

# Alla scoperta di CIRCAD

## Seconda parte

Michele Guerra



In questa puntata parleremo del file di "netlist", creeremo un nuovo componente PCB ed il layout del circuito stampato. Infine, analizzeremo in dettaglio le opzioni di stampa

info@circad.net



### 1. Il file di "netlist"

Per passare dallo schema elettrico al circuito stampato (PCB) è indispensabile creare un file intermedio, contenente informazioni riferite alle connessioni elettriche ("netlist") ed ai componenti. Quindi, riaprite il file dello schema elettrico con l'opzione "Open" o "Re-Open" del menu "File".

Passate alla modalità progettazione premendo "Spazio" ed usate la scorciatoia [NO] per creare il file di netlist, mantenendo le impostazioni predefinite e confermando. Potrebbe essere segnalato l'errore "Two co-linear line segments are been detected", evidenziato sulla barra di stato. Il messaggio indica che una linea di segnale, in un tratto completamente orizzontale o verticale, è costituita da più segmenti contigui che, invece, dovrebbero essere sostituiti da una sola linea (figura 1).

Il controllo evita cortocircuiti involontari nella tracciatura di linee di segnale che si intersecano, dove il

posizionamento di un vertice proprio nella loro intersezione le collegherebbe elettricamente, come se fosse stato piazzato un simbolo di interconnessione con [PD]. Per rimuovere il vertice usate [DE] nel punto in cui Circad posizionerà il cursore a croce, quindi, usate di nuovo [NO] ed ancora [DE] per eliminare altri vertici evidenziati, fino a quando il messaggio di errore non verrà più visualizzato. Al termine delle modifiche salvate il file con [FS].

Le informazioni riguardanti le connessioni elettriche, presenti nella sezione "Schematic Net List" del file di netlist "Esempio.NET" (figura 2) appena creato, sono contenute in linee del tipo "\$0001 C1-1 D1-K U1-1" che indicano il numero o il nome di una traccia di segnale e l'elenco dei terminali (pin) dei componenti collegati. Nell'esempio appena visto la traccia "\$0001" collega i pin numero 1 di C1 ed U1 ed il terminale "K" di D1. Le tracce "generiche" hanno

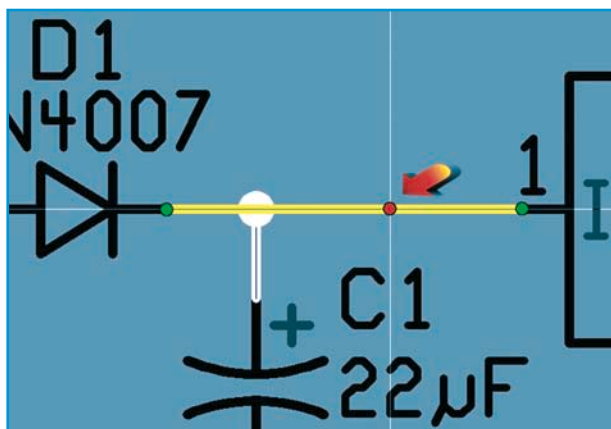


figura 1  
Traccia con errore "co-linear". Il vertice in rosso deve essere eliminato

SCHEMATIC NET LIST		C:\Programmi\CIRCAD\FIash\Esempio.SCH		01/27/04		
---	NAME	---	---	NODES		
\$0001	C1-1	D1-K	U1-1			
\$0002	C3-1	R2-1	U2-3			
\$0003	C4-1	Q1-B	R3-2			
\$0004	D1-A	J1-1				
\$0005	D2-K	R1-1				
\$0006	J2-1	R3-1				
\$0007	J2-2	U2-2				
\$0008	J2-3	Q1-C	R1-2			
\$0009	R2-2					
\$0010	R2-3	U2-1	U2-4			
GND	C1-2	C2-2	C3-2	C4-2	J1-2	Q1-E U1-2 U2-7
VCC	C2-1	D2-A	U1-3	U2-14		
END OF FILE						

figura 2  
Le connessioni dello schema elettrico nella sezione "NET LIST" del file Esempio.NET

un indice progressivo ("S0002", "S0003"...) assegnato automaticamente, mentre quelle riferite a segnali mantengono il proprio nome (es.: "GND"). La traccia "S0009" è collegata solo al pin 2 di R2 per indicare tale pin che non è collegato ad altri componenti.

Per essere sicuri di aver collegato correttamente tutti gli elementi del circuito verificate le connessioni esaminando il file di netlist. L'ordine delle tracce o dei componenti potrebbe variare, ma è indispensabile che i componenti risultino collegati come indicato nel file di netlist. Eventuali differenze, escluse le inversioni dei pin nei componen-

ti non polarizzati, come ad esempio le resistenze, indicherebbero collegamenti errati. In tal caso, modificate le connessioni, **salvate il file** ed utilizzate di nuovo [NO] per ottenere il nuovo file di netlist, che sovrascriverà il precedente.

Il file può essere aperto dal menu "File" di Circad o con un programma di elaborazione testi, come il "Blocco Note" poiché pur avendo estensione ".NET" è in formato testo. Aprendo il file da Circad otterrete la conversione dei caratteri speciali, come "Ω" e "μ", non sempre visualizzati correttamente dagli altri programmi.

## 2. Una nuova libreria componenti PCB

Le librerie standard contengono buona parte dei componenti più

comuni, ma nel nostro schema elettrico è presente il transistor Q1, un BC547 in contenitore TO92F, non incluso nelle librerie standard "THD.LIB", "SMD.LIB" e "PCB.LIB", contenenti componenti per circuito stampato (**componenti PCB**). Quindi, dovrete creare un componente PCB con la forma e le caratteristiche di un contenitore TO92F, all'interno di una nuova libreria per componenti PCB.

Le librerie di componenti per schema elettrico (**componenti SCH**) o per circuito stampato devono essere salvate con estensione ".LIB", seppure create a partire da template per schema elettrico o per PCB. Per questo, per distinguere il contenuto delle librerie è consigliabile nominarle opportunamente, ad esempio, chiamando "MiaLib\_SCH.LIB" una libreria che contiene componenti SCH e "MiaLib\_PCB.LIB" una che contiene componenti PCB.

Per creare una nuova libreria componenti PCB dovrete seguire più o meno gli stessi passi visti per la creazione dello schema elettrico. Quindi, usate la scorciatoia [FW], selezionando però il template relativo al formato "A" dei file per circuiti stampati, cioè "PCB Files = Size A". Anche in questo caso il formato "A" equivale ad un'area utile grande circa come un foglio A4. Selezionate la cartella "\Circad\Library" in cui sono contenute tutte le librerie del programma, quindi inserite "MiaLib\_PCB.LIB" come nome del file e confermate.

Il template dei file PCB è simile a quello degli schemi elettrici e sono ancora valide tutte le scorciatoie già viste relative allo zoom, alla selezione del "layer attuale", alla gestione delle etichette di testo, dei componenti, delle linee di segnale, dei blocchi, eccetera. Questo perché l'ambiente di lavoro rimane **invariato**, a prescindere

dal tipo di file in uso, salvo per alcune opzioni particolari come, ad esempio, quella richiamabile con **[PD]** che non avrebbe senso usare in un file PCB.

Anche in questo caso usate **[SG]** per impostare la griglia di snap a **25 mils**. Non è necessario inserire, con **[SS]**, il valore di **25 mils** poiché è già presente nell'elenco delle griglie selezionabili. A questo punto, potrete usare le scorciatoie **[ET]** ed **[EX]** sulle varie etichette per modificarle. Ricordate di usare solo il layer **"Symbols"**, qui di colore giallo, per posizionare altre etichette con la scorciatoia **[PT]**.

### 3. Creare un componente PCB

Posizionatevi circa al centro dell'area di lavoro per piazzare la piazzola (pad) dell'emettitore del contenitore **TO92F** (figura 3) che chiameremo in seguito **"MIO\_TO92F"**. Usate **[PP]** per posizionare il pad, impostando **"Pin Name = E"**, verificando che sia **"Layer Name = Pad Master"** e **"Pad Type Code = T1"**. Indicate il diametro orizzontale e verticale del pad, nonché quello del foro, specificando **"Pad X Size = 70"**, **"Pad Y Size = 70"** e **"Drill Hole Size = 30"**.

Il layer **"Pad Master"** contiene i pad relativi alle connessioni elettriche dei componenti PCB ed è equivalente al layer **"Master"** dei file per schemi elettrici. I pad possono essere piazzati in un layer qualsiasi, ma normalmente vanno posizionati sul layer **"Pad Master"** a meno che non si tratti di componenti a montaggio superficiale (SMD), di cui parleremo in una prossima puntata.

Il campo **"Pad Type Code"**, invece, indica il "tipo" del pad. Mantenete **"T1"** per un pad ovale (o circolare), usando **"T2"** per ottenere un pad rettangolare (o quadrato), come quello usato di solito per marcare il pad 1 dei cir-

cuiti integrati. Anche i pad sono **oggetti** e quindi possono essere spostati, modificati o cancellati con le opportune scorciatoie (**[GP]**, **[EP]**, **[DP]**).

Usate di nuovo **[PP]** per posizionare i pad della base e del collettore, impostando i campi come per l'emettitore, indicando però **"B"** e **"C"** nel campo **"Pin Name"**. La distanza orizzontale tra il centro dei pad **"C"** ed **"E"** deve essere di **150 mils**, mentre quella verticale tra il centro del pad **"B"** e la congiungente fra **"C"** ed **"E"** deve essere di **75 mils**. Per misurare più facilmente le distanze usate la scorciatoia **[SP]**, vista nella puntata precedente.

Ora dovrete disegnare la serigrafia del componente, coincidente con la sua **forma reale vista dall'alto**, cioè dal **lato componenti** del circuito stampato. Usate **[PL]** scegliendo uno spessore di **10 mils** e selezionando il layer serigrafico **"Top Silk"**. Impostando la griglia di snap a **25 mils** riuscirete a riprodurre esattamente la sagoma del componente come appare nella figura di riferimento. Ricordate di usare il tasto **sini-**stro del mouse per ottenere un nuovo segmento collegato al precedente, premendo il tasto **de-**stro per concludere la linea.

Prestate molta attenzione nella creazione di un componente PCB, controllando che la distanza tra i pad, il loro nome e la serigrafia corrispondano alla realtà. Rispettate sempre le dimensioni reali del componente nel disegno della serigrafia, magari abbondando un pò per compensare eventuali tolleranze rispetto alle dimensioni standard.

Eviterete così di trovarvi con componenti (reali!) che non entrano nel circuito stampato perché sono stati disegnati più piccoli o con pad disposti diversamente. Invece, scambiando i campi **"Pin Name"** di alcuni pad (es.: **"C"** con **"E"**)

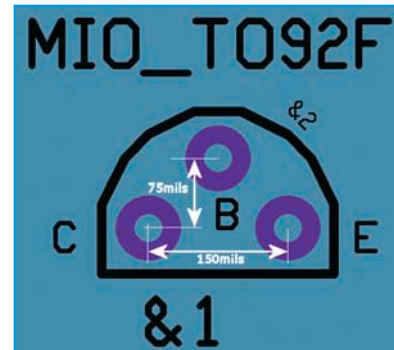


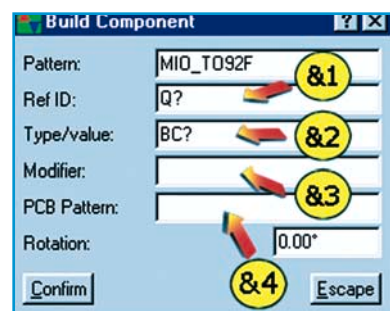
figura 3  
Il nuovo componente per circuito stampato

magari perché avete creato il componente guardandolo dal basso, invece che dall'alto, rischierete di danneggiare il circuito.

A questo punto, posizionate accanto ai rispettivi pad, le etichette **"C"**, **"B"** ed **"E"** usando la scorciatoia **[PT]**, impostando **"Text Size = 30"** e **"Layer Name = Top Silk"**. Potete indicare una dicitura qualsiasi, ad esempio **"EMET"** per l'emettitore o **"BS"** per la base in quanto le etichette sono diciture serigrafiche che potrete anche non posizionare o posizionare solo in parte.

Ora sempre sul layer **"Top Silk"** piazzate le etichette **"&1"** e **"&2"**, impostando i campi **"Text Size"** e **"Rotation Angle"** a **48 mils** e **0°** per la prima ed a **18 mils** e **315°** per la seconda. Queste particolari etichette, che potrete inserire con una diversa dimensione o con un

figura 4  
Le etichette **"&1"**-**"&4"** sono collegate ai campi dei componenti



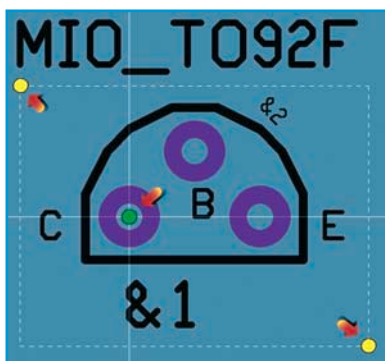


figura 5  
Punti di selezione (in giallo) e punto di riferimento (in verde) del blocco

diversa angolo o ancora in una diversa posizione, verranno aggiornate quando i vari elementi piazzati verranno raggruppati per creare il componente PCB.

Infatti, l'etichetta "&1" sarà collegata al campo "Ref ID" del componente (figura 4) e l'etichetta "&2" al campo "Type/value". Sarebbe possibile piazzare anche le etichette "&3" e "&4" collegate ai campi "Modifier" e "PCB Pattern", mentre etichette "&5" o simili rimarrebbero tali. A questo punto, posizionate sopra il componente l'etichetta "MIO\_TO92F" per ricordare il nome che avrà il

figura 6  
Aggiungiamo la nuova libreria all'elenco



componente, impostando "Text Size = 48" e "Layer Name = Top Silk". Ora, usate [BG] per creare un blocco e raggruppare gli elementi posizionati, evidenziando un'area che li contenga tutti, tranne l'etichetta "MIO\_TO92F", scegliendo come punto di riferimento il centro del pad "collettore" (figura 5).

È importante selezionare accuratamente il punto di riferimento, poiché è il punto rispetto al quale il componente sarà posizionato, spostato, ruotato, eccetera. Ora, usate [BB] per creare il componente a partire dagli elementi selezionati. Nei campi della maschera che apparirà indicate "Pattern = MIO\_TO92F", "Ref ID = Q?" e "Type/value = BC?". Lasciate in bianco i campi "Modifier" e "PCB Pattern". Quest'ultimo, verrà utilizzato solo per associare un componente PCB predefinito ad un componente SCH, come vedremo nella prossima puntata.

Dopo la conferma, il blocco verrà deselezionato e le etichette "&1" e "&2" verranno trasformate in "Q?" e "BC?". Il componente "MIO\_TO92F" ora può essere associato a qualsiasi componente

per schema elettrico che abbia tre pin "E", "B" e "C", proprio come il componente dello schema elettrico "NPN" relativo a Q1. Eventualmente, per "dissolvere" il componente e ritornare ai singoli elementi posizionati, dovrete usare in sequenza le scorciatoie [GC] e [EK], premendo "OK" alla richiesta di conferma, usando di nuovo il procedimento appena visto per ricreare il componente. Salvate il file con [FS], usando

eventualmente [FC] per chiuderlo. Il file può comunque restare aperto, infatti, è possibile mantenere aperti più file allo stesso tempo. Per spostarvi tra i file aperti usate la scorciatoia [FN] poiché non esiste il menu "Finestra", tipico dei programmi Windows.

#### 4. Creare il file "Printed Circuit Board"

Per creare il file del PCB seguite le spiegazioni viste per la creazione della libreria "MiaLib\_PCB.LIB", selezionando però la cartella "Circad\Flash", dove è stato salvato il file "Esempio.SCH" ed inserendo "Esempio.PCB" come nome del file. Quindi, usate [SG] per impostare la griglia di snap a 25 mils e le opportune scorciatoie per modificare o creare nuove etichette di testo, posizionandole sul layer "Symbols".

Per i PCB occorre usare formati proporzionati alla grandezza del circuito stampato da realizzare, in questo caso il formato "A", anche se non sarà necessario disporre di stampanti di grande formato per ottenerne una copia, grazie alle funzioni di stampa in scala.

#### 5. Importare il file di netlist

Le informazioni riguardanti i componenti, contenute nella sezione "Schematic Parts List" del file di netlist (es.: "U2a DIP14 (...)", verranno utilizzate per inserire nel file PCB i componenti associati a quelli dello schema elettrico, importandoli, cioè copiandoli, dalle librerie componenti per circuito stampato. Per indicare dove cercare i componenti PCB da importare usate la scorciatoia [SF]. In fondo all'elenco inserite "MiaLib\_PCB.LIB" (figura 6) o premete il pulsante "Browse" in basso e selezionate la libreria dall'elenco che apparirà, quindi confermate. In questo modo, il programma cercherà i vari componenti PCB oltre

che nelle librerie standard anche nella nostra libreria dove si trova il componente "MIO\_TO92F" associato a Q1.

Ora usate [NI] per importare la netlist, mantenendo le impostazioni predefinite e confermando. Otterrete così, nell'angolo a sinistra sotto il bordo giallo, il posizionamento automatico di tutti i componenti PCB, visti dall'alto (figura 7), nell'ordine in cui appaiono nel file di netlist. I pad dei componenti PCB collegati elettricamente ad altri elementi saranno evidenziati in giallo.

In base allo zoom impostato potreste non aver notato questa funzionalità. Quindi, zoomate inquadrando tutti i componenti ed usate di nuovo [NI]. L'evidenziazione dei pad verrà rimossa aggiornando lo schermo con [ZR]. In una finestra separata verrà aperto il file "Esempio.pcb.LOG", creato automaticamente durante l'importazione della netlist e contenente eventuali errori e/o messaggi di "attenzione". Anche questo file è in formato testo e può essere aperto come il file di netlist.

Nel nostro caso il file di LOG conterrà solo dei messaggi di "attenzione", che avviseranno l'utente che determinati pin di alcuni componenti PCB importati non sono collegati ad altri elementi del circuito (figura 8). È difficile fornire una guida esaustiva per eliminare eventuali errori presenti nel file di LOG (es.: "Pattern not found", "Component not found", "Unused Component", "Type/value mismatch", "Modifier mismatch") poiché potrebbero derivare da più errori commessi nella messa in pratica delle varie spiegazioni seguite in questa puntata o nella precedente.

Quindi, accertatevi di aver posizionato correttamente i componenti dello schema elettrico, rispettando i parametri indicati nella relativa tabella e controllando

le connessioni presenti nel file di netlist. Inoltre, assicuratevi di aver creato correttamente il componente "MIO\_TO92F" e di aver salvato la libreria "MiaLib\_PCB.LIB" inserendola, con [SF], nell'elenco librerie del file "Esempio.PCB".



figura 7  
Alcuni dei componenti importati. In giallo i pad collegati ad altri elementi

```

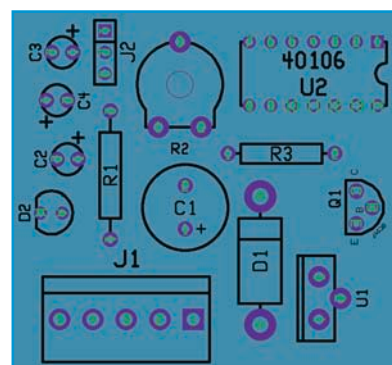
Esempio.pcb.LOG - Blocco note
File Modifica Cerca ?
NETLIST INPUT LOG C:\Programmi\CIRCAD\FIash\Esempio.pcb
-----
INPUT REFERENCE WARNING/ERROR MESSAGE DETAILED DESCRIPTION
-----
C:\Programmi\CIRCAD\FIash\Esempio.NET:
Summary:
Warning: Unlinked pin Name: J1-3
Warning: Unlinked pin Name: J1-4
Warning: Unlinked pin Name: J1-5
Warning: Unlinked pin Name: U2-5
Warning: Unlinked pin Name: U2-6
Warning: Unlinked pin Name: U2-8
Warning: Unlinked pin Name: U2-9
Warning: Unlinked pin Name: U2-10
Warning: Unlinked pin Name: U2-11
Warning: Unlinked pin Name: U2-12
Warning: Unlinked pin Name: U2-13
Total input node count: 36
END OF FILE
  
```

figura 8  
Il file di LOG deve contenere solo messaggi di "attenzione"

## 6. Le linee di "ratnest"

Dopo aver importato il file di netlist usate la scorciatoia [GC], già vista nella realizzazione dello schema elettrico, per spostare temporaneamente i componenti circa al centro dell'area di lavoro (figura 9), ruotandoli eventualmente con le scorciatoie [A] e [R]. Fate molta attenzione nell'utilizzare anche le scorciatoie [M], [X] e [Y] poiché ruotano il componente in modo speculare rispetto al circuito stampato. Per questo, usatele solo per i componenti che devono essere posizionati sul lato saldature. Ora, usate [NR] per evidenziare i collegamenti, importati dal file di netlist, tramite linee di "ratnest"

figura 9  
Una prima disposizione dei componenti sul PCB



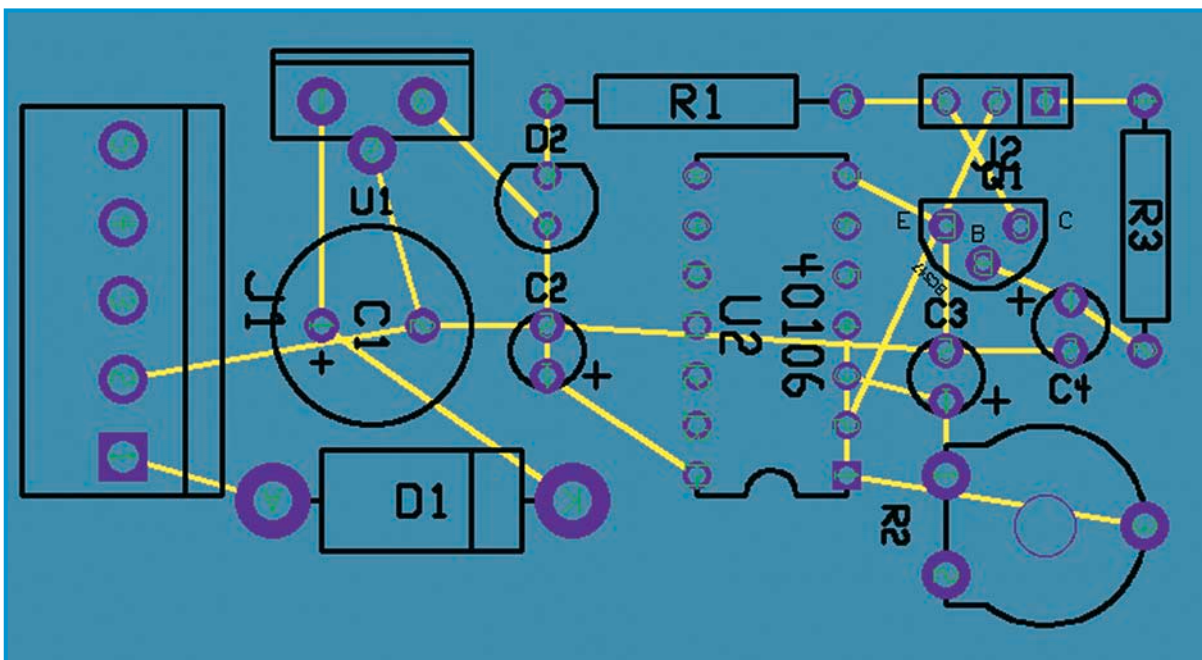
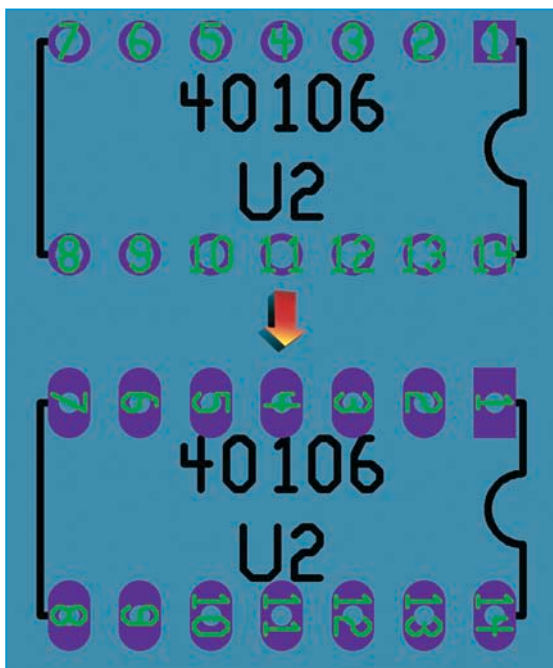


figura 10  
La disposizione definitiva dei componenti e le linee di ratnest (l'immagine è ruotata di 90°)

figura 11  
Un componente standard può essere modificato direttamente nel file PCB



che faranno da guida nel tracciamento delle piste relative al rame. Le linee di ratnest, posizionate sull'omonimo layer (nr. 255), permettono di individuare le aree del PCB con un'alta densità di connessioni elettriche. Potrete così posizionare i componenti in modo da ottenere il minor numero di intersezioni tra le connessioni in rame. Le linee di ratnest possono essere rimosse completamente con [NU]. All'interno dei pad è evidenziato il loro numero (o nome) mentre, all'interno delle linee di ratnest, è indicato il nome della traccia che li collega (es.: "\$0001"), come visibile zoomando con [II] su di esse. Tali funzionalità sono modificabili usando [SM] ed agendo sulle opzioni "Pad pin numbers" e "Track signal names". Inol-

tre, selezionando l'opzione "Pad signal names" otterrete, nei pad, anche l'indicazione del segnale connesso.

Ora, riutilizzate [GC] per posizionare i componenti circa come visibile in figura 10, così da avere il minor numero di intrecci tra le piste. Potrete comunque disporre diversamente i componenti, senza però sovrapporne mai la serigrafia oppure i pad. Mantenete sempre una certa distanza tra i componenti, così da facilitare il piazzamento delle tracce. Potrete comunque spostare i componenti, anche dopo il collegamento con le tracce relative al rame, usando [GC] o [GO] e le eventuali scorciatoie per la rotazione.

### 7. Modificare i componenti PCB

I componenti PCB, esattamente come quelli dello schema elettrico, sono costituiti da oggetti raggruppati, modificabili singolarmente usando le scorciatoie opportune. Ad esempio, aumentate la dimensioni dei pad di U2, usando [EP] su uno dei pad circolari, selezionando "Pad Y Si-

ze = 100", "Drill Hole Size = 30" e premendo il pulsante "Entire Component". In questo modo tutti i pad dello stesso tipo del componente selezionato verranno modificati. Ripetete l'operazione sul pad numero 1 quadrato (figura 11).

### 8. Collegare i componenti

Per creare le connessioni tra i componenti PCB dovrete usare la scorciatoia [PL], selezionando opportunamente dimensione e layer delle tracce relative al rame del circuito stampato che sostituiranno le linee di ratnest.

I layer di un file PCB (figura 12 e tabella 1) sono molto diversi da quelli di un file per schema elettrico. Infatti, un file PCB contiene più layer relativi alle connessioni elettriche, alla serigrafia dei componenti, alla maschera di protezione da saldatura, eccetera. Inoltre, alcuni layer sono presenti nel PCB a coppie (es.: "Top Copper" e "Bottom Copper") poiché riferiti al lato componenti o al lato saldature del PCB.

Notate che per visualizzare le aree circolari create automaticamente sui pad e riferite proprio alla maschera di protezione per la saldatura, dovrete attivare con [SL] i layer "Top Mask" e/o "Bottom Mask", selezionando poi l'opzione

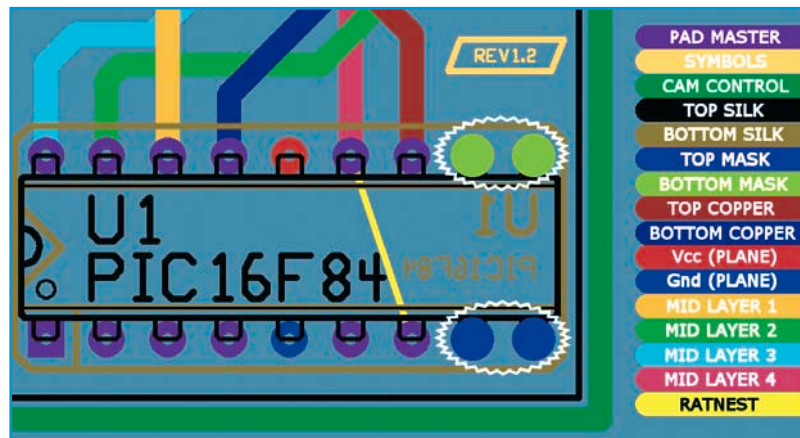


figura 12

I layer di un file di tipo "PCB". I colori sono diversi da quelli standard

"Pad mask/paste" dalla maschera che apparirà usando la scorciatoia [SM].

Per collegare i componenti, normalmente userete i layer "Bottom Copper" (rame lato saldature) e/o "Top Copper" (rame lato componenti). Quindi, per piazzare la prima traccia del nostro PCB a singola faccia scegliete il layer "Bottom Copper", mentre nei PCB a doppia faccia potrete utilizzare anche il layer "Top Copper". Per lo spessore della pista, quando possibile scegliete 30, 40, 60 o più mils, impostando 15 mils per le piste tracciate tra i pad di un circuito integrato, evitando sempre il valore predefinito di soli 10 mils (0.25 mm). Lo spessore deve essere adeguato alla corrente che circolerà nelle piste e deve evitare pro-

blemi nella realizzazione del PCB. Infatti, se industrialmente è possibile ottenere PCB con tracce spesse meno di 7 mils (0.18 mm), un hobbista dovrà accontentarsi di piste spesse minimo 15-20 mils (0.38-0.50 mm).

Comunque, utilizzate sempre piste spesse "il più possibile", sempre che non si tratti di PCB particolari, limitando le tracce sottili ai soli punti critici del circuito. Per la prima traccia del nostro PCB impostate uno spessore di 70 mils, quindi posizionatevi

Tabella 1

I layer predefiniti di un file per circuito stampato

Layer	Contenuto
Pad Master	Punti di connessione elettrica degli elementi
Symbols	Elementi decorativi, etichette, simboli, eccetera
CAM Controls	Linee, archi, eccetera, per pilotare una fresa a controllo numerico
Top / Bottom Silk	Serigrafia dei componenti sul lato componenti / saldature
Top / Bottom Mask	Maschera per saldatura sul lato componenti / saldature
Top / Bottom Copper	Rame sul lato componenti / saldature
Vcc	Piano per il segnale "Vcc" (diverso da "VCC")
Gnd	Piano per il segnale "Gnd" (diverso da "GND")
Mid Layer 1/4	Rame piano interno 1/4 dei circuiti multistrato
Ratnest	Linee guida per le connessioni elettriche

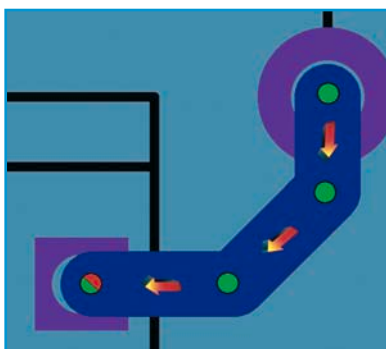


figura 13  
Tasto sinistro del mouse (verde) per piazzare una traccia e tasto destro (rosso) per terminarla

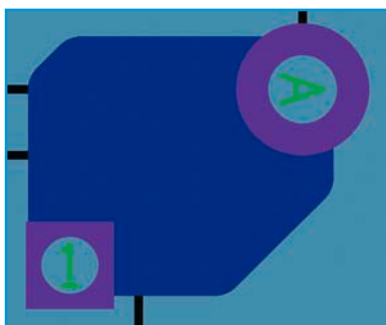
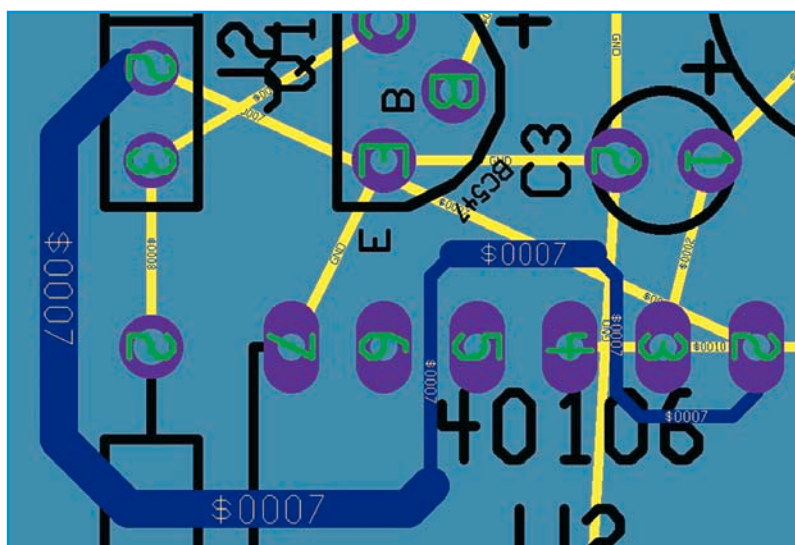


figura 14  
Per ispessire le tracce basta posizionarne altre vicine o sovrapposte

figura 15  
Una pista può avere segmenti di diverso spessore



nel centro del pad relativo all'anodo di **D1** e premete il pulsante **sinistro** del mouse.

Trascinate verticalmente la traccia fino a metà della distanza con il pad **1** di **J1** e premete di nuovo il tasto sinistro. Muovete il mouse in modo da creare un segmento a **45°** diretto verso **J1**, quindi premete ancora il pulsante sinistro. Infine, trascinate la pista nel centro del pad **1** di **J1**, premendo di nuovo il tasto sinistro per posizionare l'ultimo vertice della traccia ed il tasto **destra** per terminarla (figura 13).

Usando **[GE]** sull'anodo di **D1** potrete estrarre nuovi vertici dalla pista per allungarla a piacimento, utilizzando **[DL]** o **[GL]** per cancellare o muovere i vari segmenti della linea e **[DE]** oppure **[GE]** per cancellarne o muoverne i vertici. Invece, impiegando **[PE]** su un segmento creerete un nuovo vertice intermedio.

Utilizzando **[GE]** sul pad **1** di **J1** noterete che la pista non viene allungata, ma semplicemente spostata. Questo accade perché la griglia in uso non ha permesso di concludere la traccia nel centro esatto del pad. Infatti, i pad del connettore Molex® "MP5" associato a **J1** hanno un passo multiplo

di **156 mils (4 mm)**. L'unico pad di **J1** centrabile è il numero 3 poiché è il punto di riferimento del componente, secondo il quale è stato posizionato usando la griglia da **25 mils** in uso.

Non è indispensabile centrare perfettamente un pad, in quanto il contatto con piste relative al rame viene interpretato come connessione elettrica, anche per un **solo mils**. Eventualmente, per centrare le piste sui pad di **J1** dovreste impostare una griglia opportuna, ad esempio da **1 mils**, usando **[GE]** per muovere l'estremità della traccia già piazzata.

Dopo aver collegato i pad sarà comunque possibile posizionare ulteriori tracce, anche parzialmente sovrapposte alla traccia principale, così da aumentarne lo spessore (figura 14). Non usate questo metodo per realizzare piani di massa o simili poiché esistono funzioni apposite di cui parleremo nella prossima puntata.

Ora posizionerete, seguendo un percorso "ad ostacoli" (figura 15), una pista che colleghi i pad numero **2** di **J2** ed **U2** costituita da segmenti di diverso spessore, in modo da passare tra i pad di **U2** senza creare cortocircuiti. Quindi, usate **[PL]**, indicate uno spessore di **40 mils** e scegliete il layer "**Bottom Copper**". Completate la traccia usando **sempre** uno spessore di **40 mils**, usando poi **[EL]** sui segmenti troppo spessi per assottigliarli a **15 mils**.

Tracciando una pista molto vicina ad un pad o ad un'altra traccia, dopo l'incisione con il percloruro ferrico si potrebbe ottenere un PCB con alcuni segnali in cortocircuito. Per evitare questo tipo di problemi, Circad controlla le distanze tra pad e linee, come vedremo tra poco, basandosi sui valori di riferimento indicati nelle opzioni "**Net Scan**" accessibili con **[SC]** (figura 16). Di solito, non è necessario modificare i valori pre-



definiti, già ben dimensionati. Agendo sul campo **"Ratnest Line Size"** potrete cambiare lo spessore delle linee di ratnest create dopo la modifica del valore predefinito, pari a **11 mils**.

A questo punto, posizionate le tracce rimanenti (**figura 17**), usando **[NR]** dopo averne tracciato un certo numero per rimuovere le relative linee di ratnest. Se tracciando una pista vi accorgete di aver intralciato il percorso di un'altra serie di connessioni, cancellatela usando **[DL]** sui vari segmenti ed utilizzate **[NR]** per ricreare le linee di ratnest.

### 9. Creare i ponticelli

Invece di collegare **J2** ed **U2** con una pista che può essere di difficile realizzazione, è possibile creare un ponticello, sul lato componenti del PCB, che realizzerete con uno spezzone di filo. Per creare il ponticello userete i **"via"**, normalmente impiegati per collegare, tramite fori metallizzati, piste tracciate su layer diversi in un PCB a doppia faccia o multistrato. Innanzitutto, con **[SV]** stabilite le caratteristiche del via, impostando **"Via Pad Size = 70"** e **"Via Hole Size = 30"**.

Ora, usate **[PL]** selezionando il layer **"Bottom Copper"** ed uno spessore di **40 mils**. Posizionatevi sul pad numero **2** di **J2**, premete il tasto sinistro del mouse (**figura 18**) e tracciate la pista verticalmente fino alla metà della distanza tra **J2** e **R1**. Quindi, **senza premere alcun tasto del mouse**, spostatevi orizzontalmente fino ad essere sulla verticale del pad **2** di **U2**. Ora, con il tasto **"-"** del tastierino numerico, selezionate il layer **"Top Copper"** come layer attuale, quindi premete il tasto sinistro del mouse.

A questo punto portatevi sul centro del pad **2** di **U2** e, sempre senza premere alcun tasto del mouse, premete il tasto **"+"** del tastierino numerico per selezionare il layer

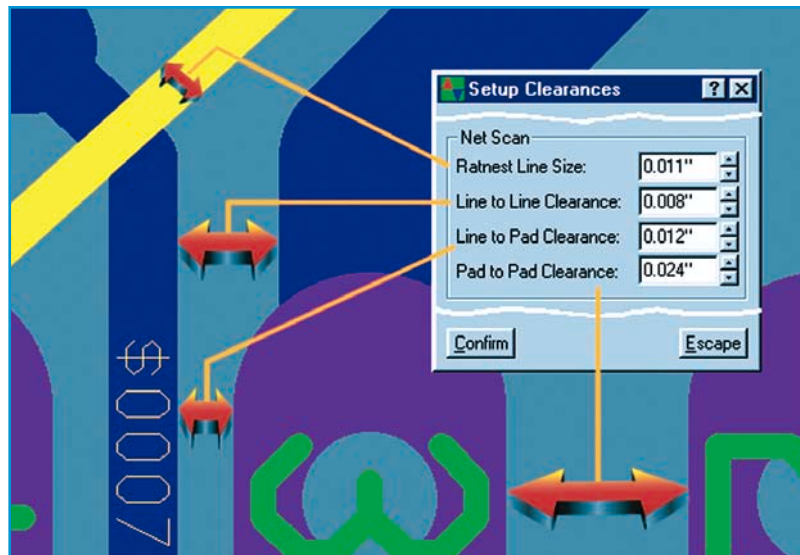


figura 16

I parametri per controllare le distanze (in tutte le direzioni) e per lo spessore delle linee di ratnest

figura 17

Il PCB con tutte le tracce posizionate (l'immagine è ruotata di 90°)

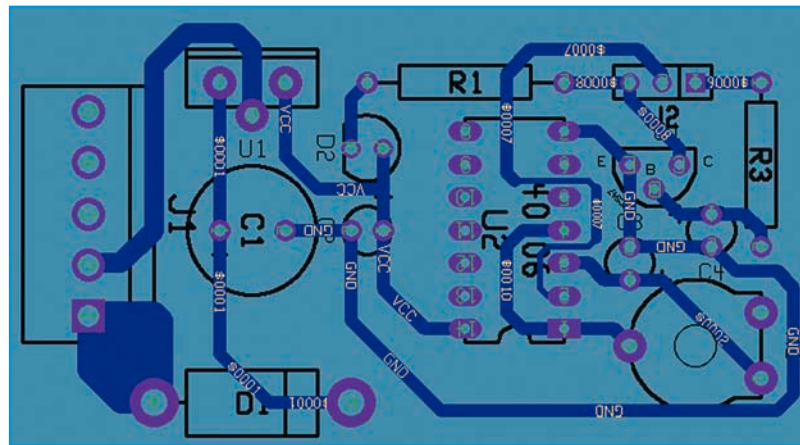
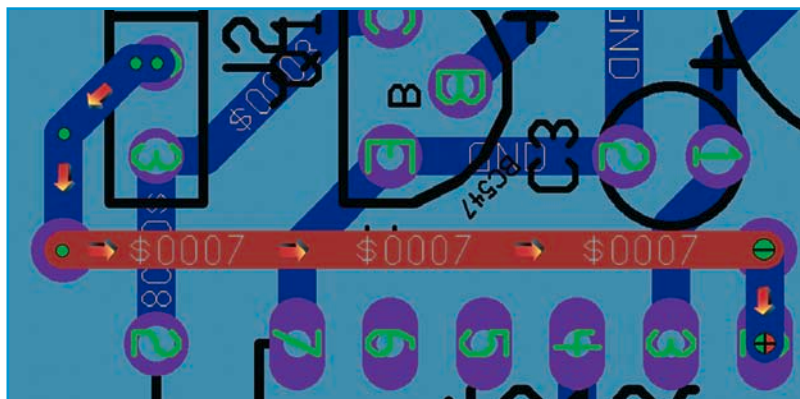


figura 18

Creare un ponticello. I simboli richiamano le operazioni da eseguire (vedere testo)



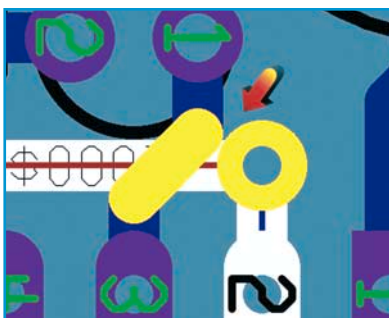


figura 19  
Un problema di distanza tra le linee collegate ai pad 2 e 3 di U2

“Bottom Copper”, quindi premete di nuovo il tasto sinistro del mouse per piazzare l'ultimo estremo della traccia, cliccando poi con il tasto destro per terminarla. In questo modo, utilizzando il layer “Top Copper” pur avendo un circuito a singola faccia, sarà garantita la connessione elettrica tra i pad.

Ricordate che le linee ed i via sono sempre oggetti e quindi possono essere modificati, cancellati o spostati con le opportune scorciatoie. I ponticelli possono essere creati anche posizionando manualmente via e linee con [PV] e [PL], usando i layer appena visti. Le linee, su entrambi i layer, possono avere qualsiasi forma e dimensione e passare più volte da un layer all'altro.

### 10. Controllare i collegamenti

Usando [NS] su pad non ancora collegati verranno evidenziati quelli cui dovranno essere connessi e le relative linee di ratnest. Invece, impiegando la scorciatoia su pad appartenenti a tracce parzialmente completate sarà evidenziata sia la parte di pista già realizzata che le linee di ratnest riferite alla parte da completare. In entrambi i casi, sulla barra di stato apparirà il messaggio “Signal <xxx> is not completely routed” per ricordarvi che non tutti i pad della traccia evidenziata sono stati collegati.

Al contrario, utilizzando la scorciatoia su una linea che colleghi completamente e correttamente diversi pad verrà inserito all'interno della stessa e sulla barra di stato il nome del segnale, ad esempio “\$0004”. Inoltre, la traccia verrà evidenziata insieme a tutte quelle collegate elettricamente, comprese quelle posizionate per ispessirla. Collegando erroneamente dei pad appartenenti a linee di segnale diverse (es.: “\$0004” e “GND”) provocherete un **cortocircuito** ed

usando [NS] otterrete sulla barra di stato un messaggio del tipo “Signal <\$0004> is crosslinked to signal <GND>”. In tal caso, rimuovete con [DL] le tracce cortocircuitate, usando eventualmente [EP] sui relativi pad per sapere a quale segnale appartengono (campo “Signal Name”).

Invece di verificare singolarmente ogni traccia del circuito con [NS], usate [N+] (“+” digitato sulla tastiera e non sul tastierino numerico) per controllare automaticamente ed in sequenza tutte le piste. Il controllo si interromperà solo se verranno rilevati errori.

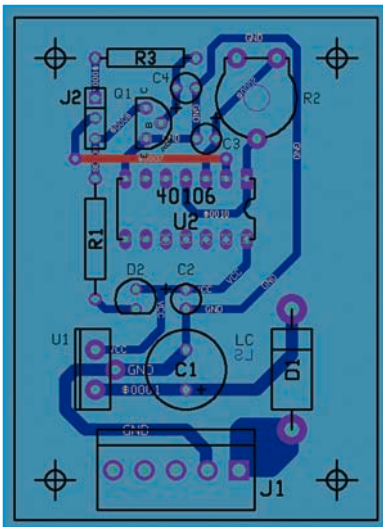
Usando [N+] su un circuito senza errori vedrete, a seconda della velocità del PC e della complessità del circuito stampato, solo una rapida evidenziazione delle piste con l'indicazione del loro nome sulla barra di stato, dove verrà visualizzato il nome dell'ultima traccia controllata. Il controllo sui collegamenti elettrici è affidabile poiché si basa sui dati contenuti nel file di netlist.

Circad segnalerà anche i problemi di distanza tra linee e pad, rispetto ai valori impostati con [SC], evidenziando sulla barra di stato un errore “<Spacing/clearance violation>” (figura 19) e portando il cursore dove è stato rilevato il problema. In tal caso, dovrete spostare la traccia o il componente evidenziato.

### 11. Gli ultimi ritocchi

Ora dovrete completare il circuito con alcuni elementi (figura 20), prima però sposterete e ruoterete le etichette dei componenti per renderle più leggibili. Quindi, scegliete il layer “Top Silk” come layer attuale ed usate [GT] per spostare le etichette, usando eventualmente le scorciatoie di rotazione. Per evitare confusione, durante lo spostamento delle etichette verrà evidenziato il componente cui appartengono. Per spostare il simbolo “+” dei condensa-

figura 20  
Il circuito stampato completato (l'immagine è ruotata di 90°)



tori elettrolitici, formato da due linee, dovrete invece usare la scorciatoia [GL].

A questo punto usate [PL], selezionando il layer **"Bottom Copper"** ed uno spessore di **10 mils** per creare il bordo serigrafico del circuito. Usando il layer indicato, quando realizzerete il PCB otterrete sul lato rame anche il contorno del circuito. Le linee posizionate non dovranno intersecare altre tracce dello stesso tipo, altrimenti potrebbero provocare dei cortocircuiti. Per ottenere il bordo del PCB anche sul layer relativo alla serigrafia tracciate nuovamente il bordo, selezionando però il layer **"Top Silk"** e **sovrappo**ndendo le linee a quelle già tracciate sul layer **"Bottom Copper"**. La sovrapposizione delle linee e di altri elementi è sempre possibile, eccetto per i pad ed i via di tipo passante, cioè che attraversano e collegano tutti i layer (pad di tipo **"T1"**, **"T2"** e **"T3"**).

Ora utilizzate [PT], impostando di nuovo il layer **"Bottom Copper"** ed un'altezza di **48 mils**, per piazzare la scritta **"LS"** (**"Lato Saldature"**) tra **C1** e **D1**. La scritta **"LS"** apparirà a rovescio poiché usando [PT] è stata lasciata l'impostazione **"Mirror Image = Normal for layer"** ed il layer **"Bottom Copper"** è riferito al lato inferiore del PCB (rame lato saldature), quindi viene trattato **"a specchio"** dal programma. Appartengono al lato inferiore del PCB tutti i layer con l'impostazione **"Bottom = Bottom side"**, modificabile dall'elenco dei layer accessibile usando [SL].

Utilizzate di nuovo la scorciatoia [PT], impostando il layer **"Top Silk"**, per posizionare l'etichetta **"LC"** (**"Lato Componenti"**) sempre tra **C1** e **D1**. Le etichette **"LS"** e **"LC"** permettono di capire a quale lato del PCB si riferiscono gli elementi di un layer. Ciò sarà utile durante la fotoincisione del PCB, dove uno degli errori tipici è quello di posizionare in modo sbagliato la

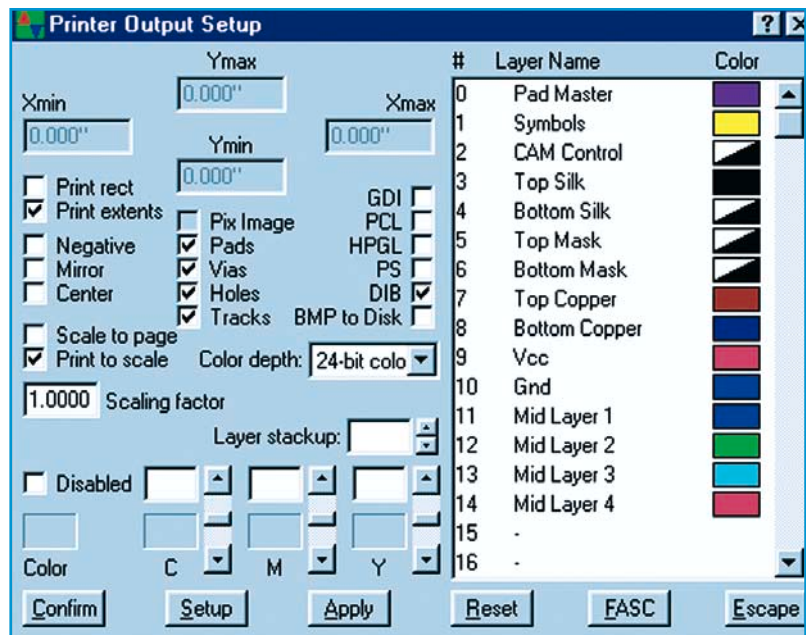


figura 21

La maschera di configurazione per la stampa

pellicola. Infatti, dopo aver realizzato il PCB ed osservandolo dal lato saldature, la scritta **"LS"** apparirà correttamente.

Completate il PCB posizionando due indicatori per i fori di fissaggio, usando la scorciatoia [PA] che permette di inserire **archi** e **cerchi**. Specificate uno spessore di **10 mils**, un raggio (**"Radius"**) di **50 mils** ed anche in questo caso scegliete il layer **"Bottom Copper"**. Posizionatevi a circa **200 mils** dai bordi del circuito e premete il tasto sinistro del mouse per ognuno dei cerchi da piazzare, premendo poi il destro per terminare il posizionamento.

Quindi, usate [PL], selezionando di nuovo il layer **"Bottom Copper"** ed uno spessore di **10 mils**, per tracciare i segmenti a croce all'interno dei riferimenti di foratura. Come per il bordo del circuito, ripetete le ultime operazioni sul layer **"Top Silk"** per ottenere i cerchi e le linee anche sul layer serigrafico del PCB.

## 12. Stampare il PCB

Le istruzioni seguenti sono valide per qualsiasi tipo di file Circad. Usate la scorciatoia [FP] per acce-

dere alla maschera di stampa (figura 21) dove, premendo il pulsante **"FASC"** (**"Fetch Actual Screen Colors"**), verrà utilizzato per la stampa il colore dei layer sullo schermo. Per modificare il colore di stampa di un layer selezionatelo ed agite sui cursori **"C"**, **"M"** e **"Y"**, riferiti alle componenti **"Cyan"**, **"Magenta"** e **"Yellow"**, diverse dalle componenti **"RGB"** e più adatte alle esigenze di stampa. Verranno stampati solo i layer attivi, cioè quelli che nell'elenco avranno il rettangolo accanto completamente colorato. Per modificare lo stato dei layer basterà cliccare due volte sul relativo rettangolo o agire sulla casella **"Disabled"**. Per stampare il **"lato rame"** del PCB attivate solo i layer **"Pad Master"** e **"Bottom Copper"**. Invece, per stampare il **"lato serigrafico"** attivate solo i layer **"Pad Master"**, **"Top Silk"**, **"Top Copper"** (per i ponticelli) ed eventualmente **"Symbols"**. Comunque, provate varie combinazioni per trovare quella che fa al caso vostro.

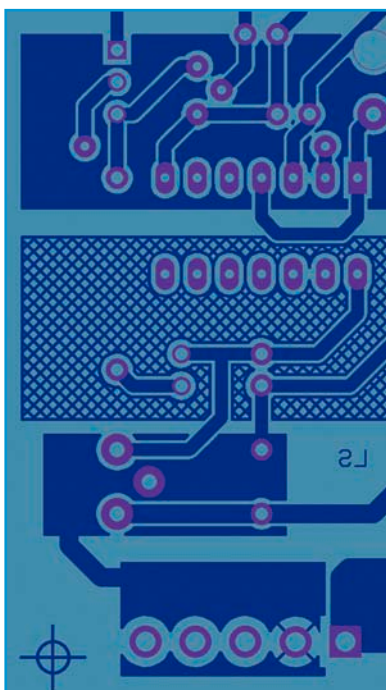


figura 22  
Alcuni tipi di riempimenti realizzabili. Notate, in basso, il pad "termico"

È possibile escludere alcuni particolari elementi dalla stampa, come pad, via, aree di foratura dei pad e tracce, deselezionando le caselle "Pads", "Vias", "Holes" e "Tracks". Inoltre, è possibile stampare il PCB in scala modificando il campo "Scaling Factor". Ad esempio, indicando **2.0000** si otterrà una stampa in scala **2:1**, mentre con **0.5000** si avrà una stampa ridotta in scala **1:2**. Invece, selezionando "Scale to page", la scala verrà impostata a seconda del formato della pagina.

Le opzioni di stampa consentono anche di stampare in negativo (attenzione all'inchiostro!), specularmente o nel centro della pagina, attivando le opzioni "Negative", "Mirror" e "Center". Inoltre, è possibile stampare solo un'area del PCB. Per farlo, prima di usare [FP], definite un blocco con la scorciatoia [BG] e selezionate l'area da stampare. In questo caso il punto di riferimento è indifferente.

Agendo sul menu a tendina "Color depth" potrete variare la "profondità colore" della stampa. L'impostazione "8-bit color" (256 colori) garantisce ottimi risultati, mentre l'impostazione "24-bit color" (16.777.216 colori) non produce miglioramenti apprezzabili ed aumenta il tempo di stampa.

Lasciate selezionata la casella "DIB" ("Device Independent Bitmap"), scegliendo uno degli altri formati ("GDI", "PCL", "HPGL", "PS") solo se la vostra stampante non supporta il formato predefinito. Selezionando "BMP to Disk" la stampa verrà fatta su disco nel formato grafico "BMP". Indicate la risoluzione di stampa del file nel campo "Dots per inch" (es.: **300** o **600**) che sostituirà il campo "Scaling factor". Le dimensioni del file saranno proporzionate ai parametri impostati: un file PCB stampato a 600 punti per pollice con una profondità colore di 24 bit occuperà circa **80 Mbyte**.

Se nel circuito si dovessero sovrapporre due piste tracciate sui layer "Bottom Copper" e "Top Copper", come nel caso del ponticello tra J2 e U2, nella stampa vedrete una delle piste nascondere l'altra a seconda dell'impostazione del campo "Layer stackup" che indica il layer che sarà stampato per primo, cioè sotto tutti gli altri. Selezionando il layer "Bottom Copper" (nr. 8) dall'elenco nella maschera di stampa verrà aggiornato il campo "Layer stackup", il cui valore predefinito è zero. Quindi, i layer saranno stampati nella sequenza: 8, 9, ..., 255, 0, 1, ..., 7. Il layer nr. 7 sarà quindi stampato per ultimo, cioè sopra il layer nr. 8, nascondendolo. Invece, selezionando il layer nr. 7, la sequenza di stampa (7, 8, ..., 255, 0, 1, ..., 6) lo porterà in secondo piano rispetto al layer nr. 8 che, però, sarà nascosto dagli altri layer. In tal caso sarà il layer nr. 6 ad essere stampato sopra tutti gli altri.

Ora premete "Setup". Ignorate le informazioni della maschera che apparirà e premete "Change" per accedere alle opzioni di stampa, che modificherete opportunamente. A questo punto vi sarà chiesto se volete salvare le impostazioni per tutte le successive stampe con Circad, comprese le stampe di altri tipi di file, senza però modificare le impostazioni degli altri programmi Windows. Rispondete "No", solo se le modifiche che avete effettuato sono temporanee. A questo punto, premete "Confirm" per avviare la stampa.

### 13. La lista dei componenti!

Per ottenere l'elenco dei componenti che serviranno per realizzare il PCB utilizzate la scorciatoia [FB]. Prima di confermare le impostazioni predefinite attivate l'opzione "Convert from PC8 (...) to ANSI". Ora, aprite il file "Esempio.BOM" usando lo stesso metodo impiegato per i file di netlist e di LOG.

Nel file troverete l'elenco dei componenti del circuito e la loro posizione sul PCB. Non vi resta che procedere con la fotoincisione, forare, saldare e dare tensione al circuito. Anche questa puntata è terminata! Nella prossima vedremo, ad esempio, come realizzare i piani di massa (figura 22) o come creare nuovi componenti per schema elettrico. Inoltre, vedremo come realizzare un semplice PCB o una scheda sperimentale senza passare per lo schema elettrico.

michele.guerra@elflash.it

Il software Circad è disponibile  
nelle versioni in lingua inglese  
ed italiana presso il sito  
[www.circad.net](http://www.circad.net)  
oppure 0376.449868.