



Ale Torrisi (Aletox)

METODI DI PRODUZIONE DI CIRCUITI STAMPATI A CONFRONTO!! BY AT LAB

26 October 2018

In questo articolo cerco di dare una visione dei possibili metodi per la produzione di circuiti elettronici stampati a livello amatoriale, affrontando i possibili aspetti che caratterizzano le diverse procedure. Prenderò in esame la produzione di PCB tramite tecnica di fotoincisione, di fresatura con macchina mini-CNC ed infine l'acquisto tramite siti specializzati. Inoltre, per completezza, verranno considerati i metodi che prevedono l'utilizzo di schede millefori e, similmente alla tecnica di fotoincisione, la procedura Press&Peel.

Cercherò di dare delle nozioni derivate dalle esperienze che ho avuto con le diverse tecniche. L'idea è quella di dare un giudizio (sicuramente opinabile) per ogni aspetto valutato; se secondo voi sono da valutarsi altri aspetti sarò lieto di leggere le vostre opinioni scritte nei commenti.

In questo confronto ho considerato anche il metodo di produzione tramite un sito specializzato anche se non è propriamente "fai-da-te". Tuttavia per molti (me compreso) risulta molto comodo avere la possibilità di realizzare dei PCB con tutte le finiture del caso senza dover necessariamente investire in strumenti e materiali.

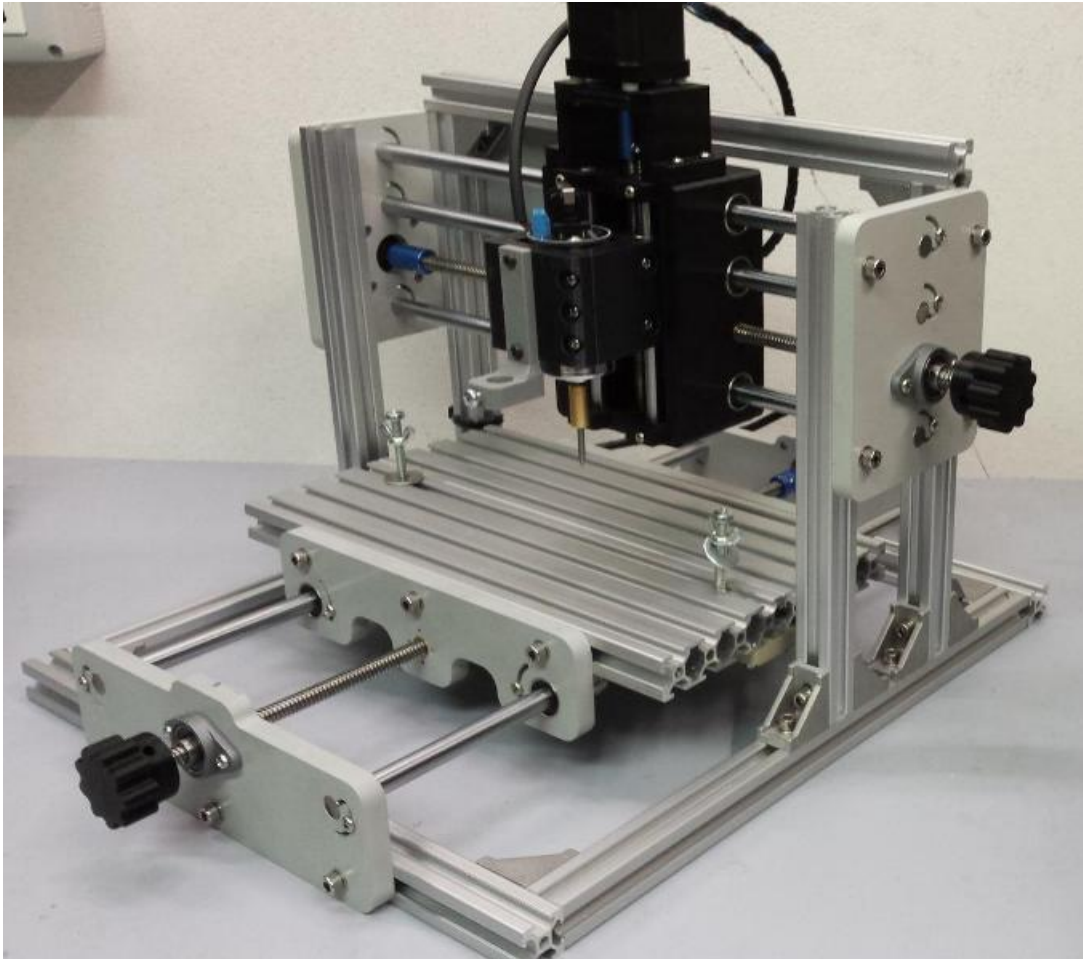
C'è da aggiungere che la valutazione vale a livello hobbistico, molti aspetti possono cambiare se visti su una produzione industriale e magari su scala più ampia.

La valutazione

Per la valutazione delle varie tecniche sono partito dal presupposto di avere già con se i necessari file gerber e lo schematico definitivo del circuito da realizzare. Inoltre considero nello specifico le seguenti tecniche, di cui riporto i dettagli di seguito:

- Fotoincisione: tecnica che prevede l'utilizzo di basette in vetronite con strato di rame (1.6mm 35um) e presensibilizzate con fotoresist. Il processo prevede l'esposizione UV del fotoresist tramite bromografo autocostruito ([video](#)), sviluppo mediante soda caustica, incisione con cloruroferrico, possibili finiture con solder mask o solder resist.
- Fresatura: la fresatura è un processo che prevede l'utilizzo di una macchina a controllo numerico tramite la quale si esporta (incisione) lo strato di rame di una basetta in vetronite (1.6mm 35um) in modo da isolare i diversi collegamenti. La macchina che utilizzo è la seguente, acquistata tramite il sito [Bangood](#): 24x17cm area di lavoro, utensili 3.175mm 0.1mm 30° (visitare: [link](#)).

- Realizzazione su millefori: si utilizza una scheda preforata corredata di righe e colonne di pad circolari. Si eseguono i collegamenti con filo di lega conduttiva nudo o isolato con guaina.
- Siti specializzati: per esperienza mi affido al sito di produzione di circuiti stampati JLCPCB ([link](#)), che offre la produzione di PCB di qualità professionale a prezzi veramente molto contenuti(2\$ per 10 PCBs). Inoltre il sito fa parte della suite EasyEDA ([link](#)) tramite la quale è possibile fare il design del layout e acquistare la componentistica elettronica.



Fresa mini-CNC

Gli aspetti valutati sono i seguenti e affrontati nel dettaglio più avanti, ma sicuramente ce ne possono essere altri. Infatti sono contento di sentire anche altre opinioni nella sezione dei commenti sottostante.

- Complessità
- Qualità
- Costi
- Tempo

- Materiali ed usura
- Aspetti minori

Complessità

La valutazione della complessità comporta il capire quali sono i passaggi necessari ad ottenere il prodotto finito, a partire dai file gerber (o lo schematico per millefori). Ad esempio la complessità della procedura vera e propria oppure dell'utilizzo di software specifici: in generale si usano software semplici tuttavia bisogna conoscerli e saperli usare. Per quanto riguarda la fotoincisione bisogna stampare i file gerber, possibilmente su supporto trasparente (carta lucido o fogli da lucido), analogamente per le tecniche toner-transfer o press&peel. Una volta eseguita la stampa si procede con diversi passaggi chimici che necessitano un po' di pratica e di prove: in particolare l'esposizione agli UV e lo sviluppo con soda caustica, per i quali sono fondamentali le tempistiche perché determinano la qualità del risultato finale. Per la fresatura CNC è necessario generare il file gcode che verrà gestito dalla macchina. Per fare ciò servono diversi software di cui un CAM, come flatCAM che prende il file gerber ed esporta il gcode. Un "gcode sender", come bCNC o universalGcodeSender che passerà i comandi alla macchina che li eseguirà. A proposito della realizzazione su millefori la questione è molto delicata perché, di fatto, è un'abilità nel saper posizionare i componenti e nel realizzare con ordine i collegamenti. Procedimento per cui certamente serve molta pratica ma che in sostanza è alla portata di tutti!

Fotoincisione Fresatura CNC Sito specializzato Millefori

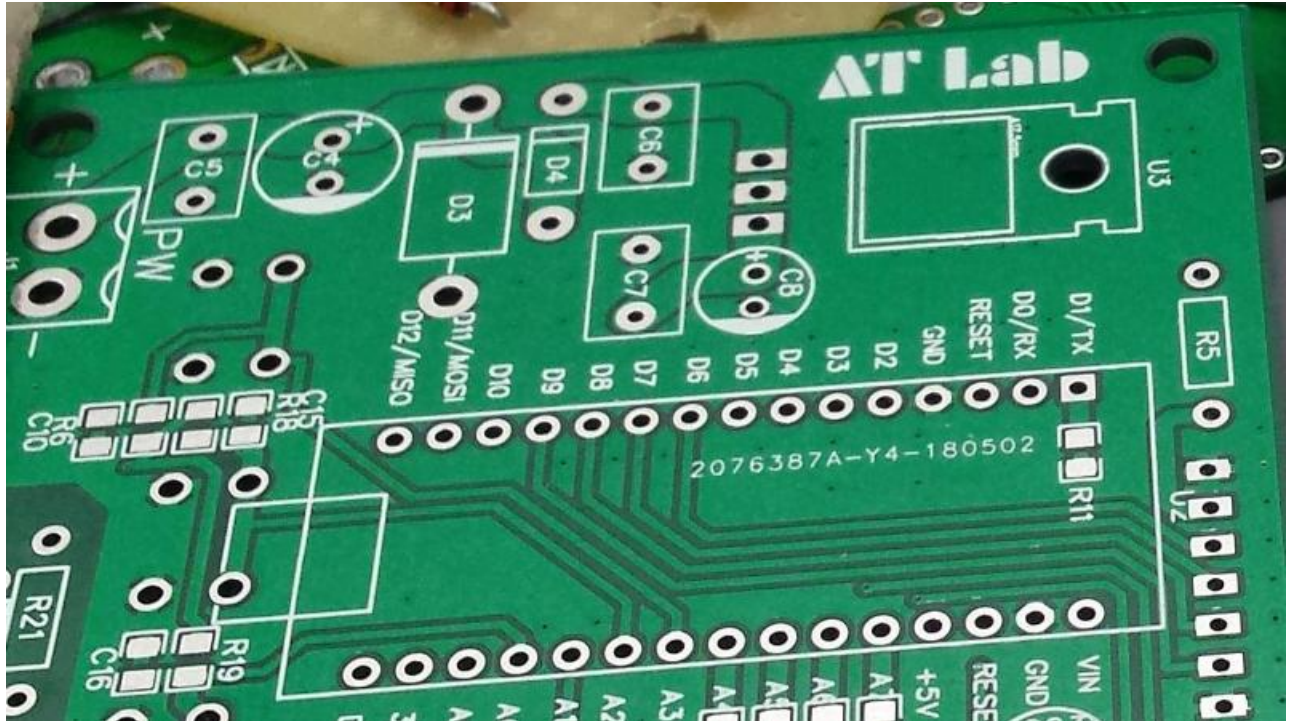
Complessità	6	8	10	7
-------------	---	---	----	---

Qualità

La valutazione dell'aspetto qualitativo di un circuito stampato a sua volta richiede l'osservazione di aspetti specifici diversi. Ad esempio molto importante è la minima distanza ottenibile tra le diverse parti isolate (clearance), oppure le finiture possibili. Questi aspetti si riflettono direttamente sulla possibilità di utilizzare diverse tecnologie per la scelta della componentistica elettronica (componenti TH o SMD, dimensioni dei componenti SMD). Naturalmente molto importante è anche la qualità dal punto di vista elettrico ed elettronico dei collegamenti (EMI, disturbi, diafonia ecc ecc.). In questo caso si può intuire che la realizzazione su millefori è sicuramente la più scarsa, mentre le altre procedure certamente sono di gran lunga migliori. Un altro aspetto da valutare è la possibilità di realizzare PCB multilayer, questo aspetto è importante sia per la qualità dal punto di vista elettrico ma soprattutto sulla possibilità di ridurre le dimensioni complessive.

Fotoincisione Fresatura CNC Sito specializzato Millefori

Qualità	8	7	10	4
---------	---	---	----	---



PCB prodotto da JLCPCB

Costi

I diversi metodi possono essere valutati dal punto di vista dei costi. Bisogna però fare attenzione, perché i costi comprendono i materiali primari, ma anche gli strumenti necessari al processo di produzione. In generale per quel che riguarda i materiali base per la produzione di circuiti stampanti si parla di basette di vetronite FR4 ramate, con spessori rispettivamente di 1.6mm e 35um. Queste possono essere rivestite o meno di uno strato di materiale fotosensibile. In un caso si usano per la fotoincisione, nell'altro per lavorazione con CNC o press&peel. Le lavorazioni naturalmente hanno un costo legato al consumo di materiali, come gli acidi necessari per la produzione tramite fotoincisione. A differenza della fresatura per la quale non c'è la necessità di usare né acidi né basette presensibilizzate, ma bisogna avere in casa la macchina CNC, che certamente è un oggetto che ha il suo costo (per riferimento potete consultare il seguente link alla macchina che utilizzo io: [mini-CNC](#)). La produzione tramite siti specializzati d'altra parte presenta un costo definitivo e in genere fissato. Se ad esempio si usa il servizio offerto da JLCPCB il costo deve comprendere anche la spedizione, che comunque rimane molto contenuto. Per la realizzazione su millefori i costi da affrontare sono legati alla basetta, l'elevato consumo di stagno, di fili (che spesso si possono recuperare da vecchi apparecchi), quindi nel complesso un costo relativamente contenuto.

Fotoincisione Fresatura CNC Sito specializzato Millefori

Costi 6	6	5	8
---------	---	---	---

The image shows a promotional banner for JLCPCB. On the left, it says 'Prototype PCBs for Only \$2' with subtext: 'Layer: 1-2 Layer Size: 100mmx100mm. Bring your designs to fruition faster and easier than before. Free you to focus on your innovations and business.' On the right, there is a 'GET INSTANT QUOTE' form with the following fields: Dimensions (100 x 100 mm), Quantity (Choose None (10pcs)), Layers (2 Layers), and Thickness (1.6 mm). A 'QUOTE NOW' button is located below the form.

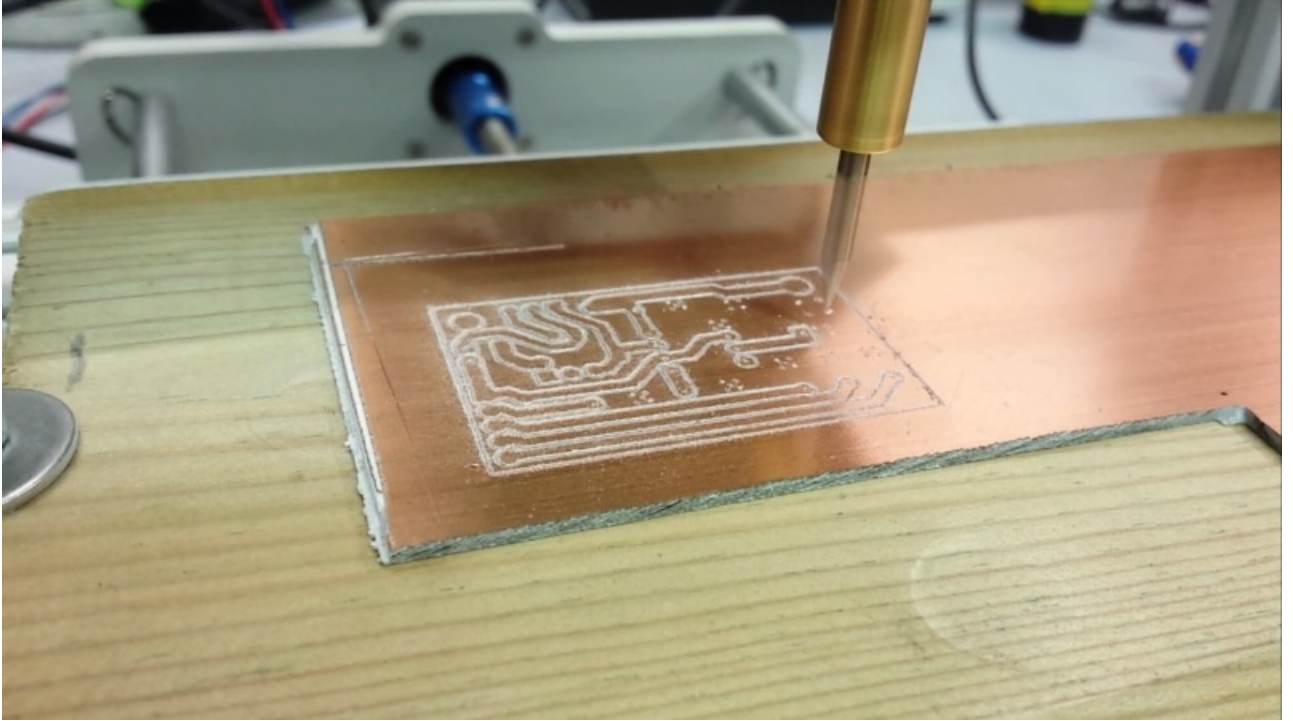
Offerta di JLCPCB 2\$

Tempo

Uno degli aspetti più importanti è il tempo che si impiega a realizzare il circuito stampato. Naturalmente al primo posto, con un voto di 10, verrebbe spontaneo mettere la produzione tramite sito specializzato (ad esempio [JLCPCB](#)). A mio avviso in realtà è proprio il contrario, se consideriamo il tempo di produzione inteso come complessivo per ottenere il prodotto finito dobbiamo considerare anche i tempi di spedizione. Che in tutta generalità superano la giornata, quindi paragonati ai tempi degli altri metodi sono lunghissimi. Complessivamente fotoincisione e fresatura tramite macchina a controllo numerico impiegano più o meno lo stesso tempo, che per un amatore con un po' di esperienza si aggira sulla mezz'ora, quindi relativamente contenuto. In base alle dimensioni del circuito ed alle quantità da realizzare una tecnica può essere più veloce dell'altra. Naturalmente il processo di realizzazione con millefori è più lento e laborioso, in quanto è necessario realizzare molti collegamenti e questo può portare via tranquillamente diverse ore di lavoro.

Fotoincisione Fresatura CNC Sito specializzato Millefori

Tempo	8	9	3	5
-------	---	---	---	---



Fresatura della basetta ramata con CNC

Materiali ed usura

Altro aspetto importante da tenere a mente è l'impiego di materiali, l'usura ed aspetti legati alla produzione vera e propria. Ad esempio con la millefori bisogna tener conto che si utilizza molto stagno e molti cavetti per realizzare i diversi collegamenti, invece per quanto riguarda la produzione da un sito specializzato, il consumo di stagno e del saldatore sono sicuramente molto più contenuti. A scalare troviamo la lavorazione con CNC che impiega sicuramente la macchina e naturalmente anche gli utensili che si usurano come le punte che vanno cambiate. Nonchè il rumore che la macchina produce durante la lavorazione. All'ultimo posto troviamo la fotoincisione in quanto è necessario utilizzare molte sostanze chimiche tra cui acidi che si consumano (l'acido per l'incisione si satura e non risulta più così aggressivo) e le basette ramate presensibilizzate. A differenza della produzione con CNC che bastano delle basette ramate qualsiasi.

Fotoincisione Fresatura CNC Sito specializzato Millefori

Materiali ed usura	5	7	9	7
--------------------	---	---	---	---

Aspetti minori

Vi sono poi altri aspetti da considerare, come lo sporco e il rumore, che spesso possono far cambiare idea sulla scelta di un processo piuttosto che un'altra. Ad esempio la nota di demerito va alla fotoincisione in quanto lo sporco e le scorie che si producono sono veramente molte,

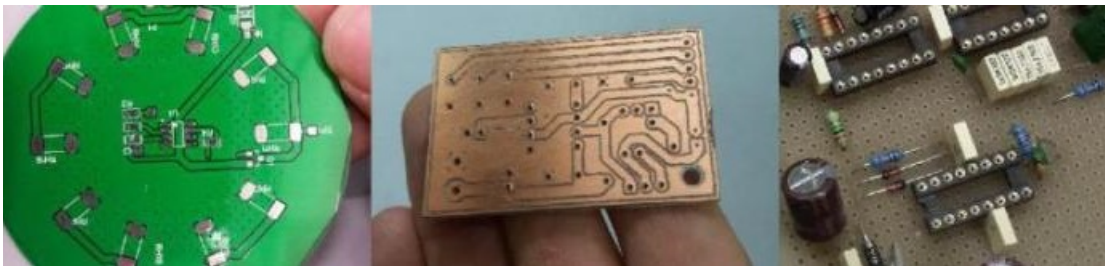
specialmente se si utilizza il cloruro ferrico come acido per l'incisione. Naturalmente anche la fresatura con CNC produce polveri, ma in maniera molto più contenuta; il prezzo da pagare però è una rumorosità molto elevata della lavorazione. Per quanto riguarda la realizzazione con millefori l'aspetto negativo è legato ai tempi di esposizione ai vapori di saldatura, che certamente non sono salutari. A primo impatto la produzione tramite un sito specializzato sembra non avere nessuno di questi problemi in quanto tutto si riduce al solo montaggio dei componenti. Il problema è che quando si fanno produrre dei PCB, visti i lunghi tempi, bisogna esser sicuri sul layout e sul circuito perchè non si hanno altre possibilità.

Per questa sezione non viene espresso un giudizio

Conclusioni

Valutati tutti gli aspetti riporto di seguito i risultati parziali ed il totale:

	Fotoincisione	Fresatura CNC	Sito specializzato	Millefori
Complessità	6	8	10	7
Qualità	8	7	10	4
Costi	6	6	5	8
Totale	33	37	37	31



Diversi PCB realizzati con le diverse tecniche

Avendo avuto esperienza con tutti i metodi analizzati posso confermare che il risultato sembra essere sensato. Infatti considerati gli aspetti importanti, le due procedure di produzione con il punteggio più alto, lavorazione con CNC e produzione tramite siti specializzati, possono ritenersi a pari merito per quello che riguarda un hobbista. Naturalmente le singole fattispecie possono far cambiare i risultati e portare in vantaggio l'una rispetto all'altra. Ad esempio se il quantitativo di circuiti da realizzare è elevato la produzione tramite siti specializzati può essere più vantaggiosa. Se invece si preferisce avere un circuito in tempi molto ristretti la scelta certamente ricade sulla fresatura con CNC.

Quindi in definitiva il vincitore di questo confronto è... **FRESATURA CNC!!!!**

Ringrazio per l'attenzione ed invito il lettore a visitare i link forniti nel testo e il mio canale di divulgazione su YouTube.

- YouTube: [AT Lab](#)
- Fresa CNC: [mini-CNC](#)
- Produzione di circuiti stampanti online: [JLCPCB](#)
- EasyEDA: [link](#)

Estratto da "<https://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Aletox:metodi-di-produzione-dei-circuiti-stampati-a-confronto>"