

GRUPO DE MICROROBÓTICA

FABRICACIÓN DE CIRCUITOS

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE SEVILLA

AUTOR: MANUEL PESO GONZÁLEZ

INTRODUCCIÓN TEÓRICA

Dado que la fabricación de circuitos impresos que se realizará con los medios disponibles en el laboratorio es del tipo through-hole, a continuación se comentan los distintos procedimientos mas comunes en sus distintas fases para la fabricación de circuitos impresos.

1. Patrones.

Hay varios métodos típicos para la producción de circuitos impresos:

- (a) La impresión serigráfica utiliza tintas resistentes al grabado para proteger la capa de cobre. Los grabados posteriores remueven el cobre no deseado. Alternativamente, la tinta puede ser conductiva, y se imprime en una tarjeta virgen no conductiva. Esta última técnica también se utiliza en la fabricación de circuitos híbridos.
- (b) El fotograbado utiliza una fotomecánica y grabado químico para eliminar la capa de cobre del sustrato. La fotomecánica usualmete se prepara con un fotoplotter, a partir de los datos producidos por un programa para el diseño de circuitos impresos. Algunas veces se utilizan transparencias impresas en una impresora Láser como fotoherramientas de baja resolución.
- (c) El fresado de circuitos impresos utiliza una fresa mecánica de 2 o 3 ejes para quitar el cobre del sustrato. Una fresa para circuitos impresos funciona en forma similar a un plotter, recibiendo comandos desde un programa que controla el cabezal de la fresa los ejes x, y y z. Los datos para controlar la máquina son generados por el programa de diseño, y son almacenados en un archivo en formato HPGL o Gerber.
- (d) La impresión en material termosensible para transferir a través de calor a la placa de cobre. En algunos sitios comentan de uso de papel glossy (fotográfico), y en otros de uso de papel con cera como los papeles en los que vienen los autoadhesivos.

Tanto el recubrimiento con tinta, como el fotograbado requieren de un proceso de atacado químico, en el cual el cobre excedente es eliminado, quedando únicamente el patrón deseado.

2. Atacado.

El atacado de la placa virgen se puede realizar de diferentes maneras. La mayoría de los procesos utilizan ácidos o corrosivos para eliminar el cobre excedente. Existen métodos de galvanoplastia que funcionan de manera rápida, pero con el inconveniente de que es necesario atacar al ácido la placa después del galvanizado, ya que no se elimina todo el cobre. Los químicos más utilizados son el cloruro Ferrico, el sulfuro de amonio, el ácido clorhídrico mezclado con agua y peróxido de hidrógeno. Existen formulaciones de ataque de tipo alcalino y de tipo ácido. Según el tipo de circuito a fabricar, se considera más conveniente un tipo de formulación u otro. Para la fabricación industrial de circuitos impresos es conveniente utilizar máquinas con transporte de rodillos y cámaras de aspersión de los líquidos de ataque, que cuentan con control de temperatura, de presión y de velocidad de transporte. También es necesario que cuenten con extracción y lavado de gases.

3. Perforado.

Las perforaciones, o *vías*, del circuito impreso se taladran con pequeñas brocas hechas de carburo tungsteno. El perforado es realizado por maquinaria automatizada, controlada por una *cinta de perforaciones* o *archivo de perforaciones*. Estos archivos

generados por computador son también llamados *taladros controlados por computador* (NCD por sus siglas en inglés) o *archivos Excellon*. El archivo de perforaciones describe la posición y tamaño de cada perforación taladrada. Cuando se requieren vías muy pequeñas, taladrar con brocas es costoso, debido a la alta tasa de uso y fragilidad de éstas. En estos casos, las vías pueden ser evaporadas por un láser. Las vías perforadas de esta forma usualmente tienen una terminación de menor calidad al interior del orificio. Estas perforaciones se llaman *micro vías*. También es posible, a través de taladrado con control de profundidad, perforado láser, o pre-taladrando las láminas individuales antes de la laminación, producir perforaciones que conectan sólo algunas de las capas de cobre, en vez de atravesar la tarjeta completa. Estas perforaciones se llaman *vías ciegas* cuando conectan una capa interna con una de las capas exteriores, o *vías enterradas* cuando conectan dos capas internas. Las paredes de los orificios, para tarjetas con dos o más capas, son metalizadas con cobre para formar, *orificios metalizados*, que conectan eléctricamente las capas conductoras del circuito impreso.

4. Estañado y máscara antisoldante.

Los *pads* y superficies en las cuales se montarán los componentes, usualmente se metalizan, ya que el cobre al desnudo no es soldable fácilmente. Tradicionalmente, todo el cobre expuesto era metalizado con soldadura. Esta soldadura solía ser una aleación de plomo-estaño, sin embargo, se están utilizando nuevos compuestos para cumplir con la directiva RoHS de la UE, la cual restringe el uso de plomo. Los conectores de borde, que se hacen en los lados de las tarjetas, a menudo se metalizan con oro. El metalizado con oro a veces se hace en la tarjeta completa. Las áreas que no deben ser soldadas pueden ser recubiertas con un polímero *resistente a la soldadura*, el cual evita cortocircuitos entre las patas cercanas de un componente.

5. Serigrafía.

Los dibujos y texto se pueden imprimir en las superficies exteriores de un circuito impreso a través de la serigrafía. Cuando el espacio lo permite, el texto de la serigrafía puede indicar los nombres de los componentes, la configuración de los interruptores, puntos de prueba, y otras características útiles en el ensamblaje, prueba y servicio de la tarjeta. También puede imprimirse a través de tecnología de impresión digital por chorro de tinta (inkjet/Printar) y volcar información variable sobre el circuito (serialización, códigos de barra, información de trazabilidad).

6. Montaje.

Con la tecnología de montaje superficial, los componentes se sueldan a los *pads* en las capas exteriores de las tarjetas. A menudo esta tecnología se combina con componentes *through hole*, debido a que algunos componentes están disponibles sólo en un formato.

7. Pruebas y verificación.

Las tarjetas sin componentes pueden ser sometidas a *pruebas al desnudo*, donde se verifica cada conexión definida en el *netlist* en la tarjeta finalizada. Para facilitar las

pruebas en producciones de volúmenes grandes, se usa una *Cama de clavos* para hacer contacto con las áreas de cobre u orificios en uno o ambos lados de la tarjeta. Un computador le indica a la unidad de pruebas eléctricas, que envíe una pequeña corriente eléctrica a través de cada contacto de la *cama de clavos*, y que verifique que esta corriente se reciba en el otro extremo del contacto. Para volúmenes medianos o pequeños, se utilizan unidades de prueba con un cabezal volante que hace contacto con las pistas de cobre y los orificios para verificar la conectividad de la placa verificada.

8. Protección.

Los circuitos impresos que se utilizan en ambientes extremos, usualmente tienen un recubrimiento, el cual se aplica sumergiendo la tarjeta o a través de un aerosol, después de que los componentes han sido soldados. El recubrimiento previene la corrosión y las corrientes de fuga o cortocircuitos producto de la condensación. Los primeros recubrimientos utilizados eran ceras. Los recubrimientos modernos están constituidos por soluciones de goma silicosa, poliuretano, acrílico o resina epóxica. Algunos son plásticos aplicados en una cámara al vacío.

CONSTRUCCIÓN DE NUESTRO PCB

La fabricación de circuitos impresos que realizaremos en el laboratorio, pasará por un primer proceso de taladrado de la placa y a continuación un proceso de ataque químico y limpieza de la placa.

Se fabricará una placa de la cual tengamos ya su fotolito y de la que tendremos que tener en cuenta varias cosas:

- El diseño de la placa será a simple cara, por lo que deberemos utilizar placas de simple cara vírgenes (fotosensibles positivas) para su construcción del tamaño requerido.
- Deberemos obtener el fotolito del diseño, impreso con una impresora de inyección en papel de acetato (transparencia de impresión).
- Deberemos obtener el archivo de taladrado (archivo.drl) con el formato descrito en el tutorial de KICAD y cambiaremos la extensión a .ncd, si el taladrado se realiza de forma automática por una máquina CNC. En el laboratorio en el trabajamos disponemos de este tipo de maquinaria.

El primer paso será taladrar la placa, para ello, usaremos la máquina de taladrado disponible en el laboratorio y con tal fin, el software de control DRILLPRO. Seguiremos los siguientes pasos:

1. Encender la máquina y el PC de control.
2. Iniciar sesión como símbolo de sistema.
3. Entrar en el directorio CNC → C:\ CNC
4. Dentro del directorio anterior entre en DRILLPRO.exe → C:\ CNC >DRILLPRO

5. Con la opción **Load** cargará el archivo placabase.drl facilitándoselo al programa en un disquete.
6. Con la opción **Config** modificaremos el valor de **Coordinates** a 0.010 mm.
7. Introduzca la broca adecuada para su taladrado (normalmente 0,8 ó 1 mm).
8. Iniciará el taladrado con la opción **Start**. La placa a taladrar, debe estar colocada de forma que la cara fotosensible (azul) quede bocarriba.
9. Una vez terminado el taladrado cerrará el programa con la opción **Quit** y apagaremos el PC de control.

Si no disponemos de máquina de taladrado automático usaremos un minitaladro manual, el cual podremos adquirir en cualquier tienda de electrónica por muy módico precio. El proceso para el taladrado manual es el siguiente:

1. Marcar con la ayuda de un punzón los puntos exactos donde irá el agujero. Esto facilitará que cuando estemos taladrando, el agujero no se desvíe de la PAD y el taladrado quede más exacto.
2. Taladramos todos los agujeros marcados.

Una vez terminado el proceso de taladrado, procederemos al insolado y ataque químico. Seguiremos los siguientes pasos:

1. Retirar la película protectora y ajustar el fotolito sobre ella, asegurando el mismo con algún tipo de adhesivo.
2. Proceda a insolar la placa. Para ello coloque la placa en la máquina insoladora, entre el cristal inferior y el cristal intermedio.
3. Ajuste el selector de lámparas para usar las lámparas inferiores y superiores.
4. Encienda la insoladora situando el selector en posición **EIN**, a continuación espere a que la presión reflejada en el manómetro adquiera el valor **0,4**.
5. Cierre la insoladora y apriete el pulsador de tiempo **ZEIT**.
6. Una vez finalizado el tiempo, apriete el botón de extracción de aire a presión **Öffnen**, abra la insoladora y retire la placa.
7. Apague la insoladora situando el selector en posición **AUS**.
8. Una vez insolada la placa, pasaremos al ataque químico de la misma. Primero vierta en una cubeta de plástico el suficiente líquido **revelador** para que la placa quede sumergido en él. (Composición del líquido revelador: 19g de sosa cáustica por litro de agua).
9. Agite la cubeta hasta que el líquido revelador consiga mostrar todo el circuito de la placa.
10. Una vez terminado el proceso anterior, retire la placa, enjuáguela con agua y deseche el líquido revelador previamente mezclado con agua.
11. A continuación mezcle dos partes de **agua** (del grifo), con una parte de **agua oxigenada** (110 Vol) y una parte de **ácido sulfúrico**.
12. Agite la cubeta hasta que la mezcla química consiga disolver el cobre de toda la placa hasta que solo quede el del circuito, teniendo especial cuidado cuanto

mas finas sean las pistas del circuito, porque el ataque químico podría disolverlas.

13. Una vez terminado el proceso anterior, retire la placa, enjuáguela con agua y deseche la mezcla química previamente mezclada con agua.
14. Cuando vaya a soldar los componentes, previamente limpie la superficie de la placa con alcohol, de forma que se retirará una película protectora antioxidante y facilitará el proceso de soldadura.
15. Una vez soldados los componentes, puede aplicar una película protectora con base de aislante eléctrico, que protegerá al circuito soldado de la oxidación y de los cortocircuitos.

Si no disponemos de máquina insoladora profesional, podremos fabricarnos una nosotros mismos de forma sencilla (lo cual se verá en otro tutorial), usar algún tipo de luz potente (tipo actínica, UV), o la misma luz del sol, lo cual no es mi muy recomendable por no saber el tiempo de insolado necesario. El proceso químico es el mismo que se describe en el caso de tener una insoladora profesional.