



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Departament d'Enginyeria Electrònica

Fabricació de PCBs en empreses externes

Laboratori d'Instrumentació i Bioenginyeria

Document elaborat per Alfonso Méndez, Tècnic de Laboratori
Novembre de 2023, v 2.1

Fabricació de PCBs en empreses externes

Descripció

La fabricació de PCBs en empreses externes consisteix en fer el disseny d'un PCB, enviar la documentació necessària al fabricant i rebre el PCB fet als pocs dies. El cost és elevat i hem de ser molt curosos en quant al disseny. L'objectiu és que la placa que ens arribi ha de ser igual a la que veiem al nostre CAD amb el cost més econòmic possible.

Els forats dels pads TH i les vies es fabriquen metal·litzats, així doncs les unions entre els diferents elements metàl·lics ja estan fetes..

Si volguéssim fer una placa de quatre capes o més, la única solució és encarregar-la a un fabricant extern.

Procés

- Autorització de la despesa.

- Establiment dels paràmetres de treball
 - Criteri econòmic
 - Termes habituals
 - Establir paràmetres generals i la "Classe" de treball
 - Paràmetres recomanats
 - Paràmetres per a un disseny més econòmic

- Disseny
 - Elecció de CAD
 - Precisió i flux de disseny
 - Aspectes CEM

- Generar la documentació a enviar al fabricant

- Sol·licitud de pressupost

- Procediment administratiu

- Enllaços d'interès

Autorització de la despesa

El pas previ al disseny d'un PCB per a fer mitjançant un fabricant extern, és obtenir l'autorització del professor responsable del projecte que assumirà la despesa.

Establiment dels paràmetres de treball

Criteri econòmic

Com s'ha comentat abans, el preu d'un PCB fet en una empresa externa pot ser elevat i hem d'intentar reduir tots els elements que incrementin innecessàriament el seu cost.

Termes habituals

PCB: Acrònim de Printed Circuit Board

PAD: Zona de coure en el PCB on va soldat un terminal d'un component. Poden ser TH (through hole) que acostumen a ser rodons amb un forat en mig i que son per a components convencionals. També poden ser SMD (Surface mounted device) que acostumen a ser rectangulars, sense forat en mig i tan sols van per una cara.

Pistes: Connexió de coure en forma de línia d'una amplada determinada que uneix diferents punts del circuit.

Forat metal·litzat: El forat dels PADS TH i de les vies es fabriquen metal·litzats, vol dir que tots els PADS de les diferents capes associats a un forat estan units metàl·licament.

Clearance: Espai de no invasió al voltant de qualsevol part de coure d'un circuit.

Màscara anti-soldant: Recobriment protector de color que cobreix tot el circuit menys els punts de soldadura (PADS TH, SMD i vies) És d'una gran ajuda a l'hora de soldar manualment components de pas molt petit ja que impedeix que es produeixin curtcircuits.

Capas: Cada una de les capas del nostre disseny. En un circuit tradicional bicapa son:

- **TOP LAYER:** Capa de coure de dalt. Conté pistes, pads i plans de massa.
- **BOTTOM LAYER:** Capa de coure de sota. Conté pistes, pads i plans de massa.
- **SILKSCREEN TOP/BOTTOM:** Capes de dalt i de sota amb el dibuix dels components i text. Son les capas anomenades "de serigrafia"
- **SOLDER MASK TOP/BOTTOM:** Capa que el programa de CAD crea automàticament amb les formes circulars dels PADS TH i les formes rectangulars dels PADS SMD de les capas TOP/BOTTOM. Aquesta capa s'utilitza per a fer la màscara anti-soldant.

Acoblament multicapa: El circuit imprès multicapa es construeix combinant tres elements:

- **Nucli**, planxa de material dielèctric coberta d'una làmina de coure per ambdues cares.

En aplicacions estàndard se acostuma a utilitzar el FR4 (Flame Retardant 4) Algunes de les seves característiques son:

- **Constant dielèctric** 4,35 @ 500 MHz, 4,34 @ 1 GHz
 - **Factor dissipació (tangente de pèrdues)** 0,02 @1 MHz, 0,01 @ 1 GHz
 - **Resistència mecànica del dielèctric** 20 MV/m (500 V/mil) Surface
 - **Resistivitat** (min) $2 \times 10^5 \text{ M}\Omega$ Volume resistivity (min) $8 \times 10^7 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}^2/\text{cm}$
 - **Gruix típic** 1,25–2,54 mm (0,049–0,100 inches)
 - **Rigidesa típica** ($2,5 \times 10^6 \text{ PSI}$; for use in PCBs)
 - **Tg** (temperatura de transició a vidre) 110–200 °C by manufacture and resin system
 - **Coefficient d'expansió tèrmic longitudinal** 11ppm/K
 - **Coefficient d'expansió tèrmic transversal** 15ppm/K Density 1,91 kg/L
- **Prepeg**, làmina de material dielèctric impregnada de resina per a poder acoblar les diferents capes. És de menor gruix que el nucli.
 - **Full de coure**, làmines de coure de gruix uniforme i controlat per a les capes externes dels nuclis.

Laminat i Stack-up: El laminat és el procés d'enganxat de les diferents capes utilitzant làmines de Prepeg. Mitjançant calor i pressió mecànica es produeix l'activació del Prepeg i el conjunt queda acoblat.

Hi ha tres tipus de Prepeg:

1080 - 65 μm / 2116 - 105 μm / 7628 - 175 μm

Una aproximació a la unió de les diferents capes seria:

- Agafem dos nuclis de FR4 amb el circuit gravat en ambdues cares.
- Enganxem els dos nuclis amb Prepeg (ja tenim 4 capes)
- Afegirem tants nuclis gravats com calguin utilitzant làmines de Prepeg.
- Afegim les capes externes de Prepeg que calguin (una o dues per cara)
- Afegim les làmines de coure externes (Capes Top y Bottom)

L'**Stack-up** defineix l'ordre i tipus de capes, també descriu els tipus de vies, microvies i pads que existeixen entre elles.

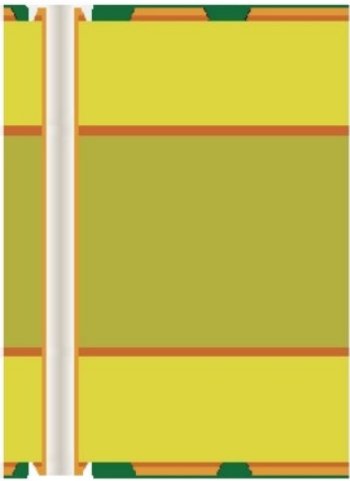
Les capes es defineixen com massa, alimentació, senyal i sense definir.

Els programes d'edició de PCBs ja disposen de perfils d'exportació de Stack-up.

Els webs dels fabricants de PCBs també disposen de diferents perfils d'Stack-ups referenciats.

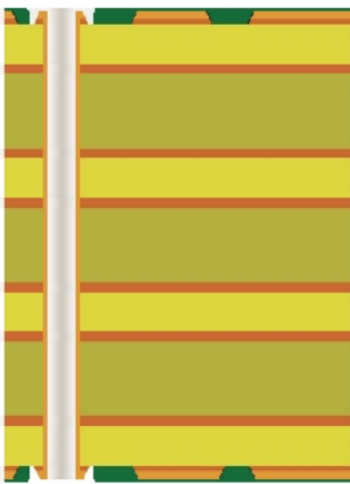
Exemple de PCB estàndard de 4 capes i 1,6 mm de gruix total:

Material	Capes	Gruix en μm
Base Cu + Galv. Cu	T0P	17+25
Prepreg 7628 x 2		350
Base Cu	L02	35
Core 0,737		730
Base Cu	L03	35
Prepreg 7628 x 2		350
Base Cu + Galv. Cu	BOT	17+25



Exemple de PCB estàndard de 8 capes i 1,6 mm de gruix total:

Material	Capes	Gruix en μm
Base Cu + Galv. Cu	T0P	17+25
Prepreg 1080 x 2		130
Base Cu	L02	35
Core 0,254		240
Base Cu	L03	35
Prepreg 1080 x 2		130
Base Cu	L04	35
Core 0,254		240
Base Cu	L05	35
Prepreg 1080 x 2		130
Base Cu	L06	35
Core 0,254		240
Base Cu	L07	35
Prepreg 1080 x 2		130
Base Cu + Galv. Cu	BOT	17+25

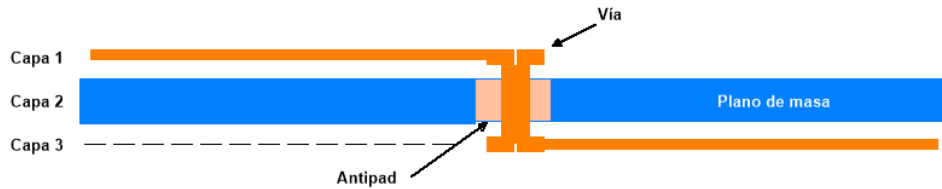


Material

Vies: La via és un element del PCB que uneix elèctricament les pistes, plans de massa o pads entre les diferents capes.

La via es fabrica realitzant un orifici entre els elements a unir elèctricament i metal·litzant la cavitat.

Quan una via travessa una capa de pla de referència, en la capa del pla ha d'haver un pad sense coure amb un forat del mateix diàmetre que la via, aquest tipus de pad s'anomena **antipad**



Existeixen dos tipus de vies:

- **Convencional**

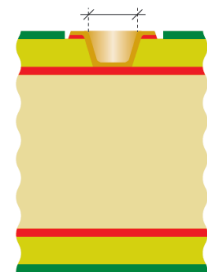
Es realitzen mitjançant trepatge mecànic. Poden ser:

- **Passants**, uneixen totes les capes del circuit.
- **Blind**, uneixen una capa externa amb altres internes.
- **Buried**, uneixen capes internes.

- **Microvies**

Es realitzen mitjançant màquines d'impacte làser que creen un orifici amb perfil cònic. Tenen menys capacitat de penetració i la seva mida és més petita que una via convencional amb el que són ideals pels dissenys d'alta densitat.

Com s'ha explicat abans, el PCB multicapa es fabrica acoblant diferents tipus de làmines. En les capes externes i entre els nuclis interns s'utilitza Prepeg com dielèctric i és on es col·loquen les microvies.



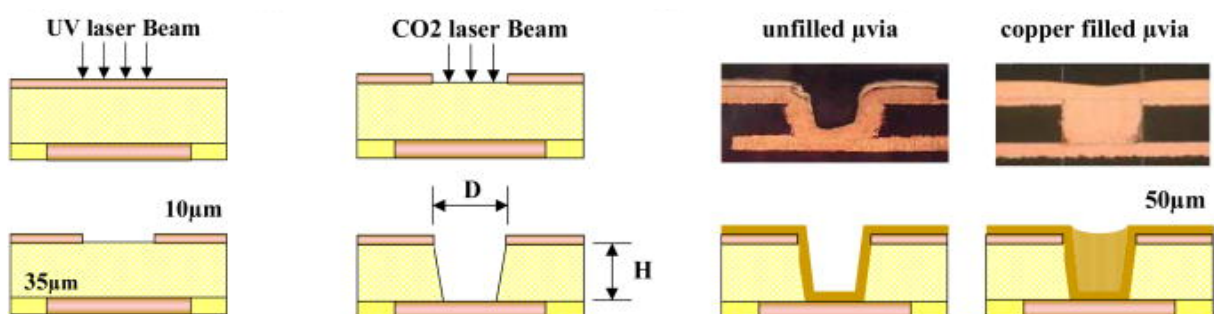
S'aconsella no enganxar més de dos capes de Prepeg.

Una de les principals avantatges de l'ús de microvies és que es poden col·locar en el centre d'un pas SMD.

Poden ser:

- **Blind**, uneixen la capa externa de coure amb l'adjacent i poden travessar 1 ó 2 nuclis de Prepeg.
- **Buried**, uneixen capes internes de coure entre sí travessant 1 nucli de Prepeg.

La fabricació d'una microvia consta dels següents passos:



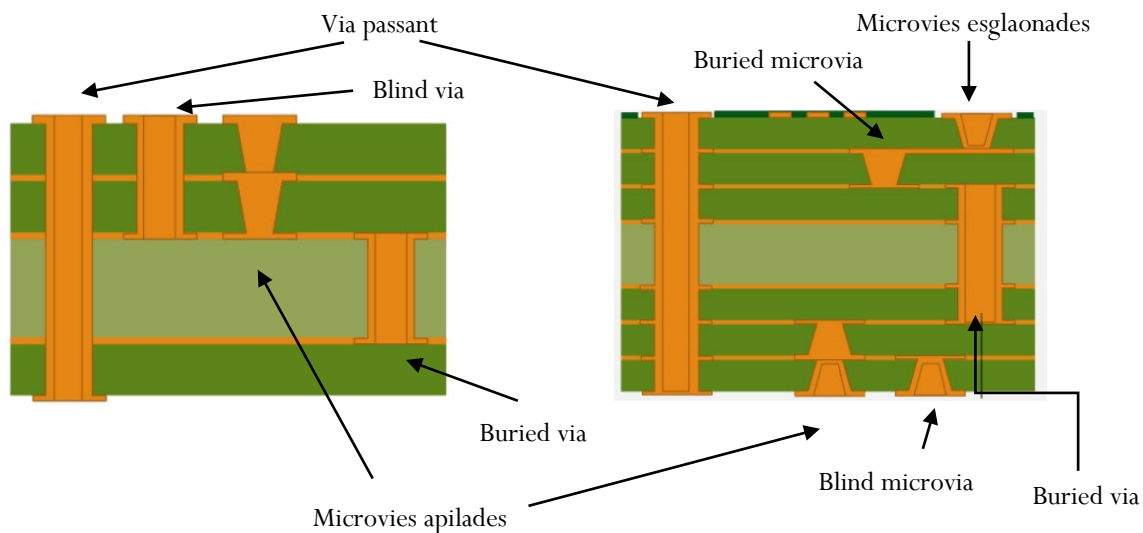
Eliminació de coure amb làser UV

Eliminació de dielèctric amb làser CO2

Metal·lització

Emplenat de coure per electroplatejat

Diferents tipus de vies i microvies



Establir els paràmetres generals i la Classe de treball

Paràmetres generals

- Nombre de capes del circuit. Opcions: 1 - 2 - 4 - ...
- Dimensions
- Màscara anti-soldant?
- Serigrafia?

Classe de treball

La Classe d'un disseny és el conjunt de regles i mides que defineixen el nostre PCB. Dintre de la Classe tenim paràmetres com: amplada de pistes, separació entre pistes o pads, forat mínim metal·litzat, ...

Quan més petits son aquests paràmetres, més gran és la Classe i més car és la fabricació del PCB.

Per establir la Classe, hem d'agafar el component/objecte amb les mides més petites i consultar les taules dels fabricants.

A l'enllaç http://ieb-srv1.upc.es/gieb/tecnicas/Files/Parametros_Ultiboard_v11.pdf trobareu una taula amb les classes més habituals que utilitzem al laboratori.

En aquest altre: <http://ieb-srv1.upc.es/gieb/tecnicas/Files> son els fitxers de "tecnologia" per importar-los amb Ultiboard.

La Classe 5 és la més utilitzada, alguns del seus paràmetres son:

- Gruix final del PCB: 0,8 a 3,2 mm
- Espai mínim entre pistes, pads, plans de massa ... 0,150 mm
- Diàmetre mínim de forat metal·litzat 0,3 mm
- Diàmetre mínim de forat de microvia 0,1 mm
- Diàmetre mínim pad de microvia 0,3 mm

Paràmetres recomanats

1 capa FR4 de 1,6 mm gruix - Classe 4 ó 5 - màscara anti-soldant - serigrafia
Fabricant 2CI

2 capes FR4 de 1,6 mm gruix - Classe 4 ó 5 - màscares anti-soldants -
serigrafia - Vies passants
Fabricant 2CI

+ de 2 capes FR4 de 1,6 mm gruix - Classe 5 - màscara anti-soldant - serigrafia
- Vies passants

Si la densitat de pistes és molt alta, es poden utilitzar microvies, en principi tan sols entre les cares externes i la adjacent. A la Classe 5, les microvies tenen un forat de 0,1 mm i les vies passants un de 0,3 mm

Fabricant Lab Circuits

Paràmetres per a un disseny més econòmic

1 Capa

- FR4 de 1,6 mm gruix
- Classe 3
- Sense màscara anti-soldant
- Sense serigrafia

Fabricant 2CI

2 Capes

- FR4 de 1,6 mm gruix
- Classe 4
- Sense màscara anti-soldant
- Sense serigrafia
- Vies passants

Fabricant 2CI

+ de 2 Capes

- FR4 de 1,6 mm gruix
- Classe 5
- Amb màscares anti-soldant
- Sense serigrafia
- Sense microvies, tan sols vies passants

A la Classe 5, les microvies tenen un forat de 0,1 mm i les vies passants un de 0,3 mm

Fabricant Lab Circuits

Disseny

Elecció de CAD

El programa de disseny de PCBs que utilitza habitualment el Grup és l'Ultiboard 14.3 de National Instruments (tenim llicència de Campus) i és del que tenim més experiència. Hi podeu trobar una petita guia a:

http://ieb-srv1.upc.es/gieb/tecniques/pdf/Disseny_PCBs.pdf

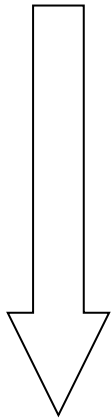
El programa Kicad (Open source) és una molt bona alternativa.

Si l'usuari vol utilitzar un altre programa serà sota la seva responsabilitat, tal com està descrit a la normativa del laboratori i no es podrà fer la placa pel mètode químic:

http://ieb-srv1.upc.es/gieb/informacio/pdf/Normes_esp.pdf

Precisió i flux de disseny

Aprofitant que enviarem a fer la placa fora, farem el disseny del circuit amb la major precisió possible.



- Definirem el contorn de la placa amb una resolució de 0,1 mm
- Fixarem el punt de referència en una cantonada del contorn de la placa.
- Establirem la classe d'acord les mides de l'objecte més petit. Fixarem la classe en el programa de CAD mitjançant la opció adient, si existeix, o definirem manualment les mides i regles de la classe que volem.
- Decidirem quins tipus de vies utilitzarem.
- Col·locarem els components TH sobre la placa amb la graella del "component grid" en 1,27 ó 0,635 mm
- Col·locarem els passius SMD sobre la placa amb la graella del "component grid" en 1,35 ó 0,675 mm
- Col·locarem la resta de components, variant la graella del mouse (component grid) d'acord a les mides dels mateixos.
- Farem el traçat de pistes, triant la graella adient (0,635 ó 0,3175)
- Revisarem els forats dels pads més crítics, dels editats, ...
- Si volguéssim serigrafia, s'editarà les capes silkscreen per a posar els texts ben orientats, de la mida adequada ...

Si no volguéssim serigrafia, és molt important posar text a les capes TOP o BOTTOM ja que el fabricant les utilitzarà com a guiatge per a encarar correctament les capes.

Aspectes CEM

Si la CEM és un tema a tenir en compte en el seu disseny, es recomanable que revisi la següent petita guia:

http://ieb-srv1.upc.es/gieb/tecniques/pdf/EMC_PCBs.pdf

Generar la documentació a enviar al fabricant

Els fabricants treballen amb el format digital Gerber 274-X

Hem de generar un fitxer de sortida Gerber per a cada una de les següents capes:

PCB una cara: BOTTOM - Solder MASK BOTTOM - Silkscreen TOP

PCB dues cares: TOP - BOTTOM - Solder MASK TOP - Solder MASK BOTTOM - Silkscreen TOP i Silkscreen BOTTOM si s'escau

En tots dos casos, s'ha de generar els fitxers addicionals:

- Fitxer de forats (en format text) en l'estàndard Excellon drill o compatible
- Fitxer amb els codis d'eina (diàmetres de les broques, report en format text)
- Contorn de la placa

> dues cares: TOP - BOTTOM - INNER1 ... - Solder MASK TOP - Solder MASK BOTTOM - Silkscreen TOP i Silkscreen BOTTOM si s'escau

En comú:

S'han de generar els fitxers addicionals:

- Fitxer de forats passants (vies passants i forats TH) (en format text) en l'estàndard Excellon drill o compatible
- Fitxer de forats (microvies), si s'escau, entre la capa TOP i la següent (en format text) en l'estàndard Excellon drill o compatible
- Fitxer de forats (microvies), si s'escau, entre la capa BOTTOM i la següent (en format text) en l'estàndard Excellon drill o compatible
- Fitxer de forats (vies buried), si s'escau, entre la capes internes (en format text) en l'estàndard Excellon drill o compatible
- Fitxer amb els codis d'eina (diàmetres de les broques, report en format text) en unitats mètriques.

- **Stack-up** Fitxer on s'indiquin les distribucions de capes, gruix i material. A la imatge de la dreta apareix una distribució típica de de 4 capes de la empresa LAB Circuits.

- Fitxer del tipus llegeix-me.txt on s'indiqui informació especial a tenir en compte.

4 LAYERS 1,55 +/- 0,15		LAB CODE: 1
MATERIAL	THICKNESS	
Basic copper	0,017	
Prepreg 7628(2)	0,346 +/-0,03	
Basic copper	0,035	
FR4 0,737	0,73 +/-0,06	
Basic copper	0,035	
Prepreg 7628(2)	0,346 +/-0,03	
Basic copper	0,017	

El fitxer de text on surtin els codis d'eina s'ha d'editar i arrodonir el diàmetre de broca a la dècima de mil·límetre.

Sol·licitud de pressupost

Un cop generats tots els fitxers, es comprimiran en un únic fitxer i s'enviaran per correu electrònic a la empresa per a que ens facin un pressupost. En el cas que sigui un disseny multicapa, haurem d'indicar a la nostre sol·licitud l'ordre de les capes, ex. TOP – INNER1 – INNER2 - BOTTOM

Dades de la empresa 2CISA:

CIRCUITOS IMPRESOS 2CI, SA
P.I. La Ferrería - C/ La Técnica, 4 - 08110
Montcada i Reixac - Tel (34) 93 485 00 95

2cisa@2cisa.COM

Cal que us identifiqueu com a membres del DEE. Les nostres dades de contacte son:

Persona de contacte: ALFONSO MENDEZ MOYA
UPC- EEL
C/ JORDI GIRONA, 31
08034 BARCELONA
BARCELONA

Dades de la empresa LAB Circuits:

Persona de contacte: Laia Dausa
Dpt. Comercial - Lab Circuits, S.A.
Telf: (+34) 93 848 03 75
Fax: (+34) 93 848 11 26
laia.dausa@lab-circuits.com
www.lab-circuits.com

Cal que us identifiqueu com a membres del DEE. Les nostres dades de contacte son:

Persona de contacte: ALFONSO MENDEZ MOYA
UPC-Dept.d'Enginyeria Electrònica

Si tot és correcte, rebrem un pressupost per correu electrònic.

Procediment administratiu

Un cop tenim el pressupost i, amb el vist i plau del Tutor/responsable, passarem tota la informació al personal tècnic del laboratori que iniciarà els tràmits administratius per a complimentar l'encàrrec.

Enllaços d'interès

Generació dels Gerber (Orcad):

<http://www.2cisa.com/wp-content/uploads/2016/04/OrCAD.pdf>

Generació dels Gerber (Protel):

<http://www.2cisa.com/wp-content/uploads/2016/04/PROTEL-V-2-5.pdf>

Normes de disseny i Classes (2CISA):

<http://www.2cisa.com/recomendaciones-y-capacidades-tecnicas/>

Paràmetres fabricació PCBs (LabCircuits):

<http://www.lab-circuits.com/es/productes.php>