componentes se insertaban en un circuito de interconexión de lámina de cobre y se soldaba por inmersión. La patente que obtuvieron en 1956 fue asignada al Ejército de Estados Unidos.

Con el desarrollo de técnicas de laminado y grabado de placas, este concepto evolucionó hasta convertirse en el proceso de fabricación de placas de circuito impreso estándar que se utiliza en la actualidad. La soldadura puede hacerse automáticamente pasando la placa sobre una superficie ondulatoria de estaño fundido en una máquina de soldadura por ola (wave soldering).

Sin embargo, tener alambres sobrantes y necesitar hacer orificios son un desperdicio ya que perforar orificios es caro y los alambres que sobresalen simplemente se cortan.

Por eso, desde la década de 1980, se han utilizado cada vez más los componentes de montaje superficial en lugar de componentes through hole. Esto ha llevado a placas más pequeñas que para una funcionalidad dada permite menores costos de producción, pero con algunas dificultades adicionales a la hora de reparar una placa defectuosa.

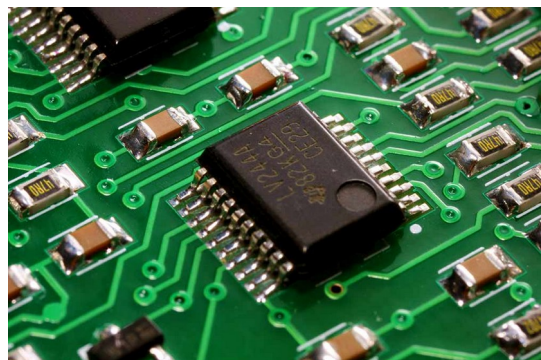


Figura 5: Ejemplo de montaje superficial.

TIPOS

Como ya hemos podido observar, esta tecnología es muy conveniente y altamente utilizada actualmente. A continuación, vamos a ver qué principales tipos de PCB existen y cada una de sus ventajas a la hora de aplicarla a un uso específico.

PCB de una capa

Estas son las más sencillas de fabricar, ya que únicamente se tiene que diseñar y grabar una sola capa.

Su material aislante suele ser baquelita, fibra de vidrio o teflón y dispone de una cara chapada en cobre.



Figura 6: PCB de una sola cara.

PCB multicapa

Posee una serie de capas intercaladas de aislante y lámina conductora. Este tipo de placa ayuda a conseguir circuitos más reducidos y sobrelleva mejor el problema de que no se puedan superponer pistas. Tiene la posibilidad de realizar interconexiones verticales entre conductores con las denominadas *vías*.

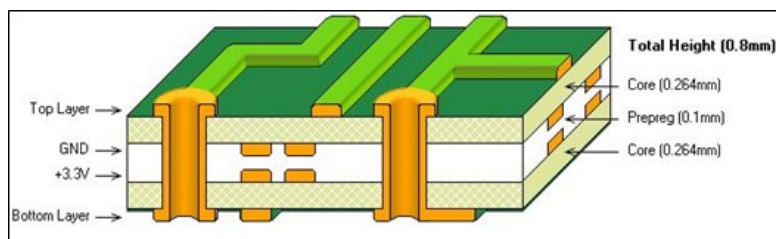


Figura 7: Ejemplo ilustrativo de PCB multicapa.

PCB flexible

Este tipo permite hacer diseños con placas curvadas o que vayan a tener que sufrir cierta deformación. Se encuentra fabricada con una gran variedad de materiales flexibles a elección dependiendo del tipo de flexibilidad deseada.

Su uso más extendido es para hacer los llamados “flex”, unas cintas flexibles que interconectan distintas placas rígidas.

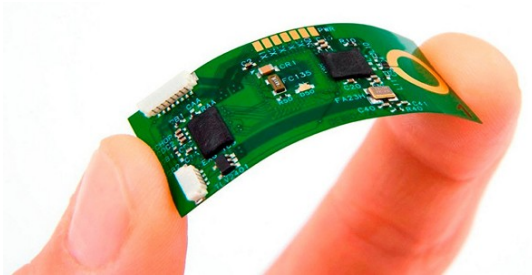


Figura 9: Placa semirígida

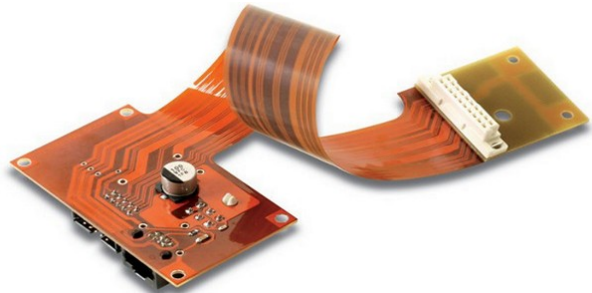


Figura 8: Placa híbrida con un “flex”

DISEÑO

Para poder transferir nuestro circuito a una PCB, se utiliza un software CAD que nos va a servir para generar los archivos necesarios para luego proceder a su fabricación. En esta guía se va a proceder a utilizar el programa KiCad, el cual gratis y de software libre.

Circuito electrónico

Para comenzar, se va a tener que elaborar el diseño del circuito que se desea implementar, para ello se utilizará la interfaz y componentes disponibles en el programa para definir las especificaciones del sistema. Se utilizará simbología y componentes propios del mundo de la electrónica.

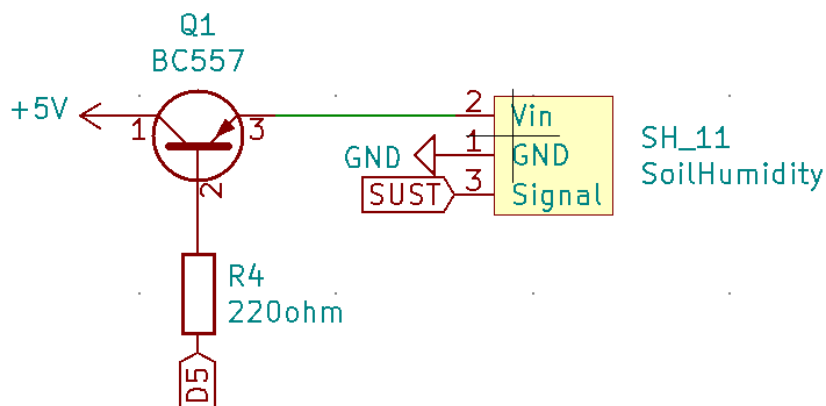
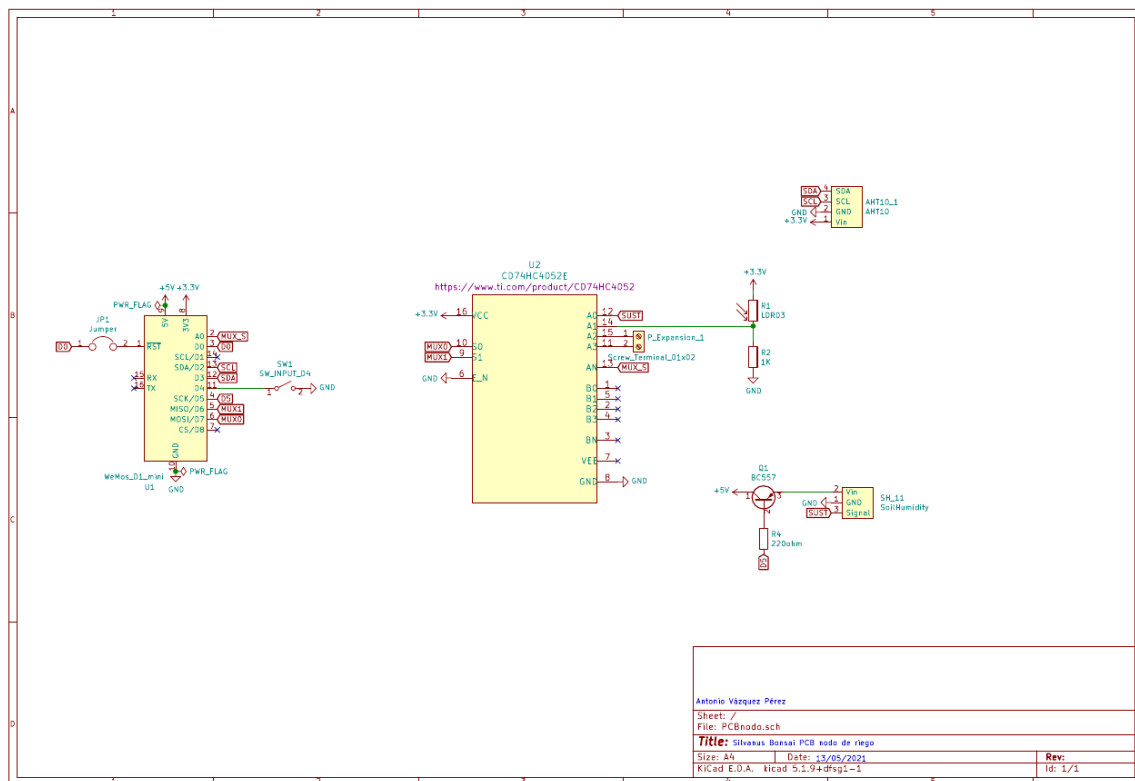


Figura 10: Captura de circuito en KiCad

Para simplificar el diseño y facilitar su visualización se emplearán etiquetas, las cuales deberán tener un texto identificativo; las etiquetas con el mismo nombre resultarán en circuitos interconectados.

En la imagen superior se pueden identificar las etiquetas D5 y SUST.

Una vez definido todo el circuito deberá quedarnos una ficha como la siguiente:



La ficha se podrá validar en el analizador de errores del programa, él mismo se encargará de indicarte posibles errores.

Cada componente electrónico deberá ir asociado a una huella o *footprint*, que será un diagrama que representa cómo es físicamente el componente y la disposición de sus pines.

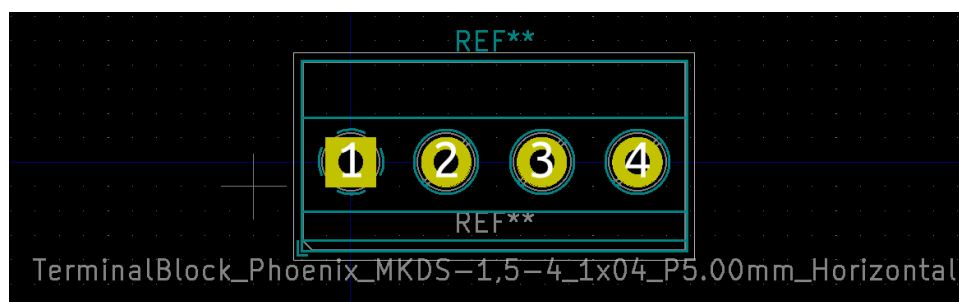


Figura 11: Huella de un bloque de terminales

Una vez validado, se deberá generar un fichero llamado netlist, que poseerá información de todos los componentes del circuito y como se interconectan entre ellos.

Trazado de pistas - capas

En este mundo del software para placas de circuito impreso debemos conocer principalmente que vamos a construir elementos llamados capas, cada una sirve a un propósito, y una vez unidas de la forma adecuada resultarán en el producto que deseamos.

Vamos a detallar los principales tipos de capas y qué se incluye en ellas. En el software que vamos a utilizar, cada capa tendrá un color.

Cobre

Probablemente el tipo de capa más importante de todas, contiene la información sobre cómo van a ir dispuestas las pistas y como se interconectarán todos los componentes. Tendremos una capa de este tipo por cada capa física de cobre que tenga la placa.

Serigrafía

Son los textos o rotulados que tiene la placa sobre las superficies visibles de la misma. Servirán de ayuda a la hora de montar los componentes sobre ella o para aclarar ciertos aspectos importantes para su uso posterior.

Se pueden incluir también logos o cualquier tipo de imagen.

Corte de bordes

Se utiliza para definir las dimensiones de la placa, las máquinas de elaboración de PCB lo usan para recortarlas o repasar los bordes.

Máscara de soldadura

Se utiliza para el esmaltado (cobertura de color o acabado final), que protegerá al cobre de la placa de la corrosión, golpes o rozaduras. Esta capa se genera automáticamente, y sirve para establecer que partes de la placa no queremos que sean esmaltadas.

Taladros

Indica dónde hace falta taladrar y que diámetro utilizar. Se genera automáticamente.

Trazado de pistas - enrutado

Teniendo el netlist, se importará al editor de pistas o *layout editor*.

En el editor, al importarlo aparecerán todas las huellas colocadas de forma predeterminada por el programa, dispuestas todas juntas. También será importante definir las dimensiones físicas de la placa sobre la que queremos diseñar.

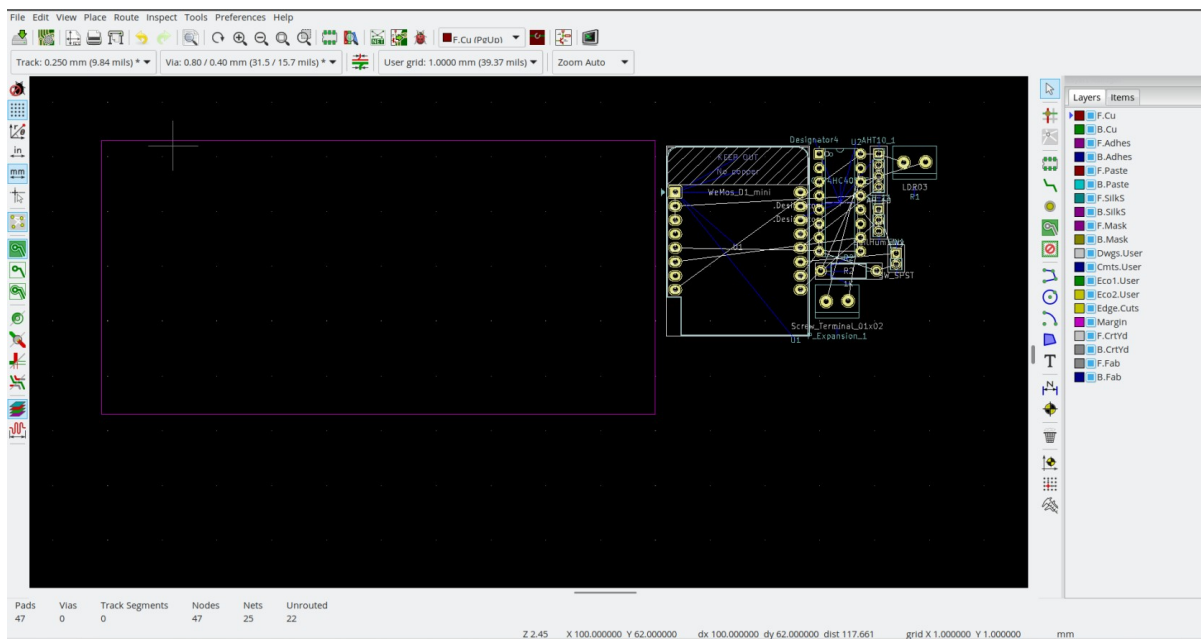


Figura 12: Captura del software con las huellas colocadas inicialmente.

El siguiente paso será colocarlos en su respectivo lugar, para hacerlo podemos ayudarnos de las líneas rectas blancas que unen los terminales que han de ser conectados en un futuro, por lo que interesa que se encuentren esos componentes lo más cerca y que se crucen lo más mínimo posible.

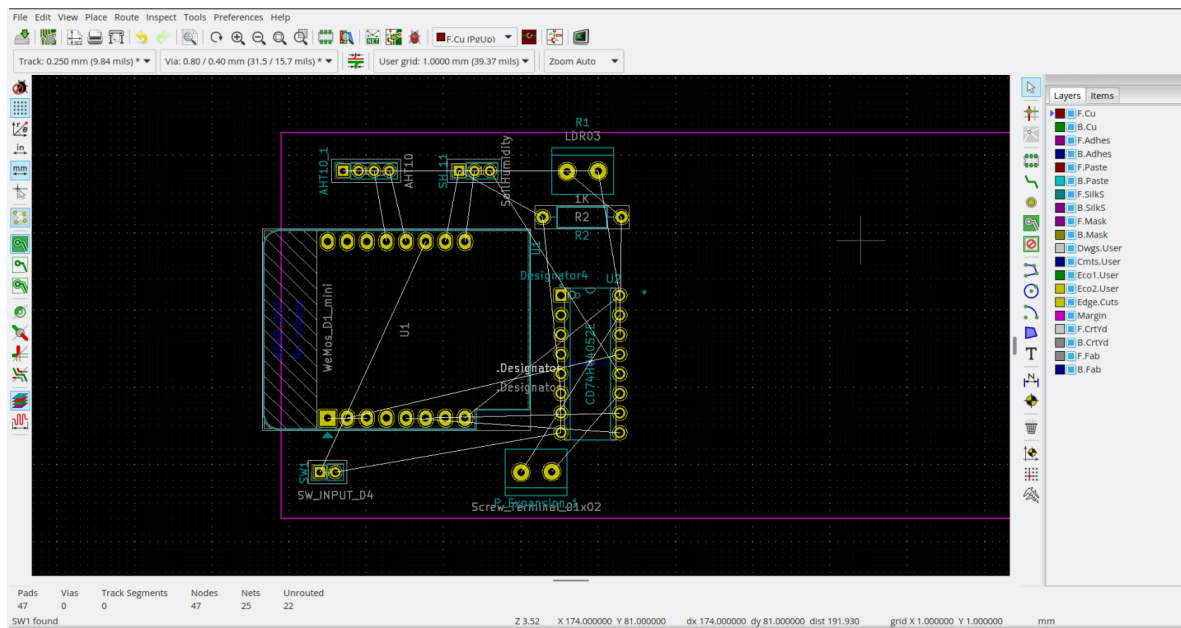


Figura 13: Captura del software con las huellas colocadas

Colocadas las huellas se trazan todas las pistas haciendo uso de la herramienta de trazado. Esta herramienta nos ayuda a la hora de encontrar el camino hacia un pin procurando encontrar el más corto. Se deberá definir el ancho de la pista.

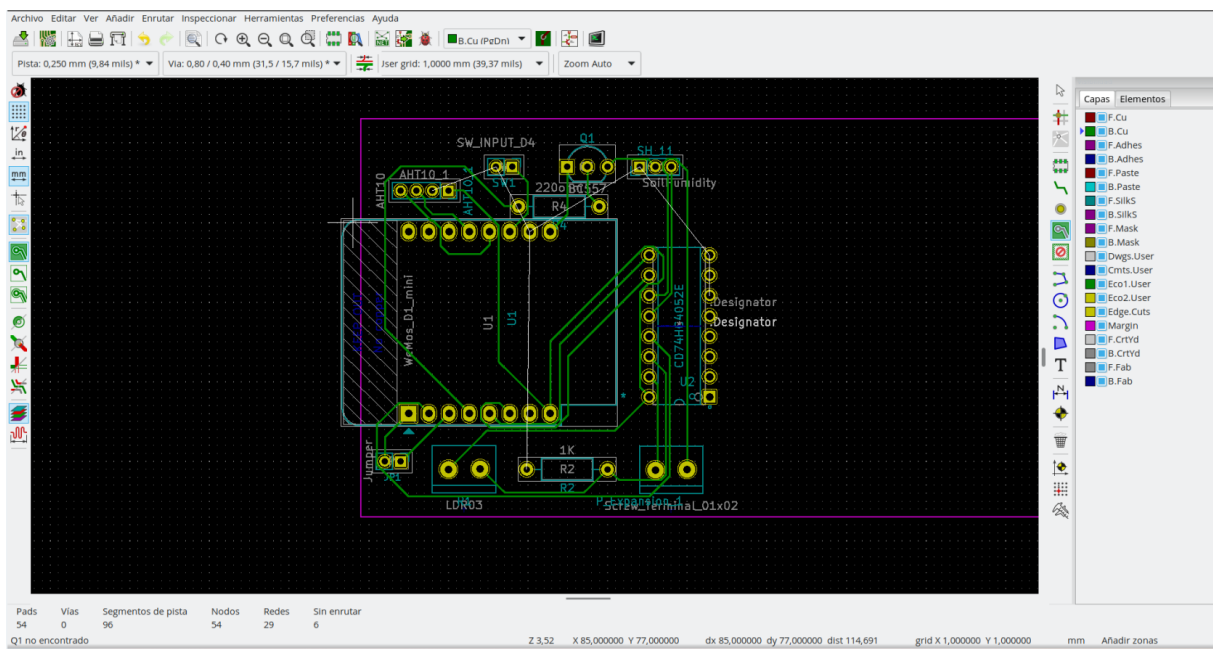


Figura 14: Captura del software con las pistas trazadas.

Como se puede observar, hay terminales que faltan por conectar, estos son los que van a GND, se conectarán utilizando toda la zona sobrante de cobre, es una forma de aprovechar que toda la placa tiene cobre y que es más rentable dejar que quitar.

El programa nos deja rellenar zonas con cobre y asignarlo a una etiqueta en concreto, en nuestro caso hemos seleccionado la etiqueta GND y hemos rellenado la mitad de la placa que tenemos disponible.

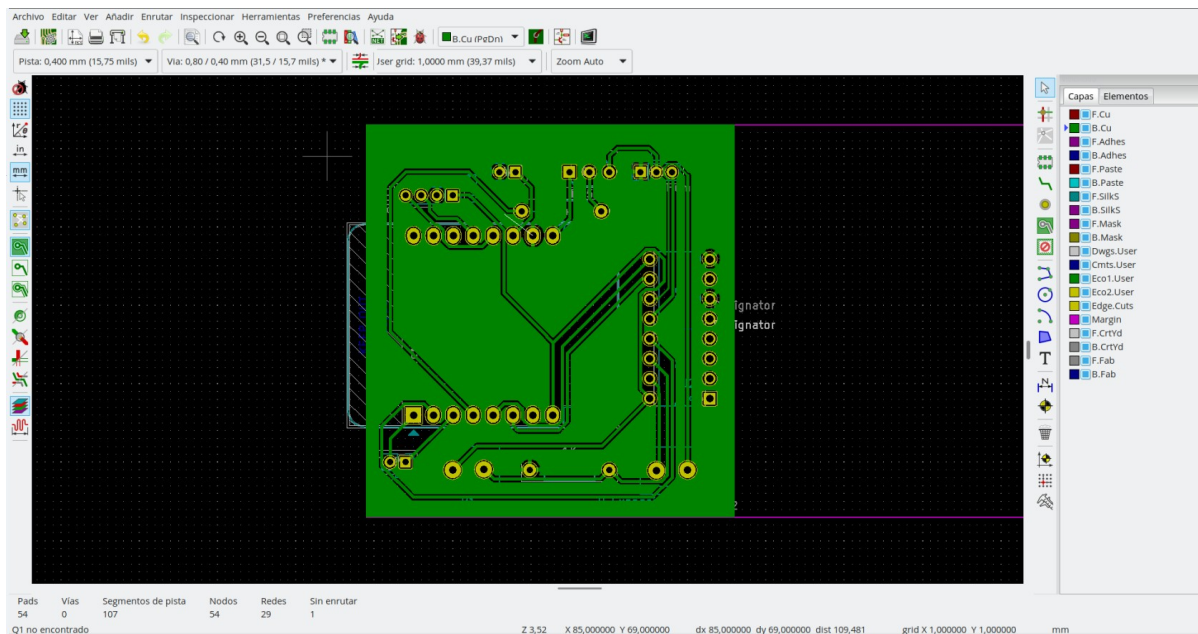


Figura 15: Captura del software con zona GND rellena.

Ahora ya podemos concluir esta parte de fabricación de la placa, ya solamente quedaría generar los archivos para construirla.

FABRICACIÓN

De forma profesional, las PCB se fabrican con una máquina automática que realiza un fresado de la placa y también le perfora los agujeros. Estas máquinas son bastante fiables, aun así, posteriormente también se suelen agregar etapas de verificación de las PCB para comprobar que todas las pistas han salido grabadas correctamente.



En nuestro caso, la vamos a fabricar de forma casera utilizando ácido para atacar las zonas de cobre que no nos interesan. Este método es más lento y produce resultados un poco menos profesionales, pero es la mejor forma de hacerse uno mismo placas sencillas.

Impresión de elementos necesarios

Para poder comenzar a grabar la placa necesitaremos los archivos generados a partir del anterior trabajo de diseño de la placa. Para esto, debemos sacar la máscara de la capa de cobre, el serigrafiado y la máscara para el esmalte protector. Al momento de generarlos deberemos marcar la casilla para invertirlos, esto lo explicaremos más adelante.

En el software, haciendo uso de la función “trazar” podemos sacar los archivos en formato PDF, estos archivos tienen una escala 1:1.

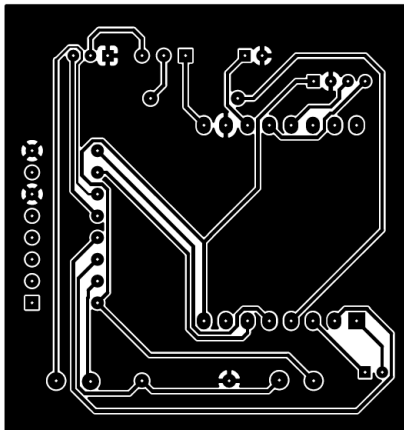


Figura 17: Máscara invertida de la capa de cobre

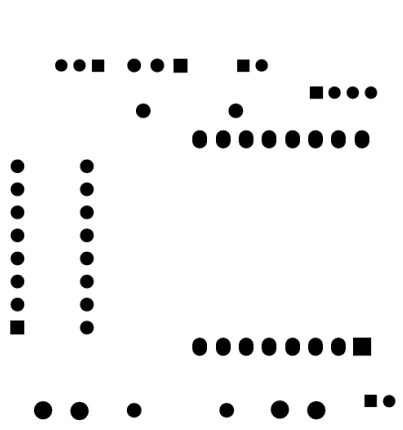


Figura 18: Máscara invertida del esmalte

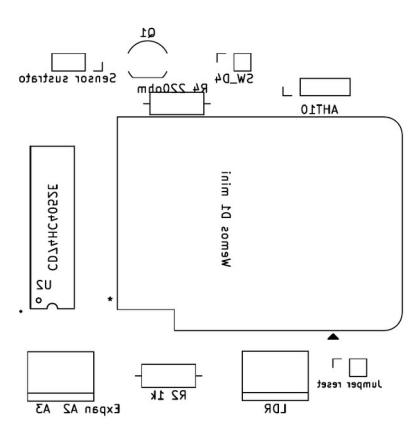


Figura 16: Máscara invertida de la serigrafía

Los archivos de la capa de cobre y serigrafía los imprimiremos en un papel especial que se llama *papel transfer* o *papel tóner transfer*, como su nombre indica se deberán imprimir con una impresora de tóner.



Figura 19: Papel transfer

Y el de esmalte imprimirlo en papel de acetato (se asemeja a un plástico transparente formato A4).

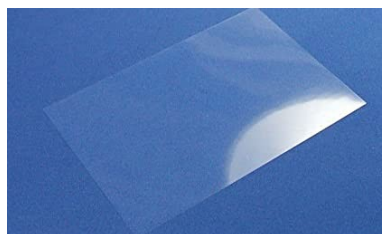


Figura 20: Papel acetato

Transferencia a la placa

Una vez tenemos impresos nuestros 3 folios tenemos que transferirlos a la placa para comenzar con el proceso.

Las imágenes debían estar invertidas ya que en el proceso de transferirlas serán invertidas, haberlas invertido dos veces la dejará como debería estar.

Comenzamos por la máscara de cobre, el *papel transfer* realiza la transferencia de la tinta tóner al aplicarle calor, lo que nos interesa es transferirla a la capa de cobre de la placa. Para ello ponemos la tinta del folio en contacto con la capa de cobre en la posición correcta y aplicamos calor con una plancha.



Figura 21: Papel sobre la placa



Figura 22: Planchado del folio con la placa debajo

Este es el resultado de haber transferido la tinta:



Las zonas que deberían estar protegidas se pueden corregir con un rotulador permanente y las zonas que no queremos que se encuentren unidas las podemos borrar con una cuchilla afilada.

Tras esto, la placa se recorta y se introduce en una solución de ácido. Esta solución se puede preparar con:

- 1 parte de ácido clorhídrico.
- 1 parte de agua oxigenada.
- 1,5 partes de agua.

El ácido clorhídrico ya se debería encontrar disuelto al 20% en agua, se puede encontrar en las tiendas por el nombre de *Salfumant*.



Figura 23: Placa introducida en el ácido.

Debido a la mala calidad de la impresión, en el caso del ejemplo, se produjo que algunas pistas se encontraran conectadas a zonas indeseadas o se encontraran cortadas. Con un bisturí se pueden separar y con estaño unir las que se encontraran fracturadas o incompletas.

Este es el resultado tras el arreglo:



Figura 24: Placa resultante reparada.



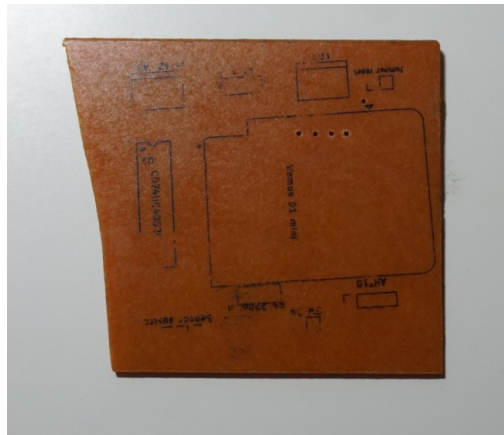
Figura 25: Plano detalle de las pistas

En nuestro caso, se cometió un error de diseño en el que ciertos pines no tenían la distancia correcta. Este se podría subsanar cambiando las huellas en el diseño.

Otro inconveniente que pude encontrar es que el ancho de las pistas era muy pequeño, y el espacio en blanco que las separa muy estrecho. Estos dos factores pueden ocasionar problemas en el caso que la calidad de la impresión no sea muy buena o que no se transfiera bien. Por ello recomiendo hacer las pistas de al menos 0.6mm y espaciados de más de 0.5mm. De esta forma podrían haberse ahorrado ciertos arreglos.

Cuando se hace de forma casera, la precisión puede no ser la mejor y se pueden requerir varios intentos hasta obtener una placa correcta, por ello también aumentar los márgenes también ahorrará intentos.

El siguiente paso sería realizar la misma tarea sobre la otra cara con la serigrafía. Nosotros, aún sin valer la placa, lo hemos hecho a modo demostrativo, pero también se aprecian fallos en la impresión.



Por último, el paso del esmaltado, los esmaltes se venden en una gran variedad de colores, y estos son fotosensibles, lo que quiere decir que curan (solidifican) con luz ultravioleta. Por eso, las partes que no se quieran esmaltar se cubren para que no queden fijadas a la placa, esta cobertura es la máscara de esmalte que hemos imprimido en el papel transparente.

Para poder continuar viendo el proceso nos vamos a dirigir a una página en la que también lo realizan:

<https://hacedores.com/haz-pcbs-con-mascara-antisoldante-con-fritzing/>

Aquí tienen la máscara del esmalte sobre la placa:

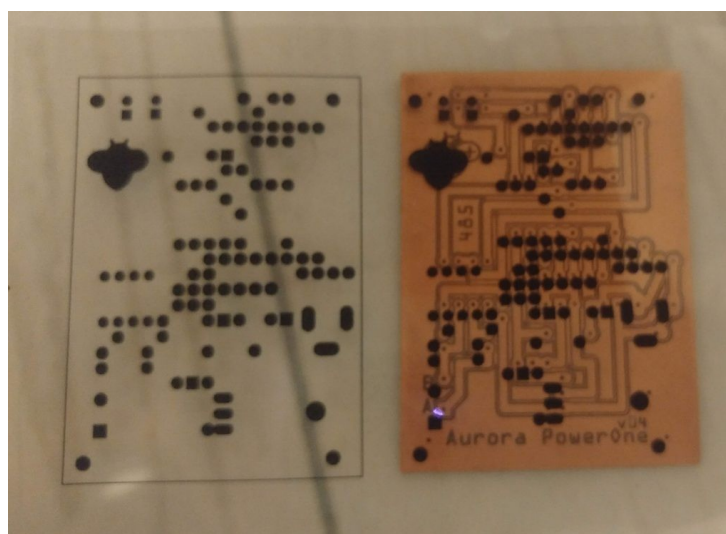


Figura 26: Máscara de esmalte

Continúa aplicando el líquido de esmalte, cubriendo con acetato y esparciéndolo homogéneamente con una tarjeta de crédito.



Figura 28: Esparciendo con tarjeta

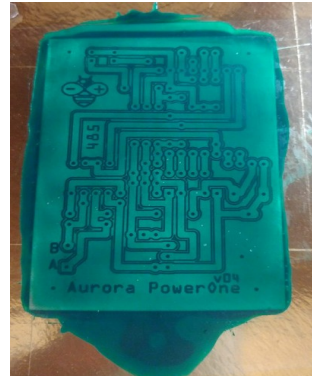


Figura 27: Esmalte esparcido

Con esto, colocamos la máscara e irradiamos con ultravioleta:

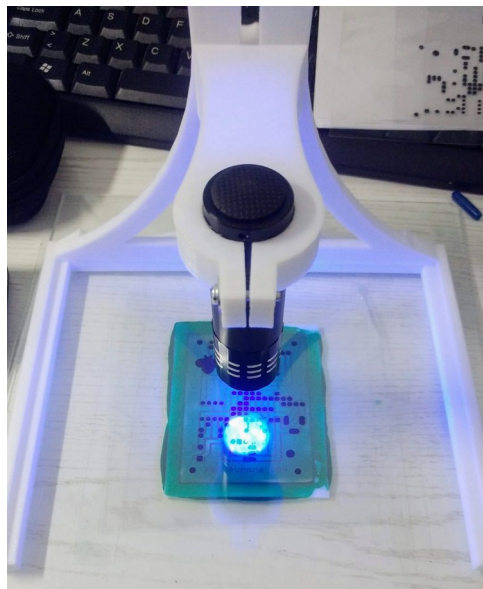


Figura 29: Curando la placa con UV

En esta última imagen podemos apreciar el resultado, las partes cubiertas no curan y se pueden retirar fácilmente:

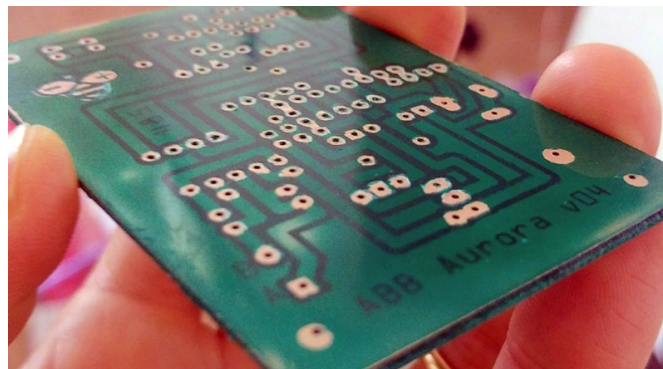


Figura 30: Esmalte protector aplicado.

Opción comercial

Estos diseños que hemos fabricado también se pueden encargar a empresas que se dedican a la fabricación de PCB. Se pueden encontrar una gran variedad que trabajan de ello online con precios muy competitivos y baratos, la gran mayoría de ellos empresas chinas.

Para encargarlas suelen tener un apartado muy amplio a la hora de elegir las características que se desean.

Finalmente, te pedirán como requisito que subas una serie de archivos, estos son los ficheros .gbr, también denominados gerber.

En el programa KiCad, en la opción de “trazar”, te permite la opción de exportar las capas a .gbr.

Como mínimo para poder encargar la placa necesitarás una capa de cobre, otra de corte de bordes y otra de taladros; se generará un gerber por capa.

Una vez subidos continuas con el pedido y en unas semanas tendrás la placa en tu casa.

CONCLUSIONES

Fabricarse uno mismo sus propias placas es un buen método cuando deseas hacer un diseño para tu propio uso o a muy baja escala, sin embargo, no es una buena solución cuando se busca algo más profesional, ya que crear PCBs con más capas o alta precisión puede ser una tarea altamente difícil de hacer a mano.

Como experiencia personal, puedo decir que a la hora de fabricarlas a mano conviene dejar buenos márgenes y espaciados para que el diseño sea mas resiliente a fallos.

En cuanto a técnicas, por internet se pueden encontrar muchas variantes, aunque todas siguen mas o menos la misma línea que hemos seguido en esta guía.

Índice de figuras

Figura 1: Imagen detalle de una PCB.....	3
Figura 2: Técnica del wire wrapping.....	4
Figura 3: Placa perforada.....	4
Figura 4: Ejemplo de un montaje through hole.....	5
Figura 5: Ejemplo de montaje superficial.....	5
Figura 6: PCB de una sola cara.....	6
Figura 7: Ejemplo ilustrativo de PCB multicapa.....	6
Figura 8: Placa híbrida con un “flex”	7
Figura 9: Placa semirígida.....	7
Figura 10: Captura de circuito en KiCad.....	8
Figura 11: Huella de un bloque de terminales.....	9
Figura 12: Captura del software con las huellas colocadas inicialmente.....	11
Figura 13: Captura del software con las huellas colocadas.....	12
Figura 14: Captura del software con las pistas trazadas.....	12
Figura 15: Captura del software con zona GND rellena.....	13
Figura 16: Máscara invertida de la serigrafía.....	15
Figura 17: Máscara invertida de la capa de cobre.....	15
Figura 18: Máscara invertida del esmalte.....	15
Figura 19: Papel transfer.....	15
Figura 20: Papel acetato.....	15
Figura 21: Papel sobre la placa.....	16
Figura 22: Planchado del folio con la placa debajo.....	16
Figura 23: Placa introducida en el ácido.....	17
Figura 24: Placa resultante reparada.....	18
Figura 25: Plano detalle de las pistas.....	18
Figura 26: Máscara de esmalte.....	19
Figura 27: Esmalte esparcido.....	20
Figura 28: Esparciendo con tarjeta.....	20
Figura 29: Curando la placa con UV.....	20
Figura 30: Esmalte protector aplicado.....	20