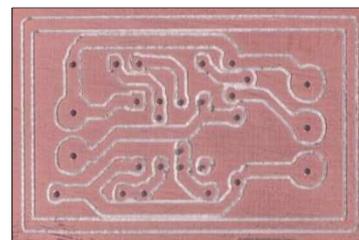
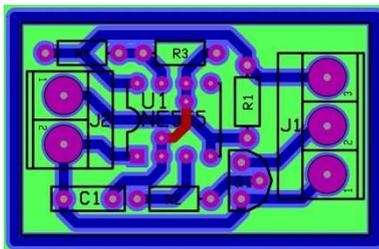


# CirMach - Circad® to Mach3® Converter

Convertitore di file Circad® / T-Tech® in formato Mach3®

Revisione del manuale: 31 ottobre 2011



## 1. Introduzione

Il programma CirMach converte i file generati da Circad® (<http://www.holophase.com>) in formato HPGL per le macchine a controllo numerico (CNC) della T-Tech® (<http://www.t-tech.com>), in comandi *G-Code* e *M-Code* interpretabili dal programma Mach3® (<http://www.machsupport.com>), permettendo la realizzazione di circuiti stampati (PCB) mediante le fasi di: scontornatura delle piste (incisione), eliminazione delle aree di rame (pulizia), foratura, scontornatura del PCB ed, eventualmente, lavorazione del pannello del circuito elettronico.

Circad® è disponibile in una versione di valutazione che permette di disegnare, senza alcuna limitazione, lo schema elettrico ed il PCB di un qualsiasi circuito elettronico ed è priva, rispetto alla versione commerciale, delle sole funzioni di esportazione in formati speciali (es. Gerber®, AutoCad®, eccetera).

Per imparare ad utilizzare Circad®, vi rimando al mio corso pubblicato dalla (fu) rivista Elettronica Flash nel 2004 in cinque puntate (febbraio-giugno), ora disponibile gratuitamente sul sito della rivista (<http://www.elettronicaflash.it> [non sempre attivo]) e sul mio sito (<http://www.tattik.it>).

Il Corso Circad® si riferisce alla versione 4.x del programma, disponibile per il download dal sito del produttore (<http://www.holophase.com/dlevel4.htm>) o dal mio sito. Circad® è attualmente disponibile anche nella versione 5.x (chiamata OmniGlyph®) che non è supportata né dal programma CirMach, né dal mio Corso Circad® ed ha un formato dei file incompatibile con quello della versione 4.x.

## 2. Generazione dei file T-Tech®

Prima di proseguire, vi consiglio di leggere con attenzione la sezione “**Circad® e le macchine CNC**” della quinta puntata del Corso Circad®, in modo da familiarizzare con l’opzione “Track Isolation” e con i concetti di scontornatura delle tracce ed affini.

La generazione dei file in formato T-Tech® inizia con l’apertura di un qualsiasi circuito stampato creato con Circad®. In questo manuale farò riferimento al file d’esempio “*CirMach\_DemoPCB.pcb*”, disponibile sul mio sito per permettervi, eventualmente, di eseguire le operazioni qui descritte.

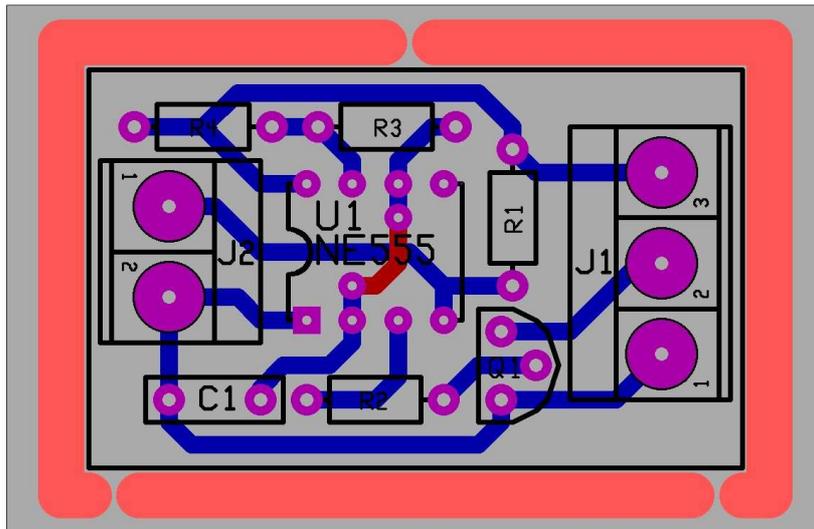


Figura 1 - Il circuito stampato d’esempio “*CirMach\_DemoPCB.pcb*” aperto da Circad®

Il PCB è completo di tutti gli elementi necessari per poter essere successivamente realizzato:

- In **arancione** sono visibili delle spesse linee che racchiudono il PCB e che rappresentano le aree che verranno fresate per scontornarlo. **Lo spessore della linea è uguale al diametro del tool della CNC che verrà utilizzato**, mentre le interruzioni nel contorno fanno in modo che il PCB non si stacchi dalla piastra mentre è in corso la lavorazione meccanica. Al termine della lavorazione sarà possibile rimuovere il PCB tagliando le piccole aree che lo tengono vincolato al resto della piastra. *Simili linee, che possono essere omesse se non si desidera scontornare il PCB, possono essere posizionate per creare ulteriori fresature, ad esempio per separare le sezioni di alta e bassa tensione del circuito.*
- In **viola** si possono vedere i *pad* dei componenti, che verranno scontornati nella fase di incisione. Solo questi elementi saranno successivamente perforati durante la fase di foratura.
- In **blu** sono visibili le tracce che collegano i componenti e che verranno scontornate nella successiva fase di incisione.
- In **rosso** è visibile un ponticello, realizzato come connessione elettrica sul lato componenti del PCB, che verrà ignorato durante la generazione dei file T-Tech®.
- In **nero** è visibile la serigrafia del PCB, che verrà ignorata durante la generazione dei file T-Tech®.

Dopo aver aperto il file “CirMach\_DemoPCB.pcb”, occorre **spostare** tutto il PCB in prossimità delle coordinate (” = pollici) [ **X=0.000”** | **Y=0.000”** ], corrispondenti all’angolo inferiore sinistro del riquadro giallo che contorna il PCB.

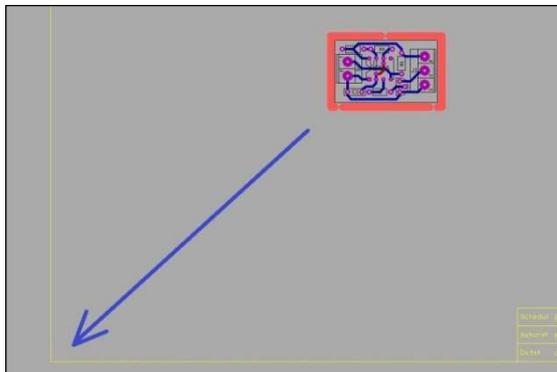


Figura 2 - Posizione iniziale del PCB

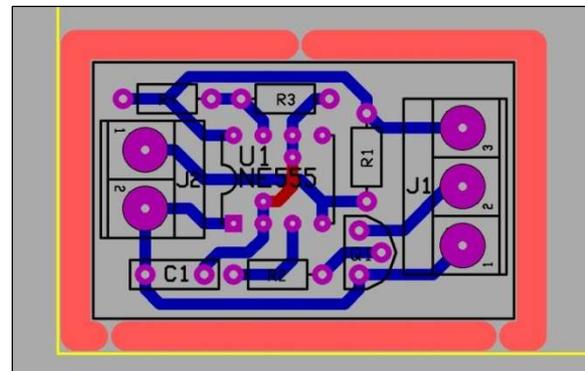


Figura 3 - PCB dopo lo spostamento

E’ possibile passare dalla visualizzazione in coordinate assolute, richiesta per l’operazione di spostamento, a quella in coordinate relative (modalità evidenziata da un asterisco accanto alla coordinata **Y**) e viceversa, utilizzando ciclicamente il comando da tastiera [**SP**], come indicato “Lezione 1 del Corso Circad®”.

Per effettuare lo spostamento utilizzate il comando da tastiera [**BG**] e selezionate un riquadro che contenga **tutto** il PCB, comprese le linee **arancioni**, scegliendo come “source reference point” l’angolo inferiore sinistro del riquadro, quindi, con il comando da tastiera [**BM**] muovete il PCB in una posizione il più vicino possibile alle coordinate di destinazione [ **X=0.000”** | **Y=0.000”** ].

In pratica, le due linee gialle, che hanno origine nel punto [ **X=0.000”** | **Y=0.000”** ], delimitano l’area di lavoro che sarà effettivamente interessata dalla CNC per la fresatura.

Lo spostamento del PCB in questa posizione garantisce che, una volta avviato Mach3® e impostate le coordinate macchina assolute su [ **X=0.000”** | **Y=0.000”** ( | **Z=0.000”** ) ], la fresatura del circuito stampato avverrà esattamente a partire da tale punto, simmetricamente rispetto all’asse **Y**.

Prima di creare le linee guida per l’incisione, la pulizia e lo scontorno del circuito stampato, occorre conoscere le specifiche della fresa “a bulino” utilizzata dalla CNC per incidere il rame: **diametro dell’albero (D)**, **angolo di taglio (A)** e **raggio di taglio (R=t/2)**.

Per un’ottima qualità di incisione utilizzate frese con un angolo di taglio piccolo (10°-20°) e un raggio di taglio altrettanto piccolo (0,1-0,2 mm), ma anche frese con angolo e raggio di taglio maggiori possono essere utilizzate con ottimi risultati. Tutto dipende dal tipo di lavorazione richiesta e dalle caratteristiche della CNC impiegata.

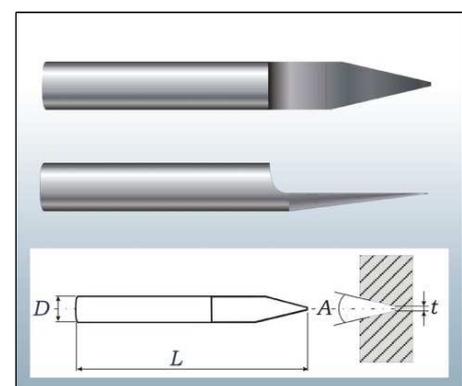


Figura 4 - Fresa “a bulino”

Notate che un angolo di taglio piccolo limita la rimozione dello strato di rame delle tracce scontornate, mentre un raggio di taglio altrettanto piccolo aumenta la definizione delle piste, permettendo di scontornarle correttamente anche quando la distanza tra una coppia di esse è molto piccola.

R (mm)	F (inches)	F (mils)
0,1	0,004	3,937
0,2	0,008	7,874
0,3	0,012	11,811
0,4	0,016	15,748
0,5	0,020	19,685
0,6	0,024	23,622
0,7	0,028	27,559
0,8	0,031	31,496
0,9	0,035	35,433
1,0	0,039	39,370

Tabella 1 - Conversione di R in F

**Moltiplicate per due il valore in millimetri del raggio di taglio (R) e dividetelo per 25,4. Otterrete così un valore, in pollici, che chiameremo F, il quale rappresenta il minimo spessore del percorso di scontorno delle tracce del circuito stampato nonché la minima distanza tra due piste che può essere ottenuta utilizzando la fresa scelta.**

Ad esempio, una fresa con **R = 0,1 mm** darà **F = 0,004"**.

A questo punto, con il riquadro del PCB ancora selezionato, utilizzate il comando **[BT]** per accedere alla maschera di configurazione dell'opzione "Track Isolation", dove configurerete solo la parte "Top Side".

L'opzione, con i seguenti parametri di configurazione, dovrà essere utilizzata **due volte**: una per la fase di **incisione** (parametri della colonna "Incisione") ed un'altra per quella di **pulizia** (parametri della colonna "Pulizia"), mentre i dati per la scontornatura e la foratura verranno estratti successivamente con l'opzione "Isolation Output".

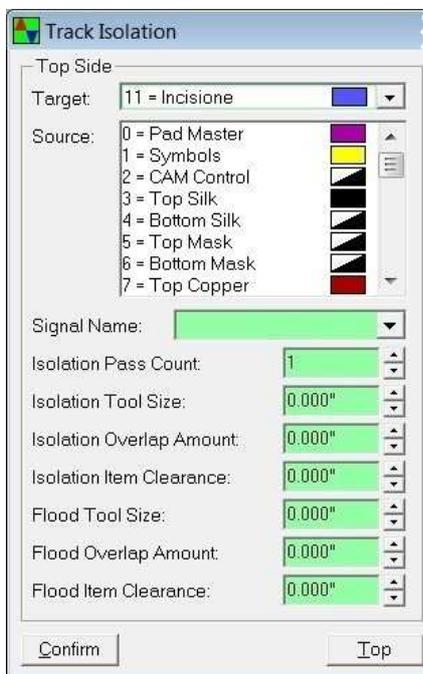


Figura 5 - L'opzione "Track Isolation"

Parametri	Fase	
	Incisione	Pulizia
<i>Target</i>	11 = Incisione	12 = Pulizia
<i>Source(*)</i>	0 = Pad Master 8 = Bottom Copper	0 = Pad Master 8 = Bottom Copper
<i>Signal Name</i>	lasciare vuoto	lasciare vuoto
<i>Isolation Pass Count</i>	1	1
<i>Isolation Tool Size</i>	F (es. 0.004")	0.000"
<i>Isolation Overlap Amount</i>	0.000"	F/2 (es. 0.002")
<i>Isolation Item Clearance</i>	0.000"	0.000"
<i>Flood Tool Size</i>	0.000"	F (es. 0.004")
<i>Flood Overlap Amount</i>	0.000"	0.000"
<i>Flood Item Clearance</i>	0.000"	F/2 (es. 0.002")
	↓ Impostare e premere "Top"	↓ Impostare e premere "Top"

(\*) Occorre selezionare i layer indicati cliccando sul loro nome. Gli stessi passano alternativamente dallo stato selezionato (sfondo **nero**) a non selezionato (sfondo **bianco**).

Il risultato sul circuito stampato sarà quello visibile nelle **Figure 6 e 7**.

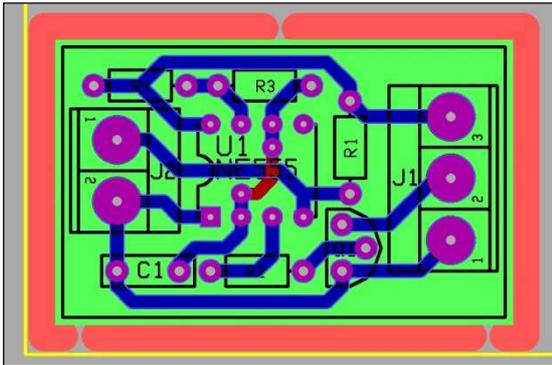


Figura 6 - Effetto dell'opzione "Track Isolation"



Figura 7- Dettaglio delle tracce di sintono e di pulizia

In pratica, sul *layer* "Incisione" verranno create delle linee e degli archi (in azzurro nelle **Figure 6 e 7**) che contorneranno tutti gli elementi presenti sul *layer* "Bottom Copper" (rame lato componenti, in blu nelle **Figure 6 e 7**) e sul *layer* "Pad Master" (pad dei componenti, in viola nelle **Figure 6 e 7**) che costituiranno il percorso di sintono che sarà seguito dalla CNC durante la lavorazione del circuito stampato.

L'area in verde (**Figure 6 e 7**) è costituita da sottili linee orizzontali (**Figure 8**) che, sempre evitando di collidere con gli elementi presenti sui *layer* di cui sopra, riempiono tutta l'area selezionata prima di utilizzare l'opzione "Track Isolation".

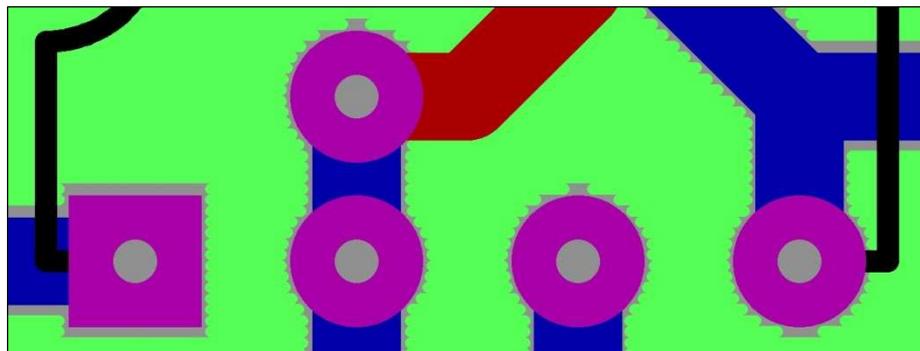


Figura 8 - Dettaglio delle linee orizzontali di pulizia del PCB

**Nota:** la fase di pulizia del circuito stampato (incisione completa dell'area verde - **Figure 6, 7 e 8**), richiederà una grande quantità di tempo, poiché la CNC dovrà incidere singolarmente tutte le aree delimitate da ciascuna delle linee verdi presenti sul *layer* "Pulizia".

La fase di pulizia non è strettamente necessaria se non utilizzate componenti SMD o se la fresa impiegata durante la fase di incisione (linee in azzurro nelle **Figure 6 e 7**) vi permette di realizzare un buon isolamento elettrico tra le piste scontornate e le aree di rame adiacenti.

Esiste un **metodo alternativo** e più rapido, che consente di tracciare una serie progressiva di linee di sintono delle tracce del circuito stampato, in modo da ridurre la dimensione finale dell'area residua di rame non incisa, garantendo comunque un corretto isolamento elettrico tra le diverse connessioni.

Per realizzare questo tipo di scontorno delle piste, senza utilizzare una fresa di diametro elevato che potrebbe danneggiare le zone del PCB in cui l'isolamento richiesto tra diverse aree di rame sia molto piccolo, invece di realizzare due distinte fasi (incisione del rame per scontornare le piste e pulizia delle aree residue), occorre impostare l'opzione "Track Isolation" **una sola volta** con le opzioni visibili di seguito, così da realizzare un'unica fase di "Incisione + Pulizia".

Con tali impostazioni verrà creata una serie di 10 percorsi di isolamento (parametro "Isolation Pass Count") paralleli, via via più distanti dalla traccia da scontornare. E' opportuno che queste linee, per garantire l'assenza di residui di rame, vengano posizionate in modo da sovrapporsi in parte con quelle precedenti (parametro "Isolation Overlap Amount"). Tali parametri sono ovviamente modificabili a seconda del tipo di lavorazione richiesta e delle caratteristiche della fresa impiegata.

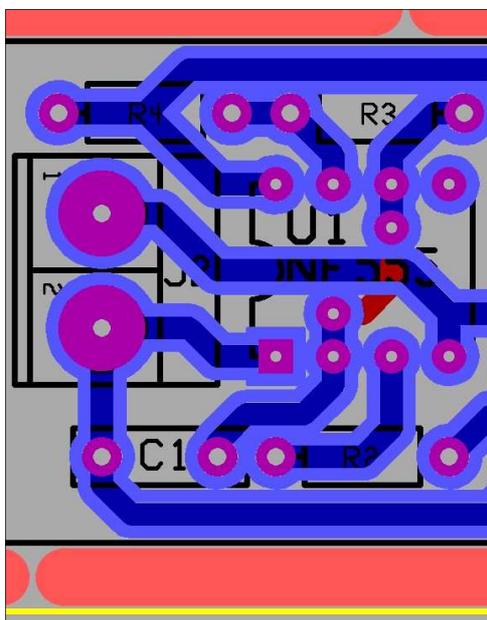


Figura 9 - Metodo alternativo pulizia del PCB

Parametri	Fase
	<b>Incisione+Pulizia</b>
Target	11 = Incisione
Source	0 = Pad Master 8 = Bottom Copper
Signal Name	lasciare vuoto
Isolation Pass Count	<b>10</b>
Isolation Tool Size	F (es. 0.004")
Isolation Overlap Amount	F/2 (es. 0.002")
Isolation Item Clearance	0.000"
Flood Tool Size	0.000"
Flood Overlap Amount	0.000"
Flood Item Clearance	0.000"
↓ Impostare e premere "Top"	

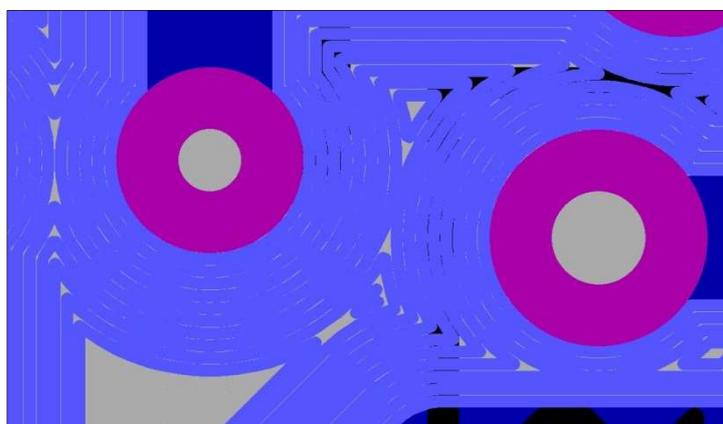


Figura 10 - Dettaglio dei percorsi d'isolamento (non sovrapposti)

Anche se l'effetto visivo è quello di un unico percorso di isolamento molto spesso (Figura 9), lo stesso è in realtà costituito da 10 percorsi sovrapposti.

Impostando il parametro "Isolation Overlap Amount" a zero, sarà possibile visualizzare i percorsi d'isolamento che saranno seguiti dalla CNC durante l'unica fase di "Incisione + Pulizia" (Figura 10).

Dopo aver utilizzato l'opzione "Track Isolation" ed ottenuto il risultato desiderato, utilizzate il comando da tastiera [BE] per deselezionare il circuito stampato. Quindi, sempre con [BG], selezionatelo di nuovo, ma questa volta **includendo anche le linee arancioni** che delimitano il perimetro di scontorno del circuito stampato.

Ora è possibile creare i file in formato T-Tech® che dovranno essere convertiti da CirMach, quindi utilizzate l'opzione "Isolation Output" del menu "Block" per accedere alla relativa maschera di configurazione, che dovrete impostare come visibile in **Figura 11**.

Per accedere più rapidamente ai file, vi consiglio di lasciare che i file ".plt" vengano memorizzati nella cartella predefinita "C:\CAM\" che, se non esistente, verrà creata automaticamente quando premerete il pulsante "Confirm" della schermata.



Figura 11 - Configurazione dell'opzione "Isolation Output"

**Attenzione:** per tutti i file il parametro "Mirror on Y" deve essere impostato su "YES", poiché il circuito stampato deve essere lavorato dal lato rame ed quindi è speculare rispetto a quello visualizzato, che è visto dal lato componenti.

Per evitare errori durante la realizzazione di circuiti stampati doppia-faccia con componenti tradizionali e/o SMD, occorrerà prestare molta attenzione al tipo di lavorazioni richieste alla macchina CNC e, di conseguenza, alle impostazioni del parametro "Mirror on Y".

Per i circuiti doppia-faccia, le opzioni "Track Isolation" e "Isolation Output" dovranno essere utilizzate più volte per creare i percorsi di scontorno e di pulizia sui rispettivi layer ed i relativi file in formato T-Tech®.

### 3. Conversione dei file T-Tech® in formato Mach3®

I file creati con l'opzione "Isolation Output" contengono solo le coordinate X ed Y dei punti in cui si dovrà muovere la macchina CNC, quindi devono essere integrati dai valori che la coordinata Z dovrà avere nelle diverse fasi della lavorazione e dalle velocità di movimento che la CNC dovrà tenere durante questi spostamenti.

CirMach può lavorare indifferentemente con valori in millimetri (mm), millesimi di pollice (mils) e pollici (inches o "). I valori dei parametri possono essere inseriti manualmente e/o modificati con le frecce accanto ai controlli. Quando sono inseriti manualmente, vengono sempre ricalcolati ed eventualmente arrotondati ad 1 mils (**1 mils = 0,001 inch = 0,0254 mm**), che è il valore minimo interpretabile da Mach3®.

I valori predefiniti presenti nella schermata del programma ricalcano quelli normalmente utili per effettuare le lavorazioni su un PCB standard con spessore di 1,6 mm. Eventuali modifiche dei parametri verranno salvate automaticamente all'uscita del programma e ripristinate al riavvio successivo.

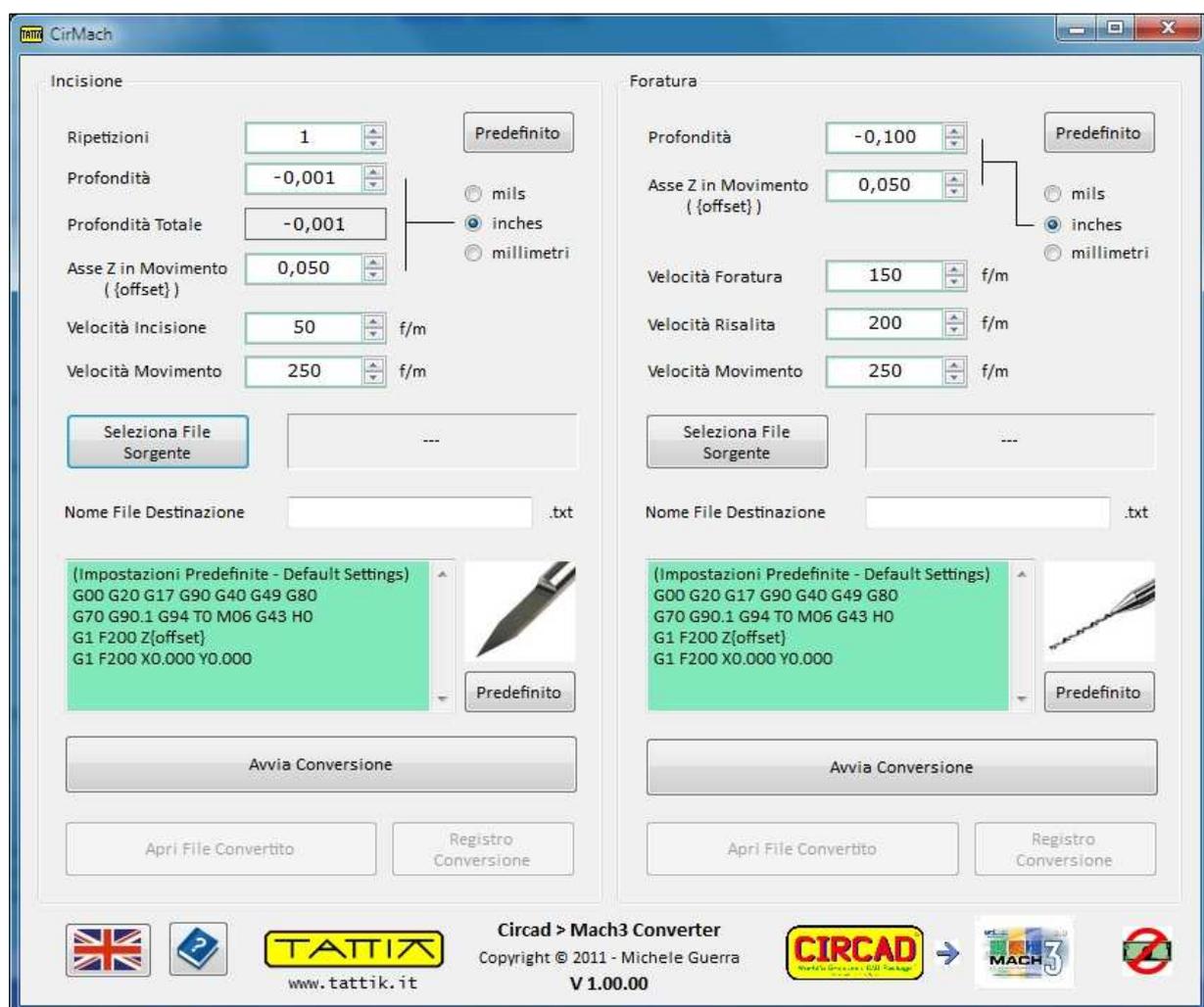


Figura 12 - Schermata del programma CirMach

### **3.a. Fase di Incisione (Isolamento, pulizia, scontorno del PCB)**

Nella sezione “*Incisione*”, indicate nel campo “*Profondità*” la profondità (altezza negativa) che la fresa della CNC dovrà avere durante l’incisione del circuito stampato. Considerate che nella posizione [Z=0.000”] la fresa della CNC è considerata esattamente a contatto con il circuito stampato.

Per evitare incisioni parziali dovute a vari fattori (curvatura del PCB, non perfetta planarità del piano d’appoggio, ecc.), è possibile specificare quante volte dovrà essere ripetuto il ciclo d’incisione. Ad ogni successiva iterazione la fresa della CNC verrà abbassata del valore iniziale della profondità.

Il parametro “*Asse Z in Movimento*”, indica l’altezza della fresa della CNC durante le operazioni di spostamento tra le diverse zone da fresare. Durante la conversione, il valore di questo parametro sostituirà la dicitura “*{offset}*” nel riquadro sottostante, relativo alle impostazioni specifiche (modificabili) per Mach3®.

I parametri “*Velocità Incisione*” e “*Velocità Movimento*” rappresentano, in “*feed per minute*” le velocità base (pari al 100%) con cui le istruzioni verranno inviate da Mach3® alla macchina CNC. Il valore di questi parametri dipende dal tipo di supporto da incidere e dalle caratteristiche della fresa impiegata.

Queste velocità potranno essere variate successivamente (da -90% a +300%), all’interno di Mach3® agendo sui controlli “*FRO*” (“*Feed Rate Output*”), anche in modo dinamico durante la lavorazione.

Scegliete il file da convertire premendo il pulsante “*Seleziona File Sorgente*”. Dopo la selezione, automaticamente il programma assegnerà per il file convertito un nome che potrà essere eventualmente sostituito modificando il valore del campo “*Nome File Destinazione*”. L’estensione del file non può essere modificata e resterà sempre “.txt”.

Volendo eseguire le tre diverse fasi (“*Incisione*”, “*Pulizia*” e “*Scontorno*”) dovrete caricare e convertire i tre relativi file (“*Incisione.plt*”, “*Pulizia.plt*” e “*Scontorno.plt*”) generati precedentemente con Circad® mediante l’opzione “*Isolation Output*”. Per eseguire la conversione del file T-Tech® in formato Mach3®, premete il pulsante “*Avvia Conversione*”.

Una volta terminata la conversione senza errori, premendo il pulsante “*Apri File Convertito*” il relativo file verrà aperto e potrà, eventualmente, essere modificato per inserire particolari impostazioni richieste da Mach3®.

Invece, premendo il pulsante “*Registro Conversione*” verrà visualizzato l’elenco delle istruzioni in formato T-Tech® e quelle convertite in formato Mach3®. Questo file è di tipo informativo ed anche se può essere modificato, non verrà utilizzato da Mach3® per la fresatura.

### **3.b. Fase di Foratura**

La sezione “*Foratura*”, va impostata ed utilizzata nello stesso modo della sezione “*Incisione*”. Le impostazioni sono leggermente diverse perché in questo caso occorre controllare la velocità di foratura e quella di risalita, dopo la foratura, della fresa della CNC. Il file sorgente deve essere quello “*Foratura.plt*” generato da Circad® con l’opzione “*Isolation Output*”.

#### 4. Uso dei file con Mach3®

In questa guida non viene esaminata in dettaglio la configurazione ed il funzionamento del programma Mach3®, per il quale sono disponibili, anche su web, ottime guide e manuali.

I file generati da CirMach sono immediatamente utilizzabili con Mach3® e comprendono anche gli M-code per il cambio della fresa (“M06 - Tool Change”). Per questo, durante le lavorazioni, ogni volta che nel file verrà richiesto di cambiare la fresa della CNC, la lavorazione verrà interrotta e l’elettromandrino sarà momentaneamente spento per permettervi di sostituire la fresa stessa.

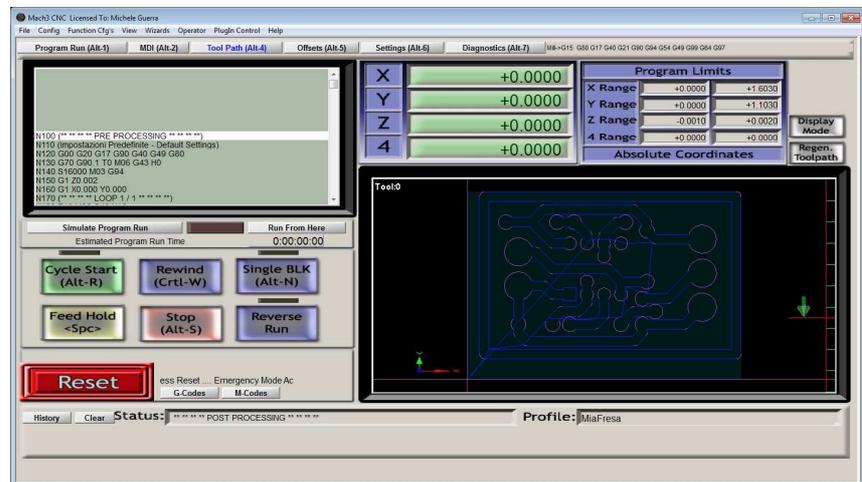


Figura 13 - Schermata “Tool Path” di Mach3®

Il numero del *tool* che vi verrà chiesto di utilizzare rispecchia lo spessore delle linee e degli archi dei percorsi d’isolamento, o dei fori da effettuare sul circuito stampato. Quindi, ad esempio, quando Mach3® vi chiederà di inserire nella fresa della CNC il *tool* numero 20, significa che dovrete utilizzare quello con un diametro di 20 mils.

Tool (mils)	Ø (mm)										
1	0,0254	15	0,381	65	1,651	115	2,921	165	4,191	215	5,461
2	0,0508	20	0,508	70	1,778	120	3,048	170	4,318	220	5,588
3	0,0762	25	0,635	75	1,905	125	3,175	175	4,445	225	5,715
4	0,1016	30	0,762	80	2,032	130	3,302	180	4,572	230	5,842
5	0,1270	35	0,889	85	2,159	135	3,429	185	4,699	235	5,969
6	0,1524	40	1,016	90	2,286	140	3,556	190	4,826	240	6,096
7	0,1778	45	1,143	95	2,413	145	3,683	195	4,953	245	6,223
8	0,2032	50	1,270	100	2,540	150	3,810	200	5,080	250	6,350
9	0,2286	55	1,397	105	2,667	155	3,937	205	5,207	255	6,477
10	0,2540	60	1,524	110	2,794	160	4,064	210	5,334	>255	(*)

Tabella 2 - Equivalenza tra *tool* e diametro delle fresse in mm (evidenziate le misure metriche più prossime a quelle comuni)

**(\*) Attenzione:** poiché i *tool* possono avere un numero compreso solo tra 0 e 255, per i fori che superano i 255 mils, CirMach indicherà di utilizzare sempre il *tool* 255. In questo caso, sarà l’utente della CNC a dover scegliere quale fresa utilizzare.

Mach3® permette di configurare per ciascun *tool* uno specifico *offset* (altezza di lavoro), ma per semplificare le cose, una volta inserita la fresa nella macchina CNC, utilizzando i comandi di Mach3® per il movimento della CNC (tastiera o codici "G01" sulla barra comandi del quadro "MDI"), portate la fresa stessa a contatto con il circuito stampato e nel punto [X | Y] del piano in cui dovrà iniziare la lavorazione.

A questo punto, premete i pulsanti "Zero X", "Zero Y" e "Zero Z", presenti nel quadro "Program Run" per settare le coordinate della macchina stessa su [ X=0.000" | Y=0.000" | Z=0.000" ] ed avviate la lavorazione.

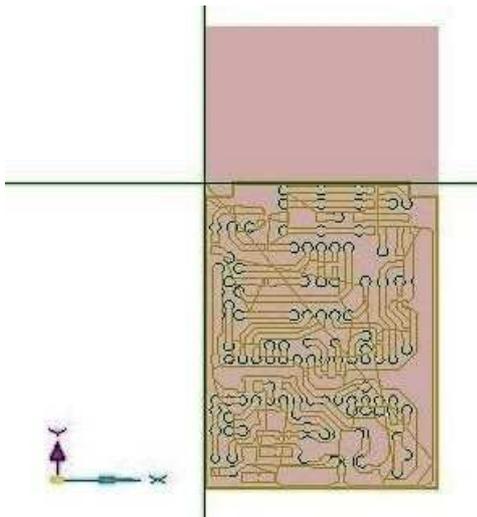


Figura 14 - Vista dei toolpath su Mach3® (colori alterati)

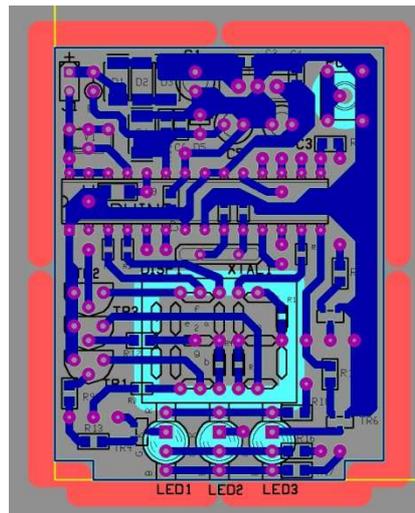


Figura 15 - PCB con componenti SMD e layer per la realizzazione del pannello

La simmetria delle lavorazioni meccaniche rispetto all'asse Y, è visibile confrontando la visualizzazione del circuito su Circad® rispetto a quella visualizzata nel quadro "Tool Path" di Mach3® (Figura 14). Nel PCB di Figura 15 è stato utilizzato un ulteriore layer (in azzurro) per definire le aree che dovranno essere fresate durante la realizzazione del pannello del circuito.

Infatti, per realizzare un pannello, allo stesso modo di quanto avviene per la scontornatura del PCB, occorrerà posizionare delle linee e/o degli archi dello stesso spessore della fresa utilizzata con la CNC su un determinato layer, utilizzandolo poi con l'opzione "Isolation Output" di Circad® per generare i file da convertire con CirMach e, quindi, da utilizzare con Mach3® per realizzare il pannello.

**Nota:** il programma CirMach è fornito gratuitamente e "AS IS", ovvero senza alcuna garanzia implicita o esplicita riguardante il suo funzionamento. Si declina ogni responsabilità relativa a danni a cose e/o persone derivanti dall'uso proprio o improprio del programma. Il programma è coperto dalle Leggi sulla tutela delle opere dell'ingegno, ma può essere distribuito gratuitamente. E' vietata la pubblicazione, con qualsiasi mezzo ed anche in forma parziale, del presente manuale, salvo autorizzazione scritta dell'autore. Tutti i marchi registrati sono di proprietà dei rispettivi possessori. Tutti i diritti riservati. Copyright © 2011.

Michele Guerra - [michele.guerra72@gmail.com](mailto:michele.guerra72@gmail.com) - <http://www.tattik.it>



Si ringrazia ArtSoft - Newfangled Solution LLC (USA) per aver concesso l'uso dell'icona del programma Mach3® in CirMach ed in questo manuale.

*"Non è mai esistito ingegno senza un poco di pazzia" - Seneca*