



Il processo produttivo dei circuiti stampati (PCB - *Printed Circuit Board*).
L'esempio dell'azienda asiatica JLCPCB.com, leader mondiale del settore.

di Roberto Pietrafesa

L'azienda JLCPCB nasce nel lontano 2006 in Cina, e il suo primo stabilimento fu pertanto uno dei primi al mondo nella prototipazione in larga scala dei circuiti stampati. Oggi, dopo il successo ottenuto sul mercato mondiale, JLCPCB ha ben cinque siti produttivi.

Illustreremo qui, in questo nostro ideale viaggio all'interno del sito asiatico, il processo di fabbricazione di un circuito stampato su scheda a doppia faccia (detti anche strati, *layers* in inglese) per capire come viene ottenuta e con quale cura ed attenzione gli addetti ai lavori seguono ogni passo del processo produttivo, dal controllo della materia prima fino alla spedizione al cliente finale.

Il processo inizia nel momento in cui il cliente invia i file *gerber* attraverso l'apposita interfaccia web del sito jlcpcb.com e termina con la spedizione delle schede che avviene a distanza di un paio di giorni, con una celerità tale da garantire al produttore una posizione di leadership a livello mondiale.

Ogni fase del processo produttivo è scandita da uno scrupoloso controllo di qualità che garantisce la conformità del prodotto a tutte le specifiche del settore.

Qui di seguito sono elencate, in ordine cronologico, tutte le fasi del processo produttivo di JLCPCB, che saranno descritte singolarmente nelle pagine successive.

1. Dai file *gerber* al negativo fotografico
2. Ispezione e preparazione del materiale (*Material Inspection*)
3. Foratura (*drilling*)
4. Deposizione del rame (*Copper deposition*)
5. Creazione degli strati esterni (*Image the outer layers*)
6. Placcatura dello schema elettrico (*Pattern plating*)
7. Incisione chimica degli strati esterni (*Outer layer etching*)
8. Ispezione visiva automatica (*AOI - Automated Optical Inspection*)
9. Maschera di saldatura (*Solder Mask*)
10. Serigrafia (*Silkscreen*)
11. Finitura superficiale (*Surface finish*)
12. Test di continuità elettrica (*Electrical test*)
13. Profilatura e scanalatura a V (*Profiling and V-cutting*)
14. Controllo finale di qualità (*Final quality inspection*)
15. Imballaggio e spedizione (*Packaging and shipping*)

Fase 1

Dai file *gerber* al negativo fotografico

Il processo produttivo di ogni circuito stampato inizia nel momento in cui il cliente invia, attraverso l'apposita interfaccia del sito web jlcpcb.com, i propri file con il progetto della scheda, ovvero i cosiddetti "*gerber files*".

Questi file sono generati dal software di programmazione utilizzato dal cliente, qualunque esso sia, e rappresentano lo standard industriale per la produzione delle schede PCB, contenendo informazioni per tracciare le connessioni elettriche come piste, vias, e piazzole SMT. In aggiunta, il file contiene informazioni per la foratura e la fresatura del circuito stampato.

Il formato di file Gerber comunemente utilizzato oggi è l' RS-274X.

Questi file, una volta caricati dal cliente attraverso il sito, vengono automaticamente inoltrati al supporto clienti (customer support), che lo sottopone alla supervisione del reparto di ingegneria per il controllo pre-produzione.

Se il controllo ha esito positivo, cioè se i file sono tutti presenti e conformi ai limiti di specifica del produttore, l'ingegneria approva il passaggio alla fase successiva: il tracciamento laser (*laser plotting*).

Questo processo avviene all'interno di una camera oscura (*dark room*) dove temperatura ed umidità sono mantenute a livelli controllati e grandi stampanti laser (*fotoplotter*) producono dei negativi o maschere/film fotografici (*fotomasks*).

Il fotoplotter, quindi, non fa altro che convertire i file *gerber* in una sorta di file immagine riprodotte la scheda PCB.

Il film esposto alla luce viene sviluppato e reso disponibile all'operatore, che può utilizzarlo per la fase successiva di fabbricazione.

In Figura 1 si può vedere una tipica maschera fotografica contenente diverse PCB, per economizzare il processo produttivo sfruttando tutta la superficie disponibile.

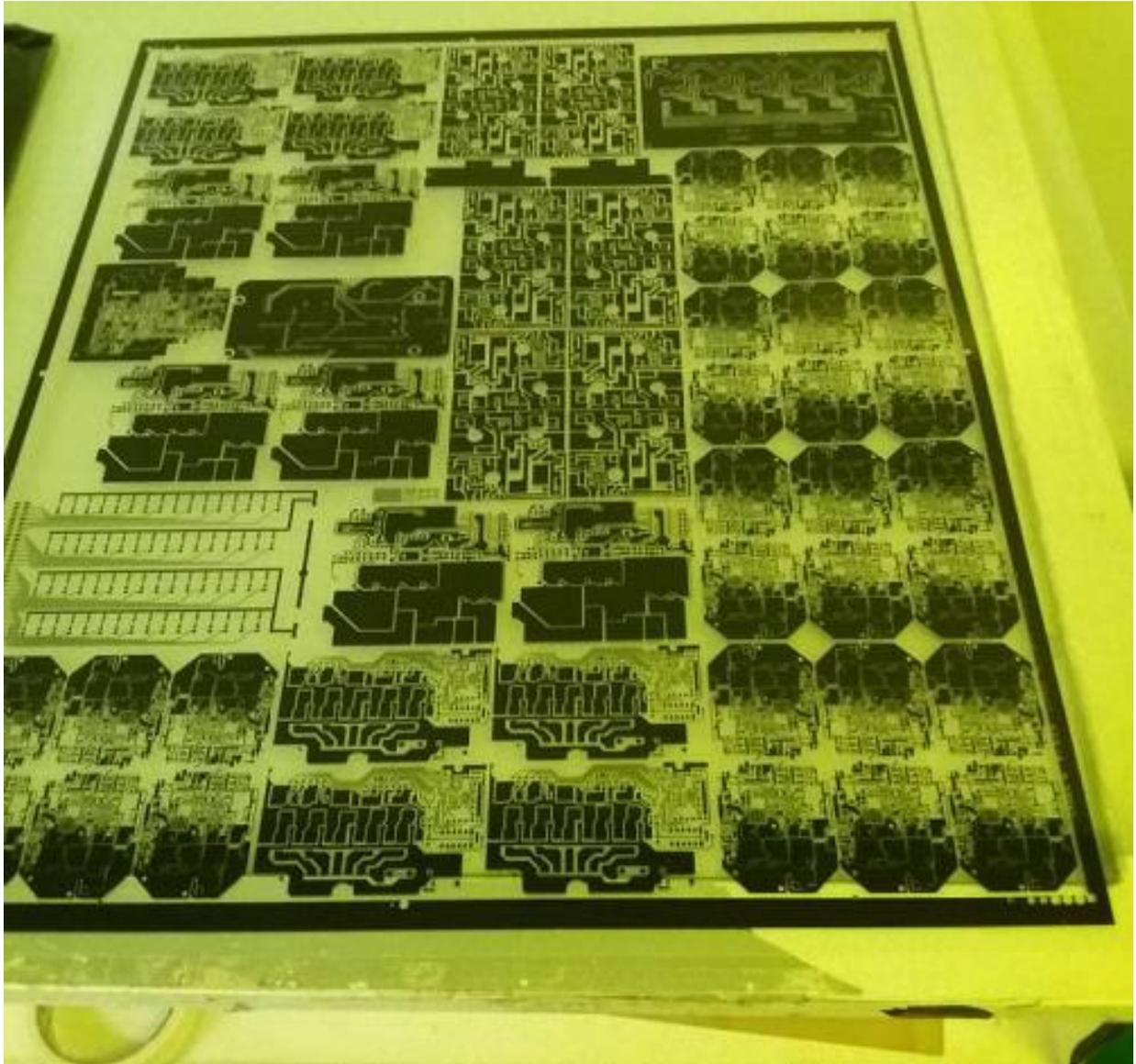


Figura 1: Maschere fotografiche di diversi circuiti stampati uniti in un'unica stampa al fotoplotter, per sfruttare tutta la superficie disponibile del film.

Fase 2

Ispezione e preparazione del materiale (*Material inspection*)

Il materiale che costituisce il circuito stampato vero e proprio (PCB) è il cosiddetto **FR4** (o FR-4), detto anche vetronite, ovvero un composito formato da un tessuto di fibre di vetro intrecciato in una matrice di resina epossidica ritardante di fiamma, così come richiesto dagli standard del settore.

La vetronite FR4 è stata creata dalla NEMA (*National Electrical Manufacturers Association*) nel 1968, ed è un laminato plastico molto versatile con un ottimo rapporto resistenza/peso, le cui caratteristiche meccaniche e le qualità di isolante elettrico si mantengono invariate sia all'asciutto che in condizioni di elevata umidità, rendendolo un materiale ideale per tutte quelle specifiche condizioni operative in cui sono chiamate a lavorare le schede elettroniche delle moderne apparecchiature.

In Figura 2 è possibile vedere campioni di vetronite di diverso colore e dimensioni.

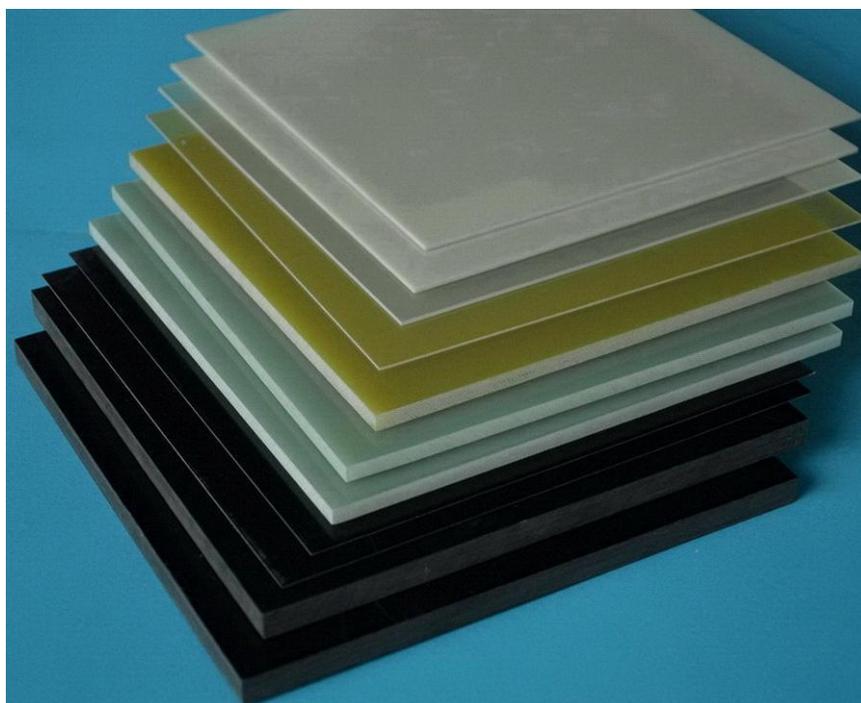


Figura 2: Panelli di vetronite FR4 di diversi spessori e colori, a seconda delle esigenze del cliente finale.



Figura 3: Cataste di pannelli di vetronite FR4 di spessore 1.6 mm pronti per essere immessi nel processo di lavorazione.

L' FR4 arriva in fabbrica sotto forma di fogli di larghe dimensioni e di diversi spessori, tipicamente da 0,4 a 2 mm (ad incrementi di 0,2 mm) con rame di elevata qualità già depositato su entrambe le facce (chiamato anche laminato) e viene successivamente tagliato in pezzi di varia misura a seconda delle PCB che si vorranno realizzare.

In Figura 3 è possibile vedere alcuni pannelli pronti per la lavorazione.

Fase 3

Foratura (*drilling*)

La macchina utensile che esegue i fori attraverso il pannello della PCB carica automaticamente la punta del diametro desiderato e può realizzare sia i fori passanti semplici che i cosiddetti *vias*, cioè fori la cui superficie interna è rivestita di rame allo scopo di connettere due tracce poste su facce diverse.

I fori vengono realizzati seguendo esattamente le istruzioni numeriche del *drill file*, che è uno dei file presente nel pacchetto dei *gerber files*.

Vengono realizzati anche dei fori aggiuntivi lungo il bordo della scheda PCB al fine di consentire l'allineamento del negativo (*photofilm*) sulle facce superiore ed inferiore della scheda, come descritto nella successiva Fase 5.

Questa operazione di allineamento assicurerà che i fori vengano poi eseguiti esattamente nelle posizioni previste dal progetto.

Le macchine di foratura (come quella visibile in Figura 4) sono tutte a controllo numerico, ed eseguono il programma di foratura presente nel relativo file dei *gerber files* che specifica quale punta utilizzare e in che modo forare la scheda PCB.

Le macchine per la foratura caricano automaticamente i pannelli di vetronite FR4 e li scaricano al termine del ciclo di foratura, il tutto continuamente senza sosta, 24 ore al giorno. Curiosità: Nella fabbrica JLCPCB ci sono più di 70 macchine addette solamente alla foratura a controllo numerico.

In Figura 5 è possibile vedere un pannello appena forato, con fori di diverso diametro presenti per assolvere diverse funzioni, come il collegamento di tracce su facce diverse oppure la mera possibilità di farvi passare un elemento di fissaggio che blocchi la scheda all'interno di un contenitore.



Figura 4: Macchina automatica a controllo numerico per la foratura di pannelli in vetronite FR4. Si notino in basso a sinistra le punte disponibili, di diverso tipo e diametro.

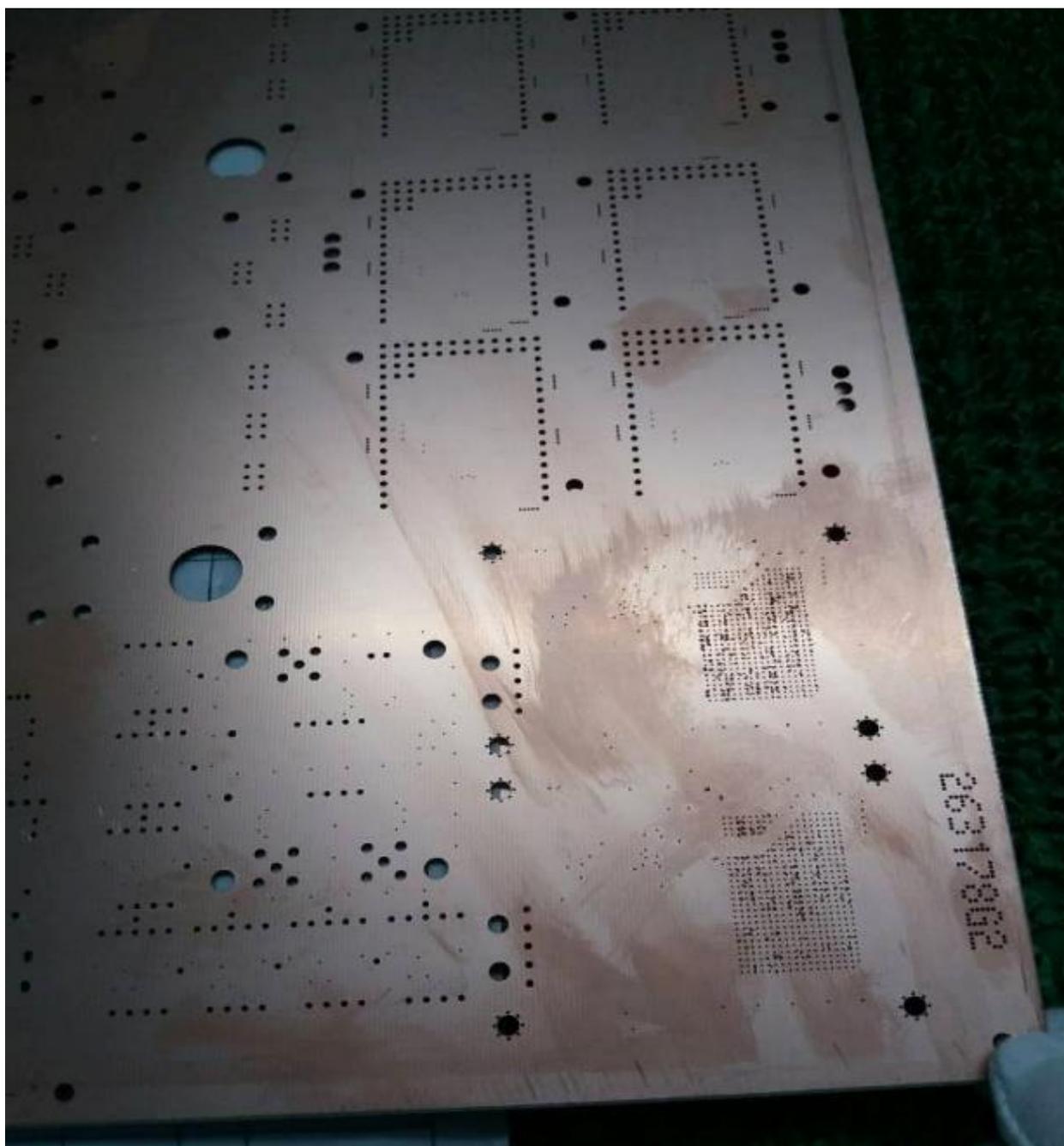


Figura 5: Pannello FR4 con fori eseguiti di diverso diametro.

Fase 4

Deposizione del rame (*copper deposition*)

Al termine della fase di foratura, i pannelli vengono puliti dai residui di lavorazione ed immersi in apposite vasche (Figura 6) dove, attraverso il processo di deposizione elettrolitica (*electroless deposition process*), un primo sottilissimo strato di rame viene depositato su tutto il pannello (Figura 7), inclusa una placcatura uniforme intorno alle pareti di tutti quei fori che vengono chiamati *plated through holes* (fori passanti placcati internamente). Quasi tutte le schede PCB con due o più *layer* usano i *plated through holes* per connettere le tracce che si trovano su *layer* diversi. L'intero processo di immersione, placcatura, lavaggio e asciugatura è eseguito da una macchina che monitora costantemente i parametri fisici e chimici del processo.



Figura 6: Macchine automatiche per la deposizione del primo strato di rame.

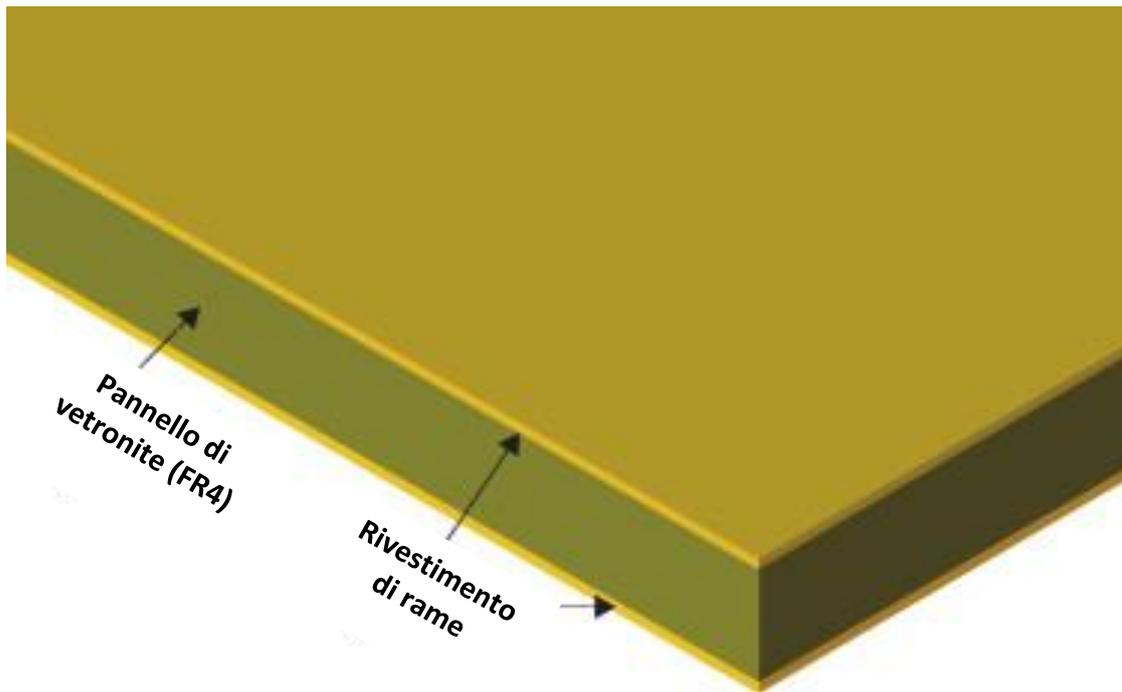


Figura 7: Rivestimento di rame sulle due facce superiore ed inferiore del laminato di FR4, applicato durante la fase di deposizione del rame.

Fase 5

Creazione degli strati esterni (*Image the outer layers*)

Nella fase di creazione degli strati esterni (superiore ed inferiore) l'intera superficie del pannello viene prima di tutto rivestita con un sottile strato di materiale protettivo fotosensibile (*fotoresist*), che si presenta alla vista come un "film secco" e che in inglese viene denominato appunto *dry film*.

In Figura 8 è possibile vedere una macchina adibita alla stesura di questo film.

Questo strato di materiale viene successivamente esposto alla luce ultravioletta (Figura 9) attraverso il negativo (o maschera) creato nella precedente Fase 1 e che "mette in ombra" il disegno dello schema elettrico, cioè proietta come ombre sul *dry film* le tracce, i vias e i pad smt, ma consente a tutto il resto del *film* di essere esposto alla radiazione ultravioletta (UV).

Questa esposizione ai raggi UV polimerizza e indurisce il *dry film* fotosensibile, che rimane attaccato al pannello.

La parte di *dry film* non polimerizzata e indurita (e che si trova, lo ripetiamo, proprio su quelle che saranno le tracce del circuito) viene rimossa attraverso uno sviluppo chimico, al fine di lasciare il rame delle tracce nudo ed esposto.

Il pannello viene quindi cotto per aumentare la durata dell'adesione del *dry film* residuo, affinché si possa procedere alla fase successiva.

In alcuni siti produttivi viene usata una nuova tecnologia chiamata LDI (*Laser Direct Imaging*) che, attraverso un generatore laser, proietta l'immagine del circuito direttamente sulla pellicola fotosensibile, senza bisogno di produrre e frapporre il negativo di proiezione del circuito. Il principio rimane comunque identico: irradiare e polimerizzare/indurire il *dry film* fotosensibile che deve rimanere sulla scheda.



Figura 8: Macchina per la stesura della pellicola (*dry film*) fotosensibile.



Figura 9: Macchina per l'irraggiamento di luce ultravioletta.

Fase 6

Placcatura dello schema elettrico (*Pattern plating*)

In questo momento abbiamo quindi le tracce dello schema elettrico esposte (come visibile nel disegno della Figura 10), poichè nella fase precedente sono state “denudate” del *dry film*, il quale ricopre invece tutto il resto del pannello.

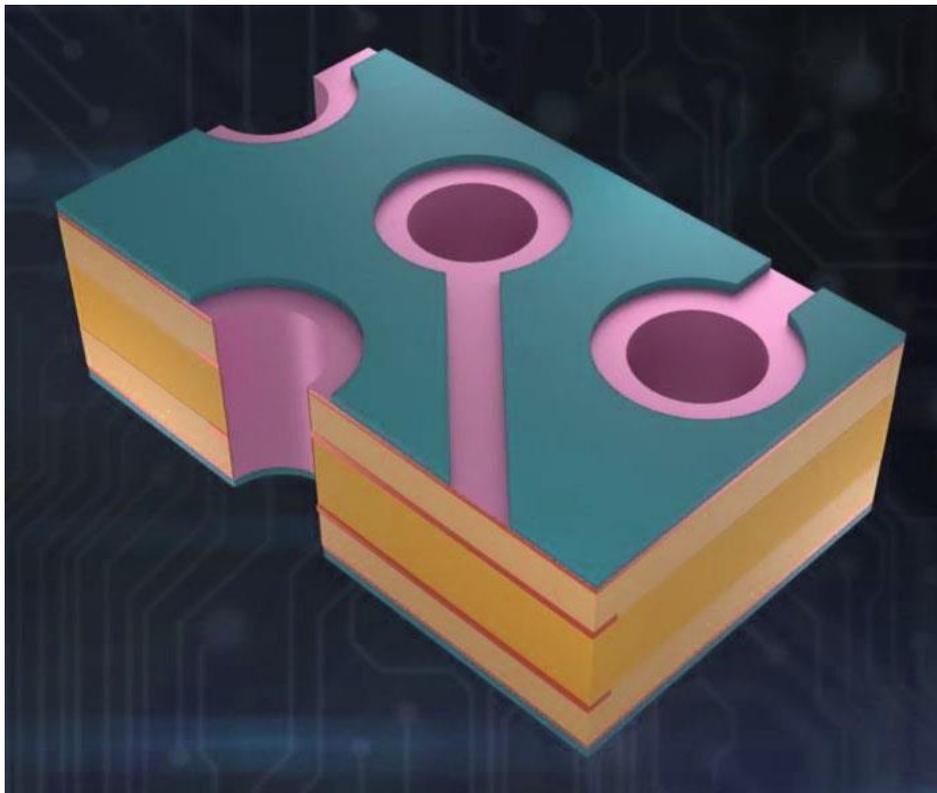


Figura 10: Rame esposto (in colore rosa) dopo la rimozione del dry film non indurito.

Attraverso un'azione di elettrodeposizione chimica, viene aumentato lo spessore del rame delle aree esposte, compreso l'interno dei fori passanti placcati.

Nel disegno di Figura 11 è possibile vedere, in colore rosso, lo spessore di rame aggiunto sul rame preesistente (si noti l'innalzamento del livello rispetto al *dry film*).

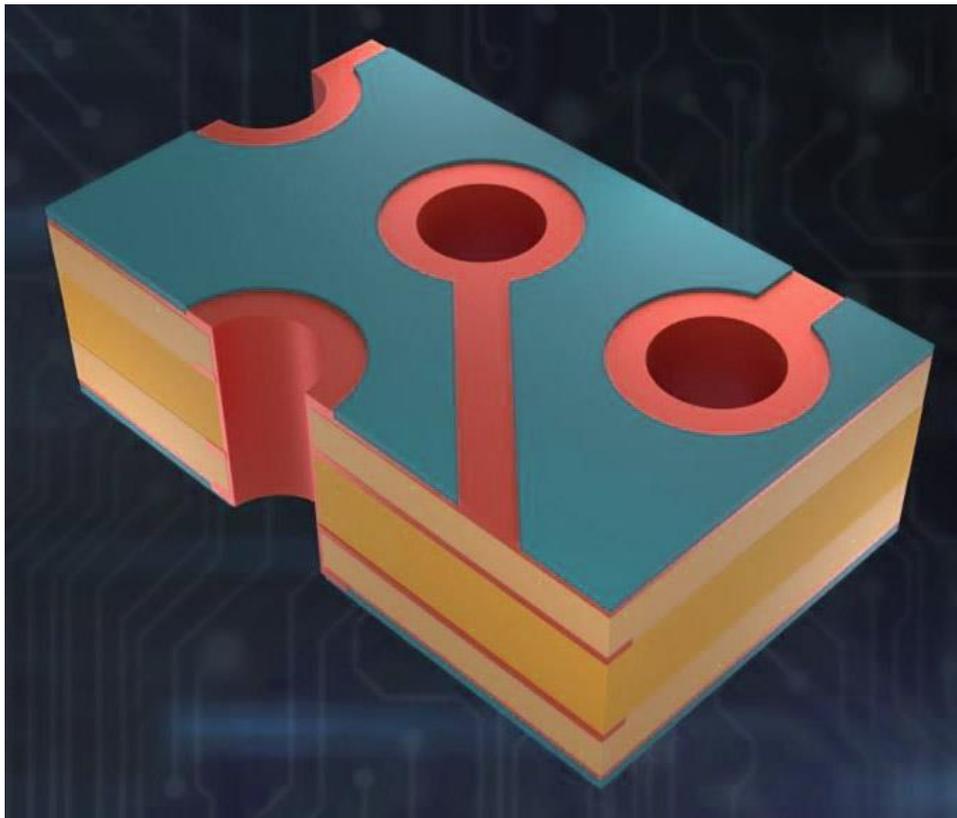


Figura 11: Deposizione di rame aggiuntivo (rappresentato con il colore rosso) sul preesistente rame del pannello.

Queste stesse aree con l'ulteriore rame aggiunto risultano ancora esposte, e vengono successivamente rivestite con un'ulteriore sottile strato di stagno attraverso simile processo di elettrodeposizione chimica.

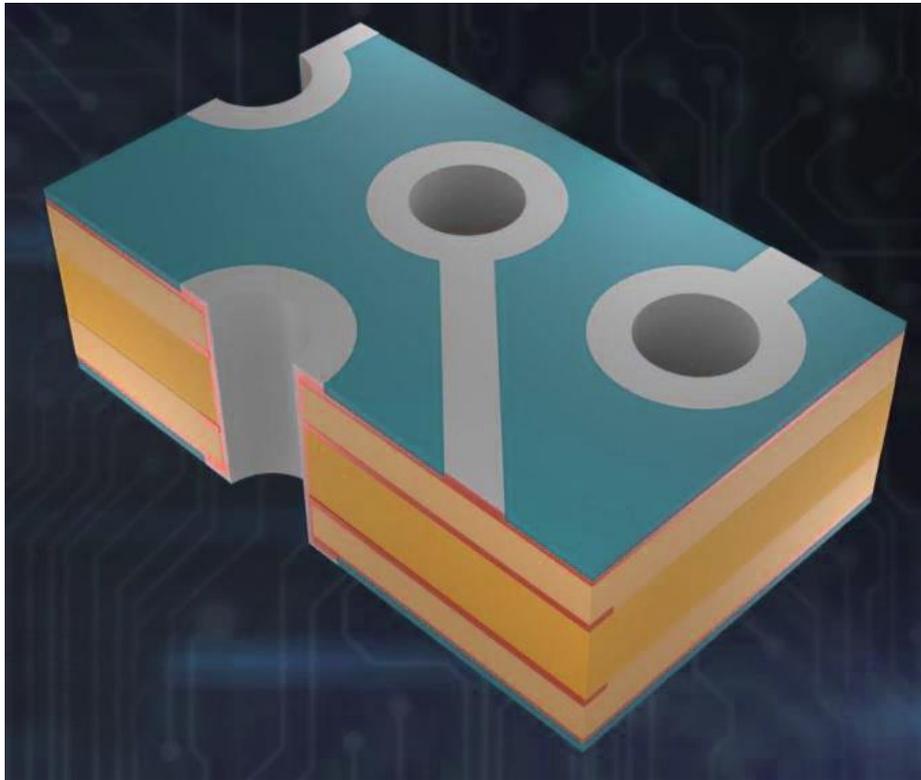


Figura 12: Deposizione di stagno sopra il rame aggiuntivo.

In Figura 12 è possibile vedere, in colore grigio, lo strato di stagno applicato.

Si noti come a questo punto il dislivello tra tracce (coperte adesso di stagno) e *dry film* sia stato completamente colmato.

Alla fine di questa fase, tutto il materiale protettivo fotosensibile (*dry film*) avendo portato a termine la sua funzione di “confine invalicabile”, non ha più alcun motivo di rimanere sul pannello, e viene quindi rimosso attraverso uno sviluppo chimico, lasciando un pannello coperto di rame nudo con le sole tracce, i pad e i fori passanti rivestiti di un sottile strato di stagno.

Fase 7

Incisione chimica degli strati esterni (*Outer layer etching*)

La stagnatura appena eseguita nella fase precedente protegge le parti del pannello destinate a rimanere coperte di rame durante la fase di incisione chimica, ovvero tutte le tracce del circuito, i vias, i pad smt, eccetera.

A questo punto avviene una prima incisione chimica (dissoluzione con agenti chimici liquidi) che rimuove il *dry film* precedentemente indurito ed adeso al pannello (Figura 13) poiché da questo momento non servirà più a proteggere alcunché.

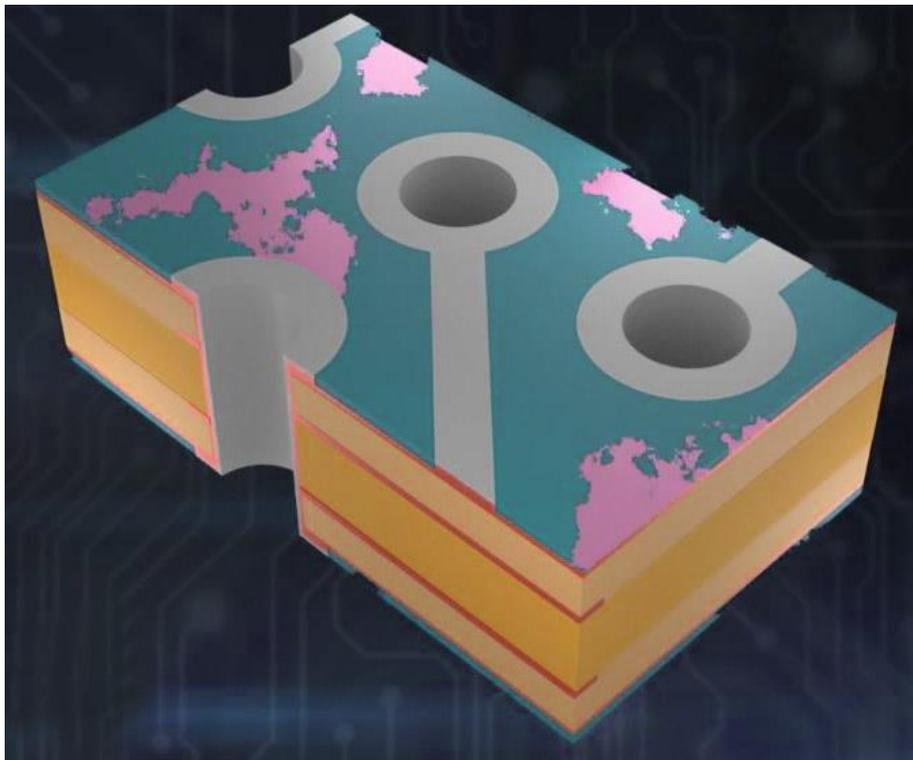


Figura 13: Incisione del dry film (*dry film stripping*)

Una volta rimosso e lavato via tutto il *dry film* completamente, ci troveremo di fronte ad un pannello ricoperto dalle tracce che vogliamo conservare (ricoperte di stagno) e, adiacenti ad esse, del rame “primordiale” depositato in sottilissimo strato all’inizio del processo di lavorazione.

Questo strato sottile di rame andrà rimosso con una seconda incisione chimica, che avrà effetto solo su questo rame e non su tutto il resto, proprio perché lo stagno fungerà da elemento protettivo per le tracce.

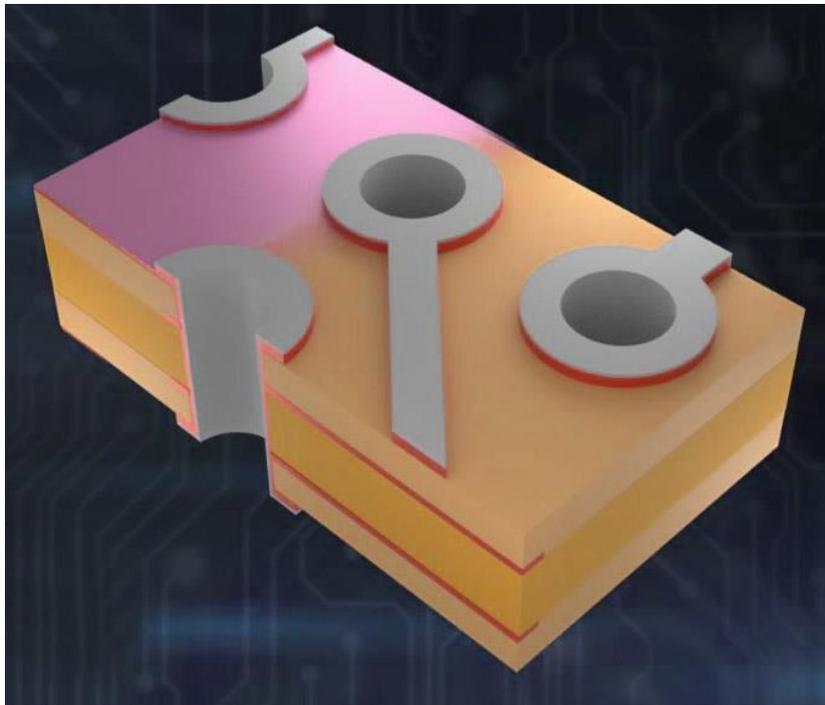


Figura 14: Incisione del rame (*copper etching*)

Come si può vedere dalla figura 14, il rame “primordiale” (di colore rosa nell’immagine) viene lavato via da questa seconda incisione chimica, che lascerà scoperta la superficie del pannello in vetronite (colore giallo chiaro).

A questo punto non rimarrà altro che passare alla terza ed ultima incisione chimica, che laverà via la copertura di stagno dalle tracce.

La placcatura di stagno viene rimossa chimicamente in un processo chimico del tutto simile alle due incisioni precedenti, che esporrà nuovamente il rame nudo delle tracce, in modo tale che le aree conduttive in rame, i binari, i pad, i fori placcati e i vias siano adesso tutto ciò che rimane del rivestimento di rame complessivo originale del pannello. In Figura 15 è raffigurato lo stagno (in grigio) che è quasi del tutto rimosso, facendo riaffiorare il rame aggiuntivo (in rosso) che si trovava sotto di esso.

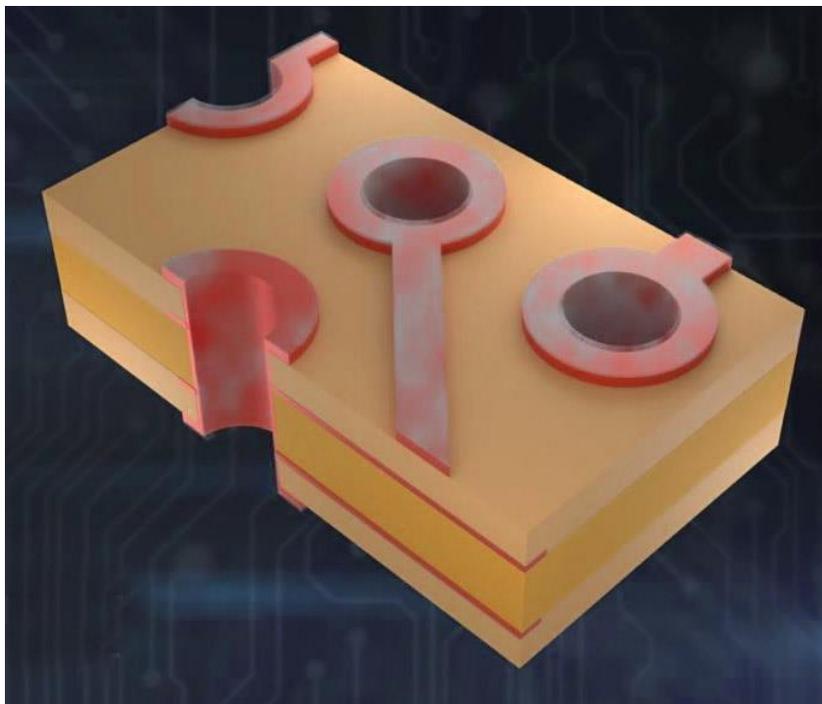


Figura 15: Incisione dello stagno (*tin stripping*)

Fase 8

Ispezione visiva automatica (*AOI - Automated Optical Inspection*)

L'ispezione ottica automatica è un'ispezione visiva automatizzata gestita da un computer collegato ad un obiettivo ad elevato ingrandimento (dell'ordine di alcune decine di volte). In Figura 16 è possibile vedere un tipico macchinario da ispezione visiva automatica, con il ripiano per l'inserimento della scheda elettronica sulla sinistra e il monitor per la visualizzazione dei difetti a destra.

Questa ispezione è in grado di rilevare difetti che ad occhio nudo sarebbero difficili da identificare, come tracce con bordi incisi o regioni in cui il film fotosensibile (*dry film*) potrebbe essere stato graffiato o scheggiato e quindi aver causato successivamente una tacca nella traccia.

Difetti come questo sono molto difficili da rilevare in un test di continuità elettrica, perchè la traccia, anche se scheggiata, dà comunque una continuità elettrica, ma potrebbe non essere in grado di garantire affidabilità quando attraversata dalla sua corrente di esercizio (per surriscaldamento o, peggio, bruciatura e interruzione).

Il sistema *AOI* esegue la scansione degli strati utilizzando un sensore laser. L'immagine catturata viene digitalizzata, corretta digitalmente per ottimizzarne al meglio luminosità, contrasto e colori, e quindi confrontata elettronicamente con il file Gerber originale. Utilizzando questo confronto, il sistema è in grado di rilevare ed evidenziare eventuali difetti o aree sospette molto più rapidamente e con precisione rispetto a un'ispezione manuale.

In Figura 17 è possibile vedere la videata di ispezione delle numerose tracce di un chipset, con alcune anomalie automaticamente segnalate con un rettangolo rosso intorno ad esse. In particolare si notano una traccia interrotta in alto e in basso a destra, ed altre due tracce intaccate sulla parte sinistra dell'immagine.



Figura 16: Macchina per l'ispezione visiva automatica (AOI)

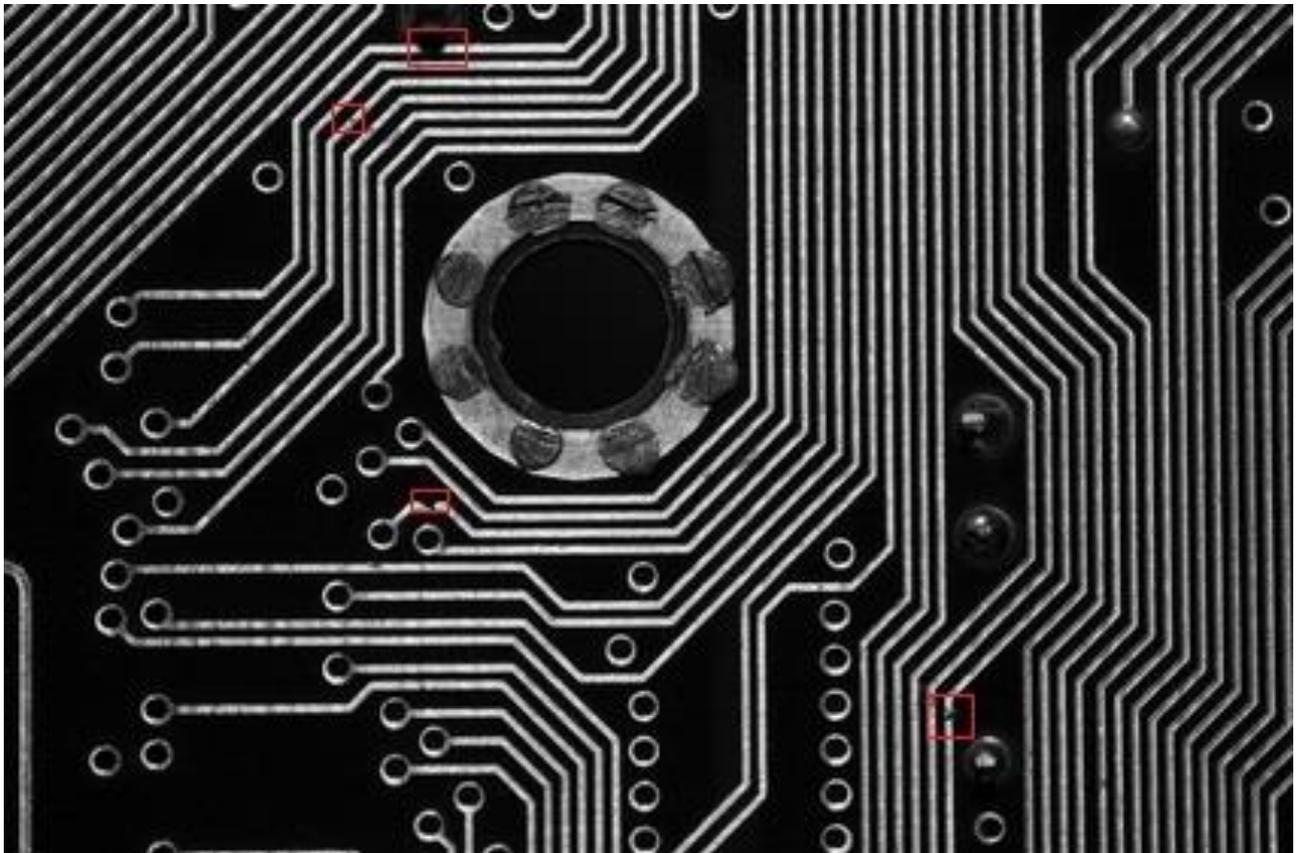


Figura 17: Esempi di tracce intaccate o discontinue (nei riquadri rossi)

Fase 9

Maschera di saldatura (*Solder Mask*)

La maschera di saldatura è un rivestimento epossidico applicato ai circuiti stampati con lo scopo di evitare il collegamento accidentale dello stagno di saldatura tra traccia e traccia oppure tra traccia e fori adiacenti. E' anche utile per evitare i ponti tra i pin e per proteggere in generale il circuito stampato dagli agenti esterni.

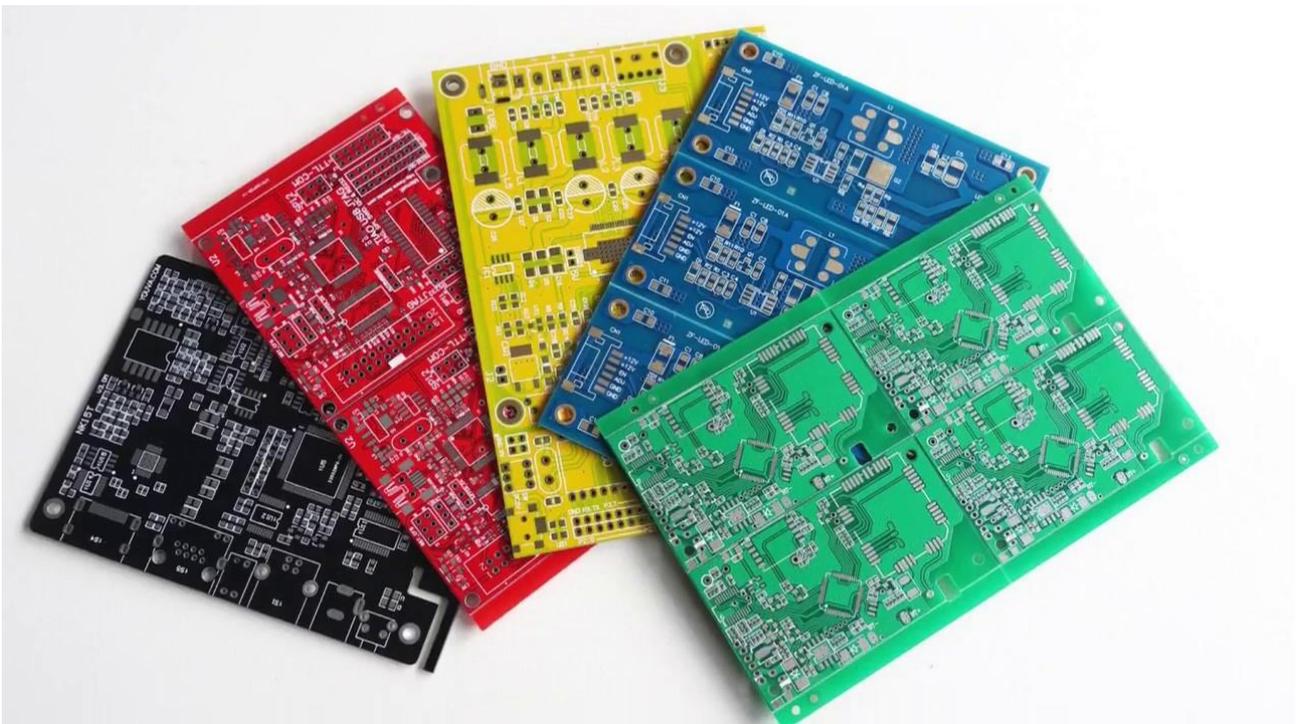


Figura 18: Alcuni dei diversi colori delle *solder mask* disponibili su JLCPCB.

La maschera di saldatura è solitamente di colore verde ma sono disponibili altri colori come rosso, nero, bianco, giallo e blu. L'azienda JLCPCB offre promozioni sulla scelta dei diversi colori (Figura 18). Ma come avviene l'applicazione della *solder mask*? Dopo una fase di pulizia, i pannelli vengono caricati nella macchina per l'applicazione di questo rivestimento (Figura 19), che ricopre completamente i lati del pannello con un'inchiostro particolare formulato per questa applicazione.



Figura 19: Macchina per applicare lo strato di *solder mask* sul pannello.



Figura 20: Controllo dei pannelli dopo l'applicazione della *solder mask*.

I pannelli vengono quindi fatti passare attraverso un forno essiccatore che ne indurisce parzialmente l'inchiostro (solitamente verde). A questo punto i pannelli vengono irradiati da luce ultravioletta attraverso dei negativi (maschere) che vengono allineati con una precisione di 0,050 mm per garantire che combacino perfettamente con tracce, pad e fori. I negativi, proprio come nella precedente Fase 5, sono trasparenti alla luce laddove la *solder mask* dev'essere ulteriormente indurita (per polimerizzazione) e opachi laddove dev'essere lavata via nella successiva fase di sviluppo chimico, al fine di esporre tracce, fori e pad.

La fase di sviluppo elimina la *solder mask* non polimerizzata (non indurita) e quindi indesiderata. Per garantire che sul rame esposto si possano fare delle saldature efficaci, i pannelli vengono ispezionati per accertarsi che non sia rimasto alcun residuo di inchiostro *solder mask* sui pad o nei fori, poiché anche leggeri residui comprometterebbero la saldabilità della scheda finita.

Infine la solder mask sarà ulteriormente esposta alla radiazione ultravioletta per consentire un'ulteriore, ma ancora non definitiva, polimerizzazione e diventare un rivestimento resistente e duraturo.

In Figura 21 è possibile vedere la solder mask di una scheda prodotta da JLCPCB. Da notare che le linee di confine sono quelle indicate nel punto esatto delle frecce.

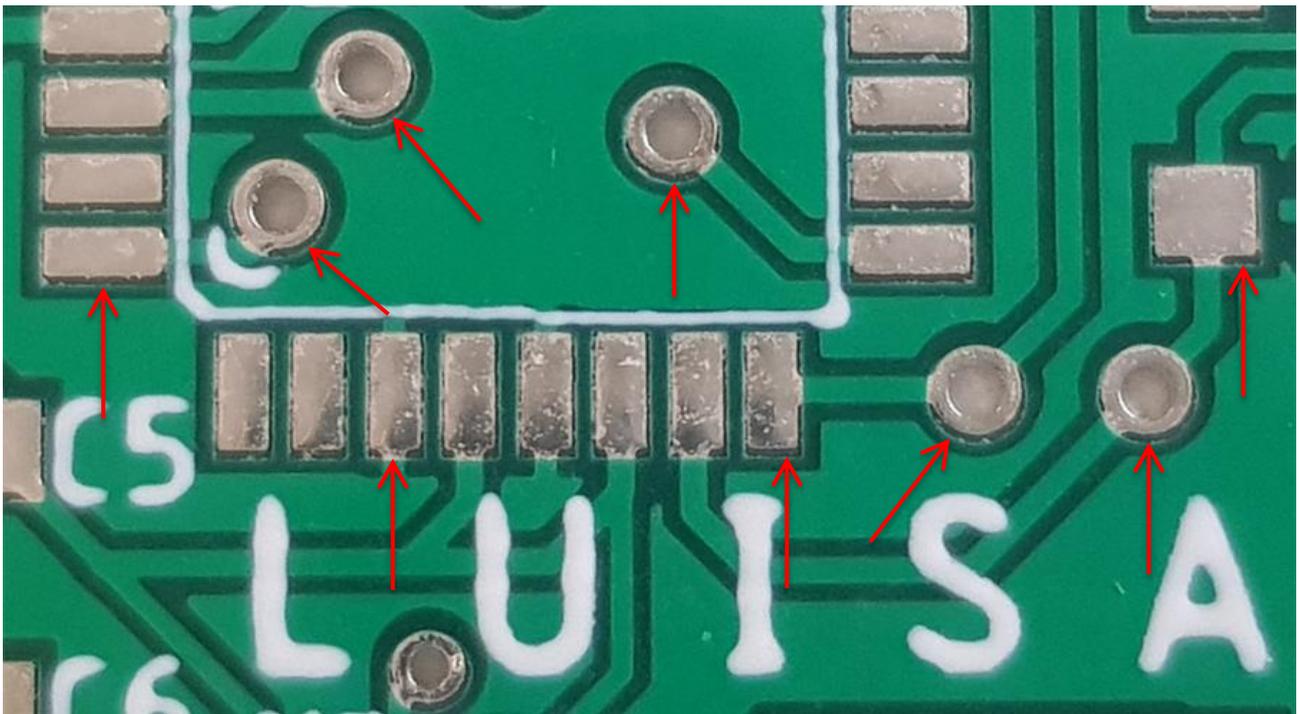


Figura 21: Linee di confine perimetrale della *solder mask*.

Fase 10

Serigrafia (*Silkscreen*)

La serigrafia è un processo di scrittura di sigle, numeri, loghi e profili dei componenti che aiuteranno a comprendere il layout di progetto del circuito. Anche questo processo è automatizzato con l'uso di una stampante a getto d'inchiostro bianco resistente all'acqua, che preleva i dati dal file di layout dei *silkscreen* nei *gerber files*. Per stampare su entrambe le facce verrà effettuata prima quella su una faccia, poi si asciugherà l'inchiostro con un getto d'aria calda, dopo di che la scheda verrà capovolta e il processo sarà ripetuto sull'altro lato. Il pannello verrà infine sottoposto a cura (polimerizzazione) per indurire definitivamente (e una volta per tutte!) la *solder mask* e asciugare del tutto l'inchiostro del *silkscreen* sulle superfici esterne. Nella Figura 22 è possibile vedere come si presentano le varie dimensioni dei caratteri di stampa, selezionati durante la progettazione al PC.

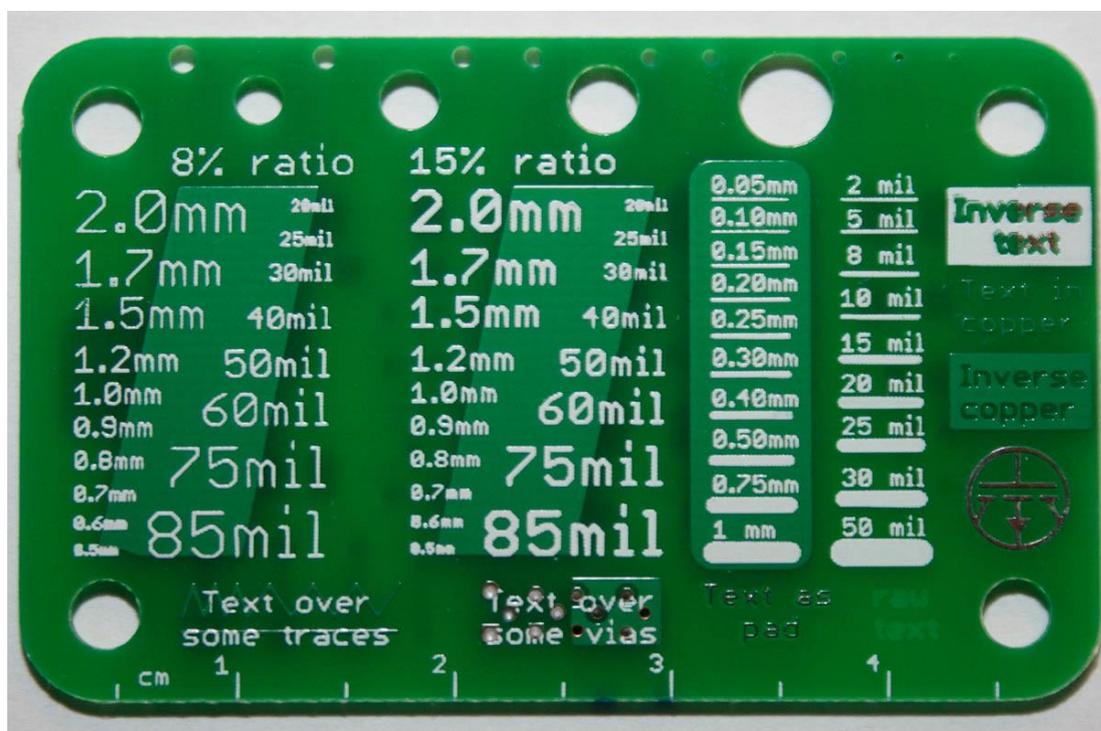


Figura 22: Diverse dimensioni del carattere per il *silkscreen*.

Fase 11

Finitura superficiale (*Surface finish*)



Figura 23: Macchinario per la finitura superficiale.

La finitura superficiale ha due scopi: proteggere il rame dalla corrosione e creare una superficie che consenta una buona saldatura dei componenti sul circuito durante l'assemblaggio finale. Durante questa fase le schede vengono rivestite con il processo ENIG (*Electroless Nickel Immersion Gold*), con dell'argento oppure con un altro processo chiamato HASL (*Hot Air*

Solder Levelling). Tra tutti i trattamenti superficiali citati, sicuramente l' *Hot Air Solder Levelling* rappresenta il sistema più comune di finitura per elementi saldabili. Durante questo processo il circuito stampato, che proviene dalla fase di *solder mask*, viene immerso in una lega Sn-Pb (Stagno-Piombo) fusa e, durante la successiva fase di estrazione, viene investito da getti di aria calda ad alta pressione che hanno il compito di livellare il deposito della lega ed eliminarne l'eccesso dai fori e dalle piazzole, in modo che risultino perfettamente piane e livellate.

In Figura 23 è visibile un tipico macchinario per la finitura superficiale.

Fase 12

Test di continuità elettrica (*Electrical test*)

La realizzazione di circuiti stampati prevede un test elettrico finale chiamato semplicemente *Electrical Test*, in modo da garantire la continuità delle piste nonché l'assenza di corto circuiti su tutte le reti (*net*) presenti sulla scheda.

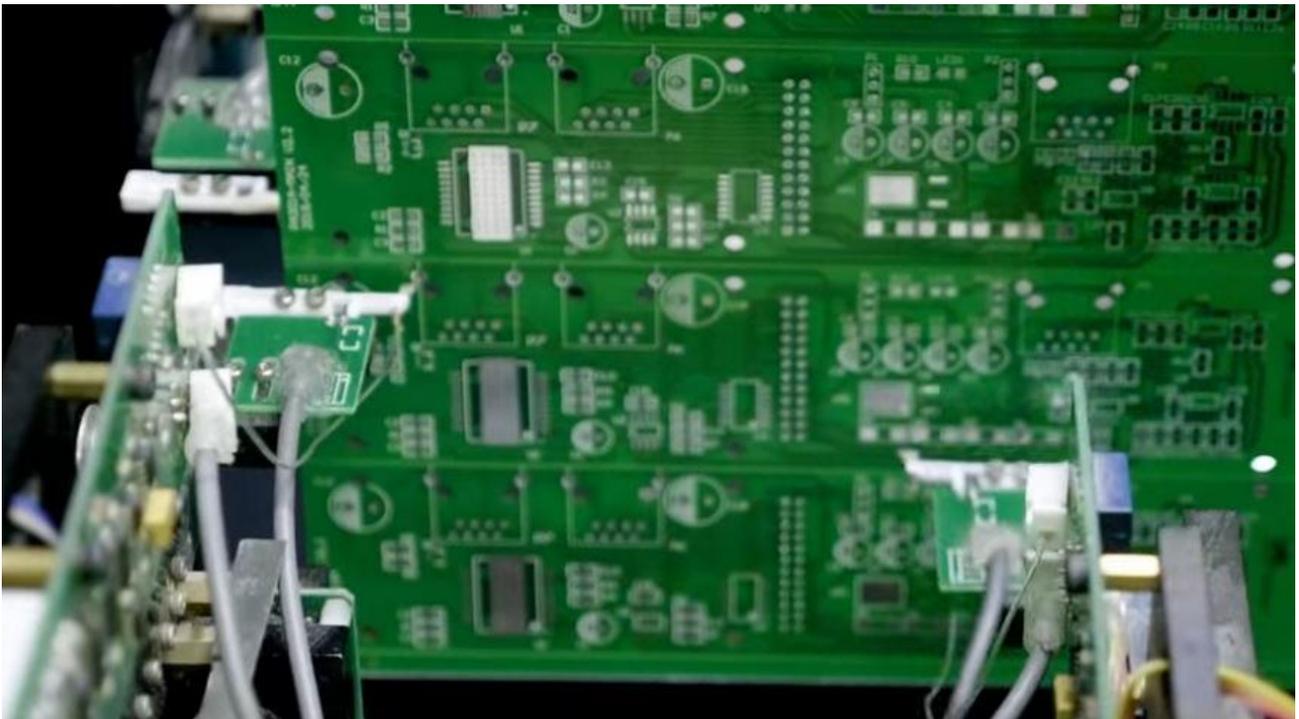


Figura 24: I due bracci della macchina automatica per il test di continuità elettrica.

In Figura 24 sono ben visibili i due bracci della macchina a controllo numerico che esegue il test di continuità elettrica. I bracci si muovono seguendo un preciso percorso ottimizzato dagli algoritmi interni della macchina e basato sui file di layout della scheda. Queste macchine riescono ad effettuare circa una decina di controlli al secondo, ma la velocità di esecuzione ed il tempo totale dipendono ovviamente dalla complessità dello schema elettrico e dal numero totale di tracce e pad.

Ogni traccia subisce quindi il suo controllo di continuità elettrica, e le eventuali anomalie vengono segnalate all'operatore attraverso un monitor come quello visibile in Figura 25.

Le parti in verde chiaro sono quelle per le quali il test è stato già eseguito. Quelle in blu scuro sono invece le parti sulle quali il test dev'essere ancora eseguito.

In basso, segnate di rosso, sono dettagliate le eventuali anomalie riscontrate.



Figura 25: Monitor per la rappresentazione dell'esito del test di continuità.

Fase 13

Profilatura e scanalatura a V (*Profiling and V-cutting*)

Dopo il test di continuità elettrica i pannelli devono essere sagomati tramite una fresatrice a controllo numerico come quella visibile nella Figura 26.

Questa è appunto la fase di profilatura (*Profiling*) dove vengono smussati i bordi del pannello e delle singole schede (se previsto da progetto) per renderli lisci e raccordati. I metodi di profilatura consentono alle PCB di essere posizionate bordo contro bordo in modo da ottimizzare l'utilizzo dei pannelli (Figura 27), sfruttandone il più possibile la superficie utile e riducendo così anche il materiale di scarto.

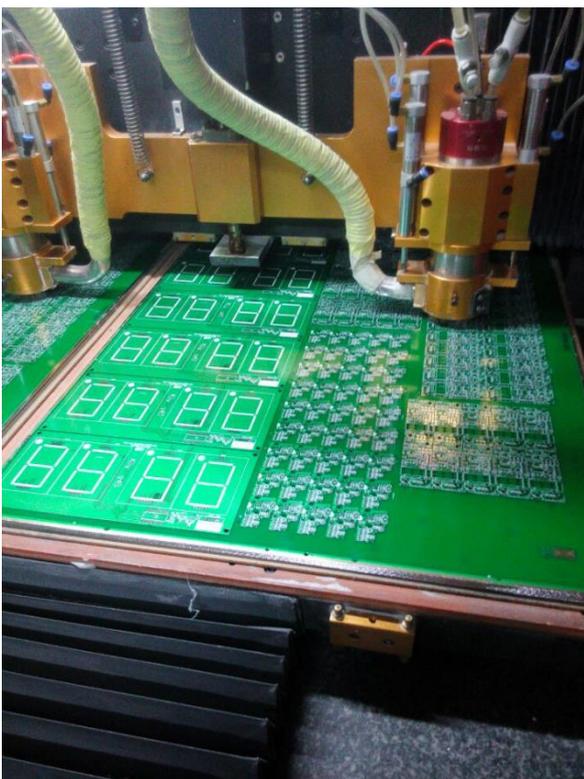


Figura 26: Fresatrice per la realizzazione della profilatura.

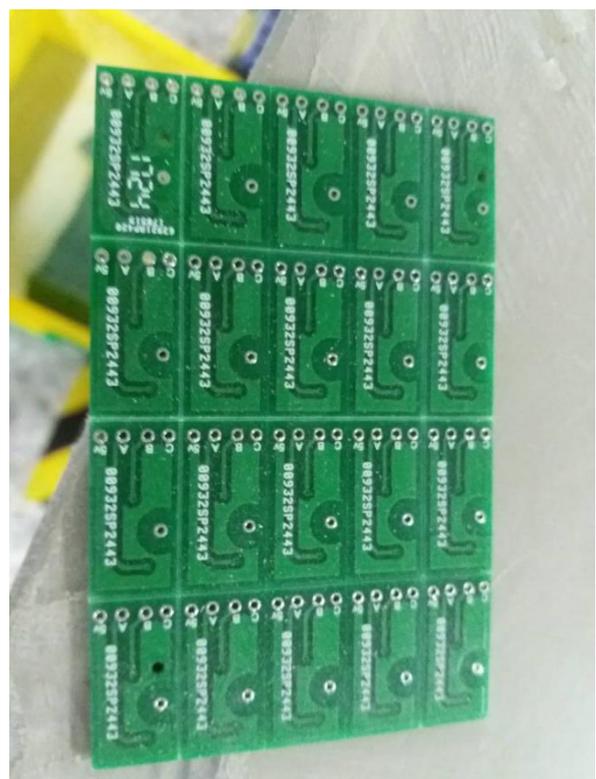


Figura 27: Pannello con più PCB dopo l'operazione di profilatura.

La seconda parte di questa fase, che viene dopo la profilatura, è la scanalatura a V, detta *V-scoring* oppure *V-cutting*, come visibile nella Figura 27.

Questa scanalatura, o solco, è utilizzata per la pre-separazione meccanica dei circuiti stampati presenti in diverse copie su uno stesso pannello di vetronite.

Una linea di rottura a forma di V è realizzata nel circuito stampato con un utensile da taglio di precisione.

Queste linee di rottura sono in realtà delle linee di indebolimento strutturale, che consentono alle schede di essere facilmente distaccate l'una dall'altra, ad esempio attraverso la semplice flessione con le dita sui lati opposti del solco di separazione.

Tipicamente la scanalatura a V riduce lo spessore del pannello di due terzi, lasciando quindi un terzo di spessore finale residuo.

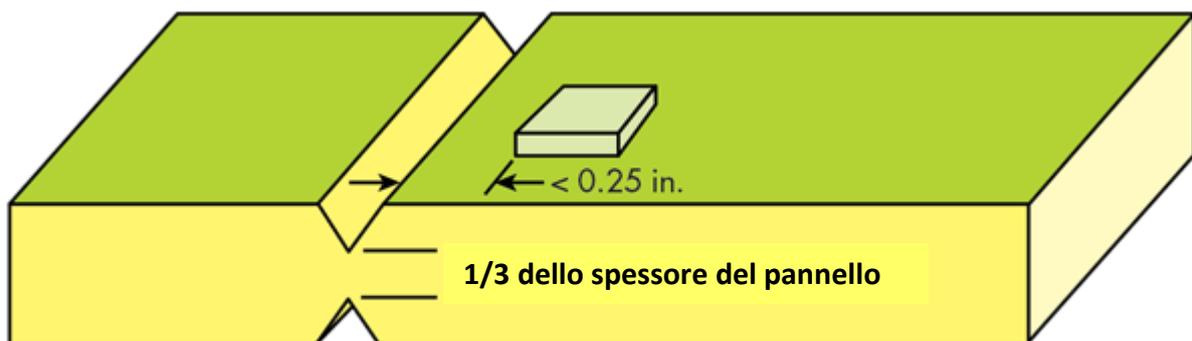
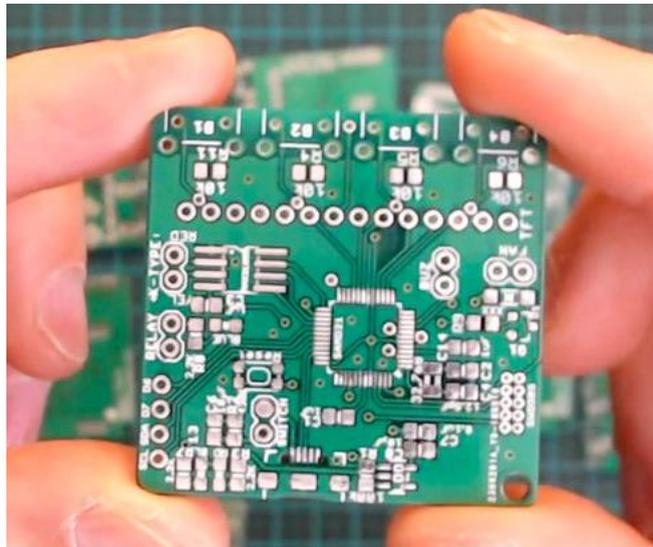
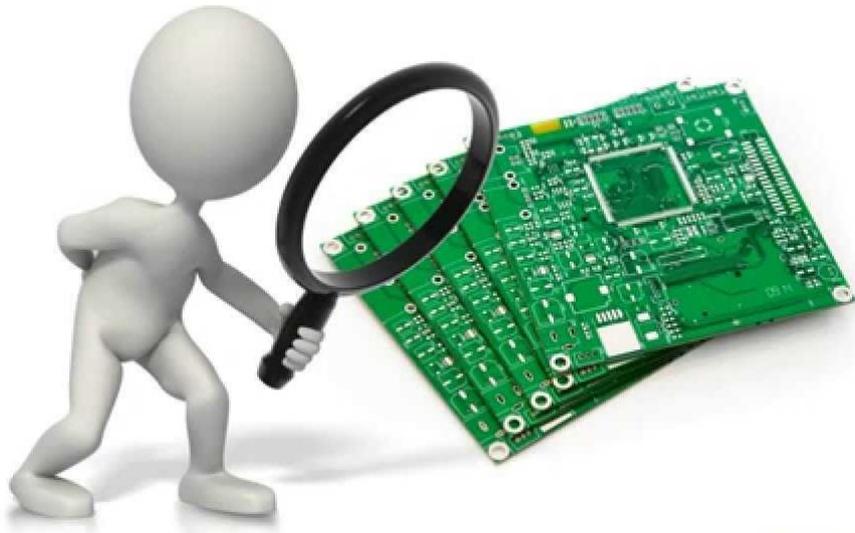


Figura 27: Scanalatura a V della PCB, in inglese *V-scoring* o *V-cutting*.

Fase 14

Controllo finale di Qualità (*Final Quality Inspection*)

Tutte le schede PCB, pur essendo state già sottoposte al test di continuità elettrica, sono comunque soggette ad una ispezione visiva finale per assicurarsi che il prodotto sia conforme ai requisiti di progetto.



Solo al termine di quest'ultima ispezione, se conclusa con esito positivo, il prodotto potrà procedere nell'ultima fase di imballaggio e spedizione al cliente.

Fase 15

Imballaggio e spedizione (*Packaging and Shipping*)

Con la stessa cura con la quale sono state eseguite tutte le fasi del processo produttivo fin qui descritto, JLCPCB effettua un imballaggio a regola d'arte, utilizzando materiali che proteggono meccanicamente le schede durante il trasporto e silica gel per la riduzione dell'umidità ambientale all'interno dell confezione.



Marzo 2020