

***LaurTec***

**KiCad**

**Realizzare PCB professionali**

**PCBWay**

Sponsor del corso KiCad

**Autore :** *Mauro Laurenti*

**ID:** AN5002-IT

## INFORMATIVA

Come prescritto dall'art. 1, comma 1, della legge 21 maggio 2004 n.128, l'autore avvisa di aver assolto, per la seguente opera dell'ingegno, a tutti gli obblighi della legge 22 Aprile del 1941 n. 633, sulla tutela del diritto d'autore.

Tutti i diritti di questa opera sono riservati. Ogni riproduzione ed ogni altra forma di diffusione al pubblico dell'opera, o parte di essa, senza un'autorizzazione scritta dell'autore, rappresenta una violazione della legge che tutela il diritto d'autore, in particolare non ne è consentito un utilizzo per trarne profitto.

La mancata osservanza della legge 22 Aprile del 1941 n. 633 è perseguibile con la reclusione o sanzione pecuniaria, come descritto al Titolo III, Capo III, Sezione II.

A norma dell'art. 70 è comunque consentito, per scopi di critica o discussione, il riassunto e la citazione, accompagnati dalla menzione del titolo dell'opera e dal nome dell'autore.

## AVVERTENZE

I progetti presentati non hanno la marcatura CE, quindi non possono essere utilizzati per scopi commerciali nella Comunità Economica Europea.

Chiunque decida di far uso delle nozioni riportate nella seguente opera o decida di realizzare i circuiti proposti, è tenuto pertanto a prestare la massima attenzione in osservanza alle normative in vigore sulla sicurezza.

L'autore declina ogni responsabilità per eventuali danni causati a persone, animali o cose derivante dall'utilizzo diretto o indiretto del materiale, dei dispositivi o del software presentati nella seguente opera.

Si fa inoltre presente che quanto riportato viene fornito così com'è, a solo scopo didattico e formativo, senza garanzia alcuna della sua correttezza.

L'autore ringrazia anticipatamente per la segnalazione di ogni errore.

Tutti i marchi citati in quest'opera sono dei rispettivi proprietari.

## Indice

<b>Introduzione</b> .....	4
<b>Layout e PCB professionale</b> .....	4
Realizzare PCB con angoli arrotondati .....	5
Fori di fissaggio del PCB .....	7
Realizzare aperture sul PCB .....	10
Fiducial .....	11
Test point .....	12
Pad di programmazione .....	14
Etichette .....	15
Standard .....	16
Immagini .....	18
Realizzare pannelli di PCB .....	21
Pannelli con KiCad .....	21
Pannelli con Plugin KiCad .....	24
Pannelli con il produttore di PCB .....	28
<b>Conclusioni</b> .....	29
<b>Bibliografia</b> .....	30
<b>History</b> .....	30

## Introduzione

Realizzare un PCB non richiede solamente imparare ad utilizzare un CAD dedicato allo scopo. Infatti, molte caratteristiche che deve avere il PCB, sebbene siano supportate dal CAD, rappresentano spesso solo un aiuto alla progettazione. Altri elementi devono essere aggiunti al fine di realizzare un PCB professionale. Alcuni aspetti sono stati esposti nei Capitoli precedenti e verranno ripresi in questo Capitolo, come raccolta delle caratteristiche principali di un PCB professionale.

## Layout e PCB professionale

Prima di entrare nel dettaglio di alcune caratteristiche del PCB, che ritengo appartengano a caratteristiche professionali, è bene distinguere due aspetti, ovvero il layout e le caratteristiche professionali che verranno trattate in questo Capitolo. In particolare il layout, non sarà trattato in questa lista di caratteristiche, sebbene nel risultato finale, anche questo appartenga a ciò che distinguerà un PCB professionale da uno fatto da una persona inesperta. Un layout fatto male può compromettere il funzionamento del sistema, per cui, certamente appartiene agli aspetti professionali del PCB. Ciononostante il layout è un aspetto tecnico complesso. Non c'è da meravigliarsi che anche le guide ufficiali di KiCad, nello spiegare le funzioni del CAD, non entrino in nello specifico del layout, ma spieghino semplicemente ogni funzione per quello che fa.

Il Capitolo tratterà questi aspetti:

- Realizzare PCB con angoli arrotondati
- Fori di fissaggio del PCB
- Realizzare aperture sul PCB
- Fiducial
- Test point
- Pad di programmazione
- Etichette
- Standard
- Immagini
- Realizzare pannelli di PCB

Tutti questi aspetti verranno mostrati con dettaglio, facendo uso di un semplice PCB e schema elettrico senza alcun componente elettrico. La lista potrebbe variare anche in base alle esigenze progettuali, per cui non deve essere considerata completa.

Il progettista rimane sempre la persona responsabile delle scelte progettuali.

## Realizzare PCB con angoli arrotondati

Le schede di sviluppo per testare dei componenti, sono spesso senza scatola di montaggio. In questi contesti è bene che il PCB abbia degli angoli arrotondati. Infatti la bachelite, o meglio il materiale FR4 utilizzato per i PCB, è piuttosto tagliente, soprattutto se realizzato in pannelli e con  $V$  score (si vedranno in seguito i dettagli). Per realizzare un contorno con angoli arrotondati, si può procedere nel modo seguente. La procedura può essere variata in base alle esigenze.

- Selezionare il *layer* Edge.Cuts
- Realizzare tramite il comando *Draw Line*, il perimetro del PCB



In particolare, quando il comando è selezionato, tracciando la linea, viene mostrata la lunghezza della stessa. Se si hanno già le dimensioni del PCB, si può direttamente usare la dimensione nota, altrimenti una dimensione approssimata, che potrà essere aggiornata in un secondo momento. Nell'esempio si è realizzato un PCB delle dimensioni 5x10cm. La forma del PCB può essere qualunque, visto che il perimetro verrà ritagliato con l'ausilio di CNC. Per la dimensione del PCB, quando si inviano i file in produzione, si devono però considerare i lati del rettangolo che contiene la nostra forma speciale.

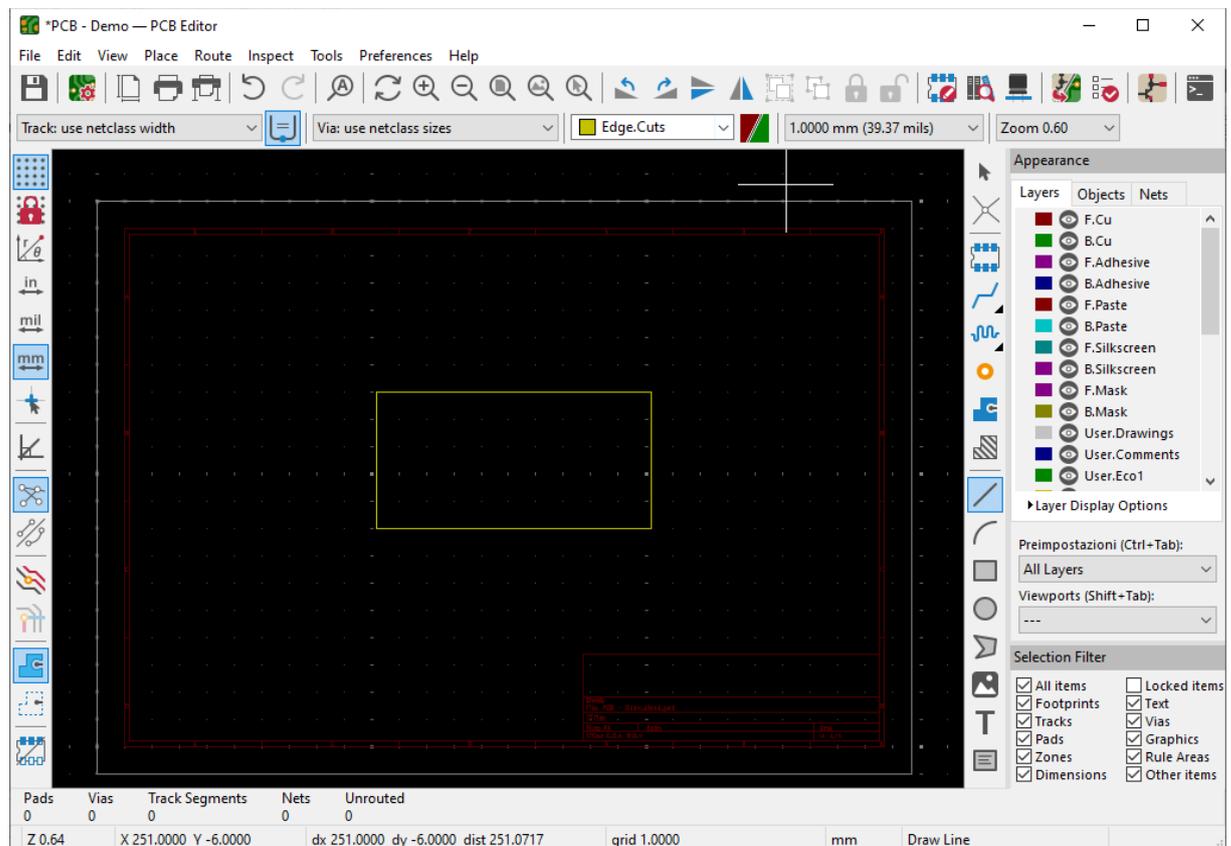


Figura 1: Perimetro del PCB - dimensioni .

La rappresentazione 3D del PCB, ottenuta premendo il tasto:

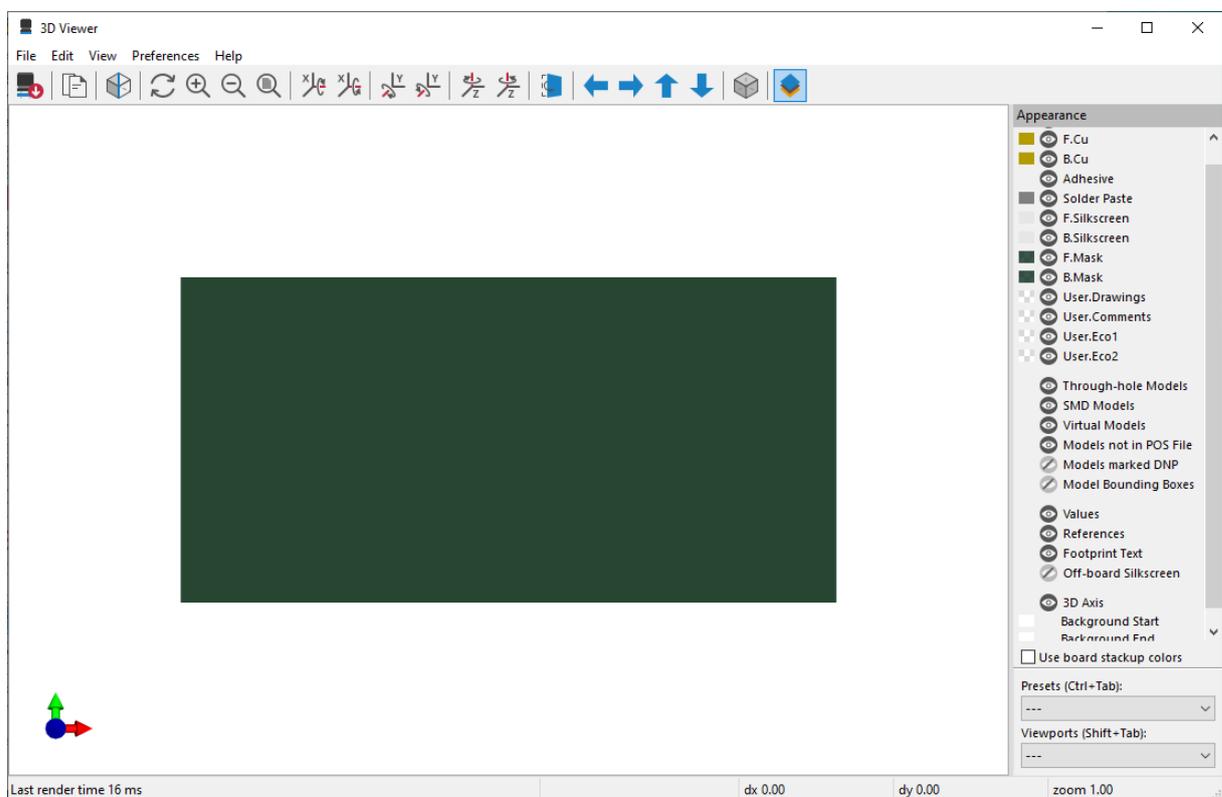


mostra il dettaglio del PCB realizzato (Figura 2).

A questo punto si può aggiungere l'angolo arrotondato, usando lo strumento della *toolbar*.

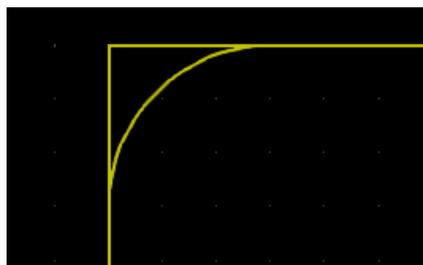


Si aggiungeranno in seguito dei fori di fissaggio per viti 3M, ovvero da 3mm. Per cui si può realizzare una curvatura di 4-5mm.



**Figura 2:** Modello 3D del PCB.

La Figura 3, mostra il dettaglio della sovrapposizione delle linee. In questa situazione, il modello 3D del PCB non viene realizzato correttamente, perché il perimetro deve essere una linea continua.



**Figura 3:** Esempio di arrotondamenti con l'arco.

Selezionando la linea del lato, si può trascinare il vertice fino a farlo combaciare con la linea curva. Facendolo per entrambi i lati si ottiene nuovamente una linea continua, come mostrato in Figura 4. Se si copia l'angolo, ai vertici mancanti del PCB, si può realizzare la curvatura su ogni angolo. Il nuovo modello 3D del PCB è mostrato in Figura 5.

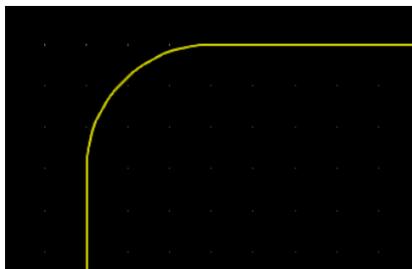


Figura 4: Arrotondamento terminato.

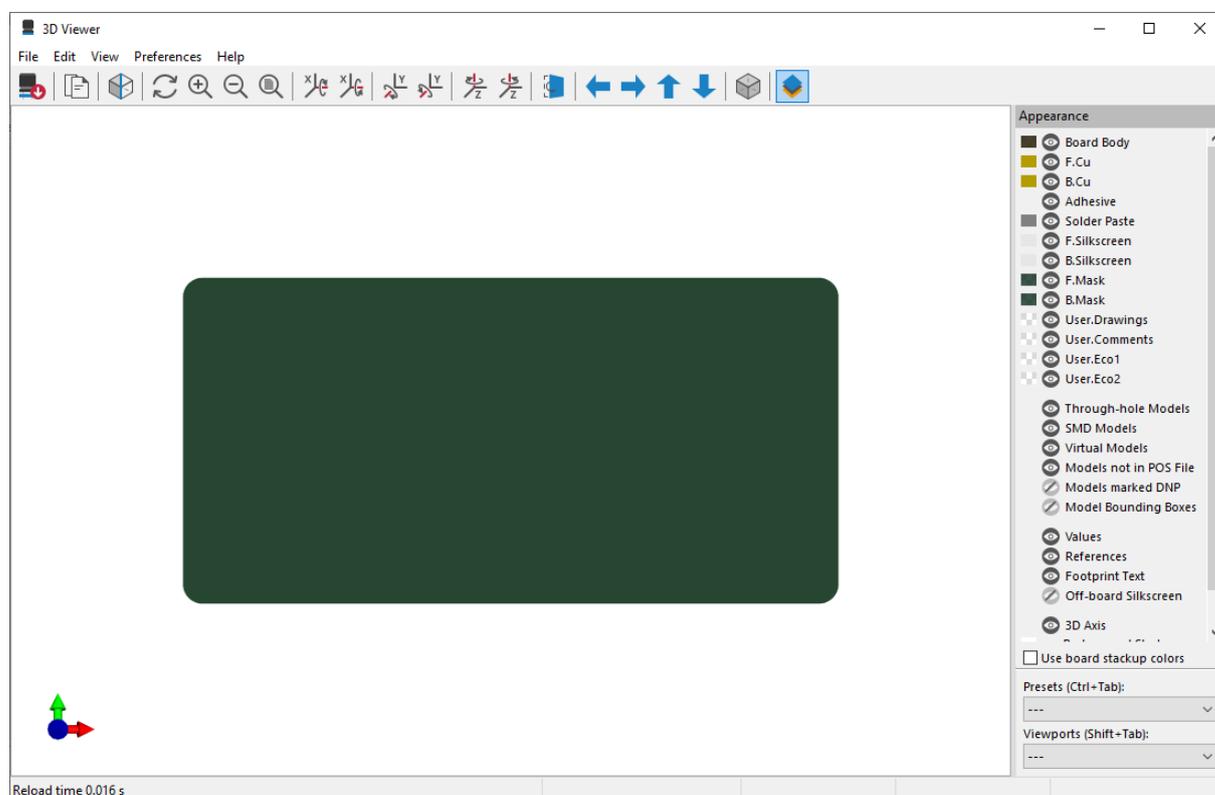


Figura 5: Modello 3D del PCB, con angoli arrotondati.

## Fori di fissaggio del PCB

Frequentemente, a meno di non avere un PCB che si deve incastrare in spazi particolari che lo bloccheranno, si ha l'esigenza di aggiungere dei fori di fissaggio sul PCB. Dal lato del PCB Editor, facendo uso dei nuovi *footprint*:



è possibile aggiungere direttamente dei fori di fissaggio (*Mounting hole*). Questa possibilità,

sebbene sia possibile, è sconsigliabile, visto che si avrebbe lo schema elettrico e PCB non allineati. La lista dei componenti è inoltre estratta dal lato dello schema elettrico, ed effettivamente delle viti, dovrebbero appartenere alla lista dei componenti (BOM). Nel caso in cui il foro di fissaggio appartenga per esempio ad un'aletta di raffreddamento, la vite deve appartenere allo schema elettrico.

Dall'Editor dello schema elettrico, si può aggiungere un nuovo componente:

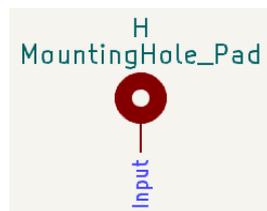


scrivendo *hole*, nel campo di ricerca, compariranno diverse opzioni.

Se il foro di montaggio non è elettricamente collegato a massa, si può usare il `Mounting_Hole`



Se si ha un collegamento elettrico, si può usare il `Mounting Hole_Pad`



Si può sempre usare la seconda opzione e aggiungere eventualmente *No Connection*, sulla linea elettrica.



Come mostrato in Figura 6:



**Figura 6:** Modello PCB delle dimensioni

Una volta aggiunti i componenti, si può assegnare il *footprint*:



nella finestra di dialogo, è bene aprire anche l'anteprima del *footprint* e verificare quello

selezionato.



Per viti 3M si può usare il `MountingHole:MountingHole_3.2mm_M3_Pad_Via`, in maniera tale, da avere un miglior scambio termico tra eventuali piani di massa posti tra il *top* e *bottom layer*. Questa esigenza potrebbe non sempre essere necessaria. Infatti se non si ha alcun collegamento elettrico, i fori potrebbero essere effettivamente solo dei fori sul PCB. Una volta aggiunti i fori nello schema elettrico, con relativi *footprint*, si può aggiornare il PCB, dal lato PCB Editor.

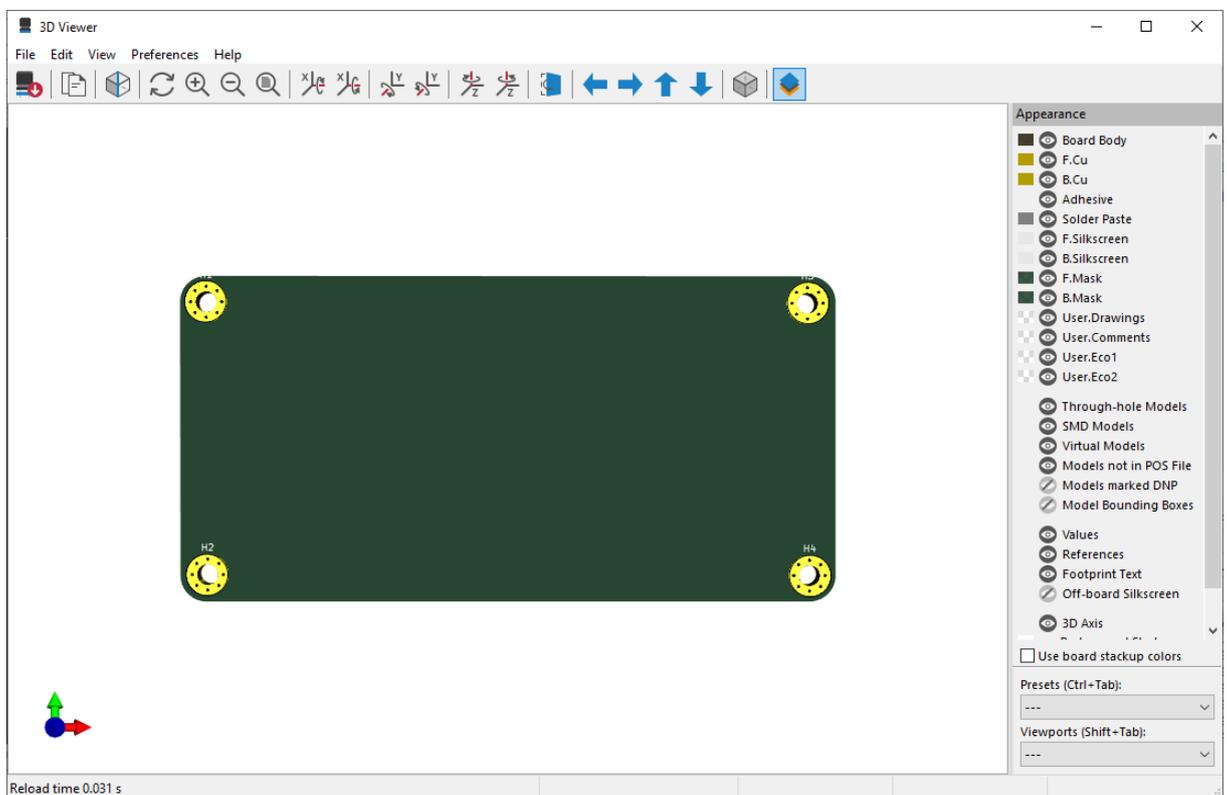


Arrotondare gli angoli del PCB in questo momento, ovvero una volta selezionato il diametro del foro, può tornare più pratico. Infatti, ponendo i fori agli angoli, si possono usare i relativi centri dei fori, per centrare la curvatura dell'arco di curvature del PCB, e averla dello stesso tipo del foro selezionato.

Le scritte `Mounting_Hole`, dal lato PCB, potrebbero dare un poco fastidio, specialmente in PCB compatti. Per non visualizzarle, basta disattivarle dal rispettivo *layer* F.Fab, premendo sull'icona dell'occhio.



Il PCB aggiornato, è mostrato in Figura 7.



**Figura 7:** Modello 3D del PCB con l'aggiunta dei fori.

I fori appena descritti, oltre che agli angoli del PCB, potrebbero essere presenti anche al suo centro o sotto alette di raffreddamento, al fine di avere un punto di fissaggio per le stesse. Nel caso di alette di raffreddamento, bisogna fare attenzione a quale potenziale elettrico si troverà l'aletta di raffreddamento. Questo varia in generale dal tipo di componente, LDO (*Linear Regulator*), transistor MOSFET di tipo P o N, o transistor BJT, NPN o PNP. Facendo uso di viti di plastica si può risolvere questo problema, qualora si sia fatto un errore. Isolatori elettrici possono essere usati anche tra i componenti e l'aletta di raffreddamento, ma lo scambio termico tende a peggiorare.

## Realizzare aperture sul PCB

Spesso si può avere l'esigenza di aperture speciali sul PCB. Tipicamente queste esigenze di natura meccanica potrebbero derivare dalla forma speciale del contenitore che ospiterà il PCB o anche essere di natura elettrica. Infatti diversi standard richiedono delle aperture minime per isolare due zone A e B del PCB e garantire che il dielettrico sia l'aria e non ci siano rischi che contaminanti (polvere, grassi), che possano depositarsi tra i due lati. Tali standard, come per esempio IEC60100-1, pongono dei limiti sulle dimensioni dell'apertura in base alla tensione operativa AC o DC, il grado di inquinamento *pollution level* (livello di inquinamento da possibili contaminanti che potrebbero deteriorare l'isolamento) ed altitudine alla quale il sistema si troverà ad operare. Fino a 2000 metri si usa un fattore di correzione pari a 1, mentre per altitudini maggiori, si usano fattori di correzione sulle dimensioni, maggiori di 1. Questi dettagli esulano dagli scopi del Capitolo, ma mostrano come per realizzare un PCB bisogna tenere a mente diversi aspetti.

Per realizzare delle aperture basta disegnare nuovi contorni sul *layer* Edge.Cuts. In Figura 8 sono mostrati due tipi di aperture (tagli). Il PCB è ruotato di profilo, per mettere meglio in evidenza i tagli effettuati.

In particolare l'apertura tra la zona A e B è di 5mm e potrebbe essere tipica per alimentatori switching AC-DC, per isolare il primario dal secondario. L'apertura tra B e C è un taglio fino, da 1 mm e potrebbe essere usato come artificio per poter spezzare un PCB. Eventualmente l'alimentazione e linee di comunicazioni potrebbero passare per le piccole aree di contatto. Per facilitare il taglio del PCB, sui *pad* di contatto si possono posizionare dei *via* (fori).

Questo approccio, sebbene sia usato, potrebbe portare dei costi aggiuntivi, visto che il progetto potrebbe essere considerato come due PCB e non uno.

A parità di area di PCB, se si hanno due progetti in un solo PCB, i costi sono più elevati. Infatti alcuni servizi gratuiti come il *review* del PCB, sebbene siano “gratuiti”, rientrano in un costo base del PCB ovvero progetto.

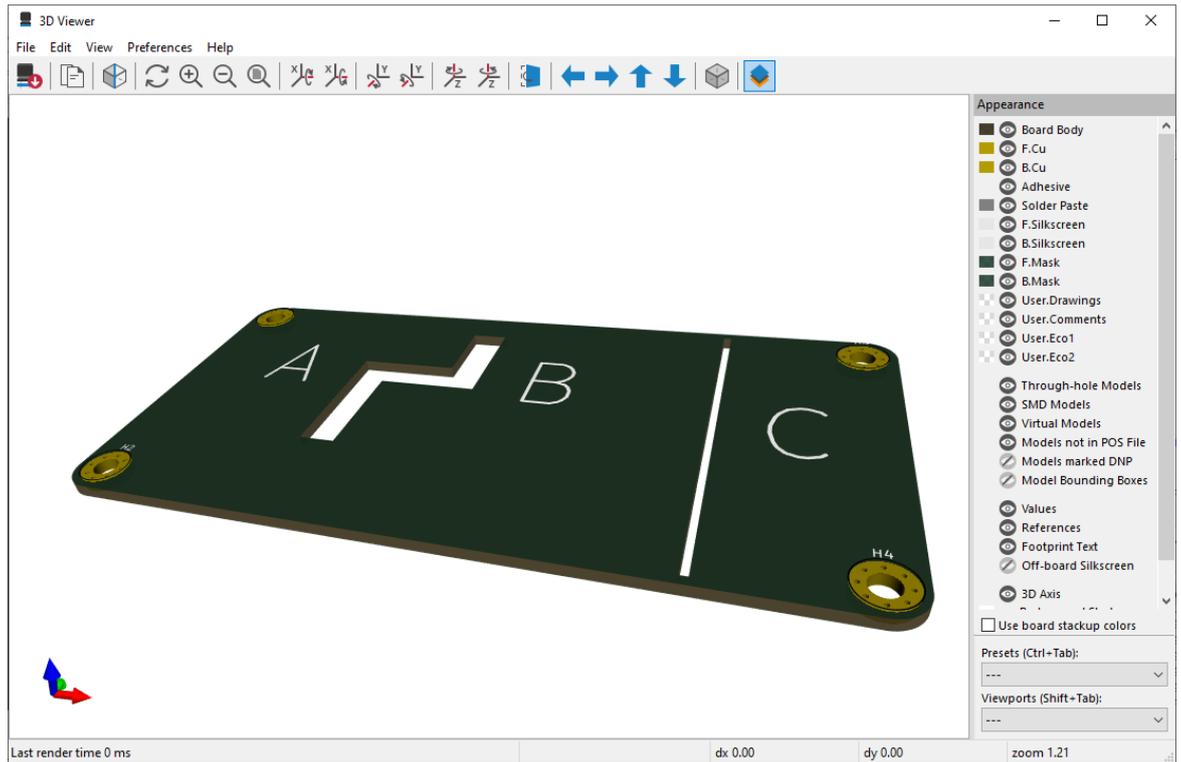
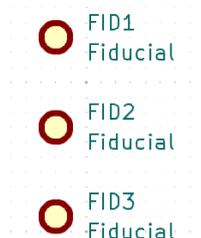


Figura 8: Modello 3D del PCB con l'aggiunta dei tagli.

## Fiducial

I *fiducial* sono stati introdotti già nel Capitolo che ha mostrato i PCB a 4 *layers*. In questo contesto, rinforziamo l'esigenza della loro presenza su PCB professionali, visto che questi potrebbero essere prodotti in serie. Produrre in serie un PCB, significa spesso far uso dei macchinari *pick and place* automatici. Questi macchinari permettono di posizionare in automatico componenti SMD sul nostro PCB. Alcuni componenti a fori passanti supportano anche i macchinari *pick and place*, ma questo richiede una ricerca particolare durante la selezione dei componenti. Se il PCB dovesse avere solo componenti a fori passanti, che non dovessero supportare il sistema *pick and place*, i *fiducial* non sarebbero necessari.

Al fine di posizionare correttamente ogni componente, il macchinario necessita di punti di riferimento. In particolare ogni volta che viene prelevato un componente dai *reel*, questo viene fotografato per identificarne l'orientamento. Questo è un primo riferimento necessario al fine di ruotare il componente, se necessario. Il secondo riferimento deve venire dal PCB stesso, visto che è facile avere degli errori sui bordi dell'ordine di diversi decimi di mm. I riferimenti sul PCB vengono forniti dai *fiducial*. I *fiducial*, come per le viti, è bene inserirli dal lato del PCB, aggiungendo i rispettivi simboli *fiducial*.



Come *footprint*, si possono usare fiducial da 0.75mm, `Fiducial_0.75mm_Mask1.5mm`. Qualora siano necessari *footprint* più piccoli, è bene accertarsi con chi deve assemblare il PCB, se supporta fiducial più piccoli. Tipicamente fino a 0.5mm non è un grosso problema, ma al disotto è bene porre la domanda.

Per il numero dei fiducial, tipicamente tre è un buon numero, al fine di permettere la correzione di rotazioni del PCB. Due è il minimo matematico, ma potrebbe essere sconsigliato da chi effettuerà l'assemblaggio dei PCB.

Per il posizionamento dei *fiducial*, si può usare un triangolo immaginario, ai cui vertici porre i *fiducial*. A seconda del layout, e posizionamento degli altri componenti, i *fiducial* possono essere spostati rispetto al triangolo immaginario, ma in ogni modo bisogna evitare che siano tutti allineati.

Si noti che i fiducial sono come dei *pad*, ma non hanno alcun collegamento elettrico. La Figura 9, mostra i dettagli del PCB aggiornato con i *fiducial*.

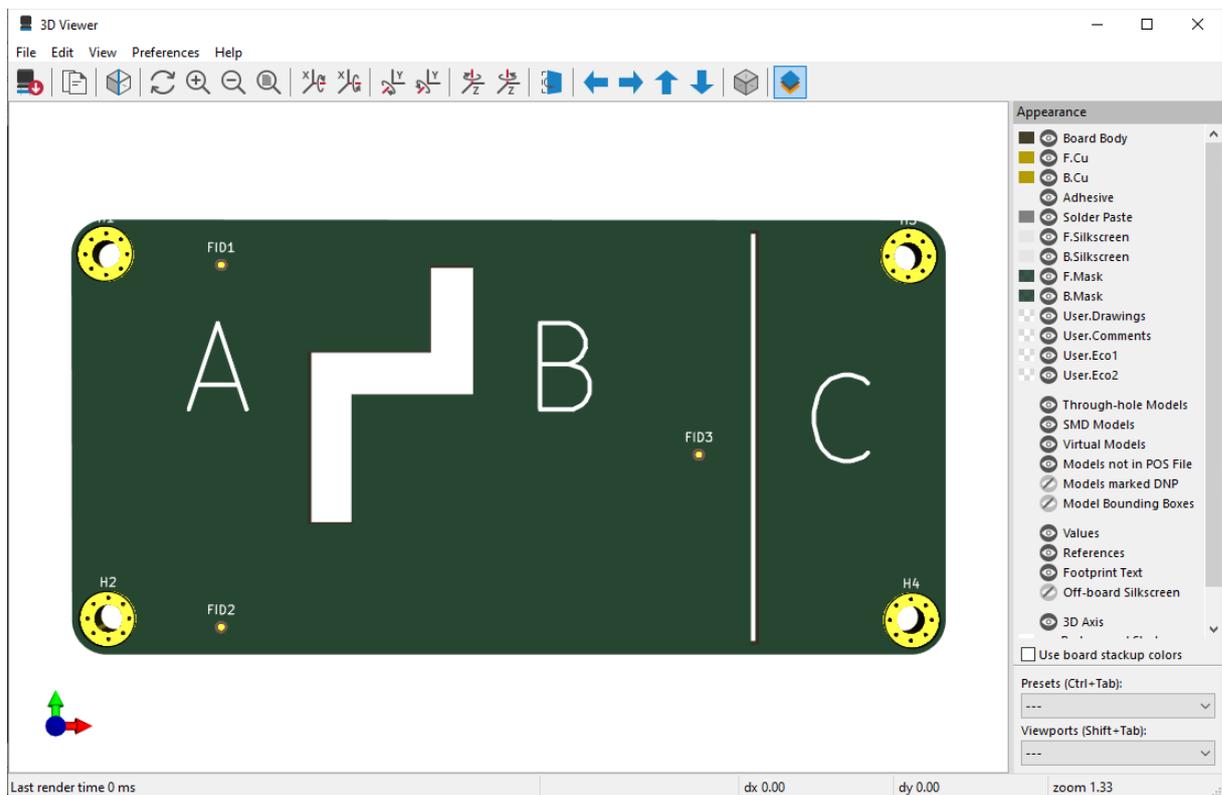


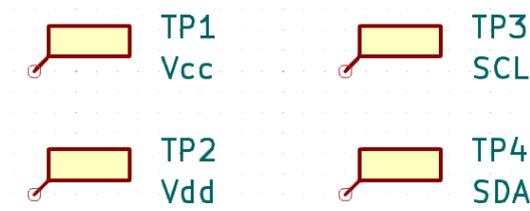
Figura 9: Modello 3D del PCB con l'aggiunta dei fiducial.

## Test point

I sistemi elettronici moderni stanno diventando sempre più complessi, e spesso richiedono alcuni test base dopo l'assemblaggio. Questo viene fatto per garantire una qualità più alta sul prodotto finale. Testare un sistema complesso come un *laptop*, dopo che è stato montato, può essere complicato e costoso. Fare dei test a livello di PCB assemblato, emulando alcune parti del computer, può tornare più pratico ed economico da implementare.

I *test point*, ovvero punti di test, supportano proprio questa esigenza tecnica. I *test point* devono essere aggiunti nello schema elettrico e tipicamente sono posti sulle linee di alimentazione ma anche segnali speciali, come quelli di programmazione (JTAG), monitor, bus I2C, SPI o anche di controllo e feedback del sistema. Questo permette di alimentare il sistema e fornire segnali di controllo, per mezzo di collegamenti esterni applicati direttamente sui *pad* dei *test point*. Al tempo stesso, i vari *test point* sulle alimentazioni, possono anche essere utilizzati per verificare se tutto funziona correttamente. I *test point* sono spesso disposti sul PCB direttamente sulla linea di interesse e non sono riportati sul lato del PCB. Per questa ragione sono disposti in maniera distribuita sulla superficie del PCB. Per utilizzarli si fa spesso uso di *test fixture* dedicate, che tramite dei *pogo pin* effettuano il contatto meccanico con i *test point*.

Per aggiungere un *test point*, basta aggiungere il rispettivo simbolo sullo schema elettrico. Cercando il simbolo *Test Point*, sono disponibili diverse opzioni. In Figura 10, è mostrato il simbolo per *TestPoint\_Flag*. Si noti che i *test point* hanno il terminale da collegare sulla linea di interesse. In questo caso non è stato collegato a nulla, ma il nome fa intendere che abbiamo messo un controllo sulle alimentazioni e sul bus I2C.



**Figura 10:** Modello PCB delle dimensioni

Per il *test point*, ci sono diverse opzioni di *footprint*, sia con foro che senza, e di diverso diametro. In particolare in questo esempio si è usato il *TestPoint\_Pad\_D1.0mm*.

I *test point* possono essere comodi anche per saldare dei fili durante la fase di *debug* del PCB, per cui è bene non scendere sotto 1mm, al fine di poter saldare dei fili senza troppe difficoltà.

Quando possibile, se il *layout* non è compromesso e sia hanno pochi *test point*, si possono allineare gli stessi su un lato del PCB, o raggrupparli vicini. L'allineamento permette la possibilità di aggiungere un connettore durante la fase di *debug*. In questo caso i *pad* con fori o rettangolari possono essere più pratici. Per permettere il supporto di connettori, è bene usare una distanza tra i centri dei *pad*, di 2.54mm o 1.27mm. Con questo passo si possono trovare infatti diversi connettori.

La Figura 11, mostra il PCB aggiornato con l'aggiunta dei *test point*.

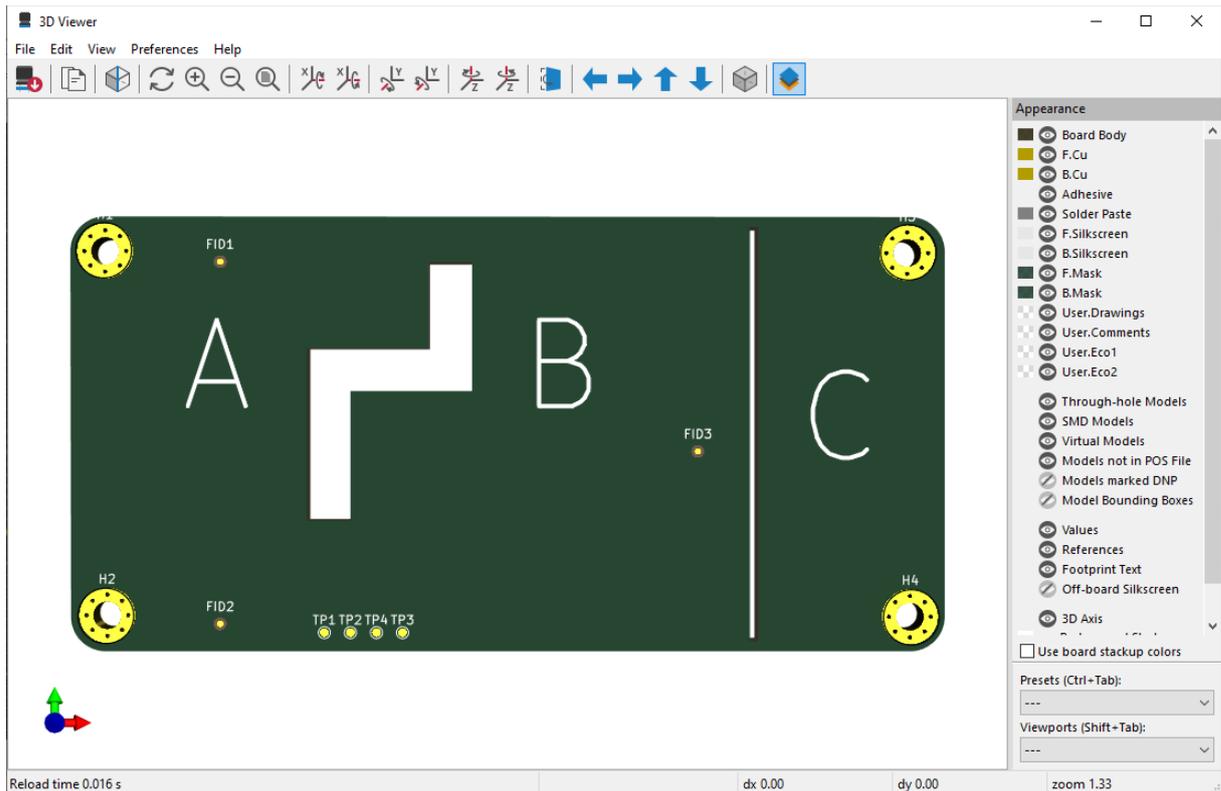


Figura 11: Modello 3D del PCB con l'aggiunta dei test points.

## Pad di programmazione

Frequentemente, i sistemi elettronici moderni, fanno uso di microcontrollori (MCU), per cui, è bene prevedere che i pin di programmazione siano disponibili sul PCB. Non è insolito che una MCU sia programmata prima dell'assemblaggio, per cui i *pad* di programmazione non sono obbligatori, ma in generale se lo spazio permette, è bene avere tali *pad* al fine di programmare nuovamente il sistema, se necessario. Una esigenza di riprogrammazione potrebbe verificarsi qualora ci si accorga di un errore che richieda un aggiornamento del *firmware*. Questo richiede che le nuove MCU siano programmate con il nuovo *firmware* ma anche quelle che sono state rimesse nel *reel* ed eventualmente sul PCB. Se il PCB non fornisce i pin di programmazione, questo non è possibile e si possono dover gettare le schede già assemblate. Alcune volte i *test point* possono fornire anche i pin di programmazione. Ciononostante i *test point* sono spesso disposti in maniera disordinata sul PCB e potrebbero dunque richiedere una *test fixture* dedicata alla programmazione. Se i pin di programmazione sono portati sul lato del PCB, accedere agli stessi può tornare più pratico.

In Figura 12 e Figura 13 è mostrato il dettaglio di un connettore di programmazione. Tipicamente le linee minime di programmazione sono quelle di alimentazione, linea di clock, dati e *Reset*. Nel caso in cui si faccia uso del *boot loader*, potrebbe essere necessaria anche una linea di trigger per avviare il *boot loader* (questo non è obbligatorio e dipende dal *boot loader*). Alcune MCU, come quelle basate su ARM Cortex M, definiscono dei connettori standard al fine di poter utilizzare programmatori di diversi fornitori senza necessitare di adattatori.

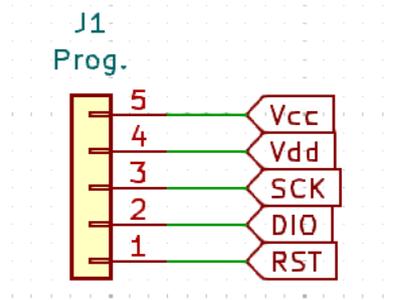


Figura 12: Esempio di connettore per il programmatore.

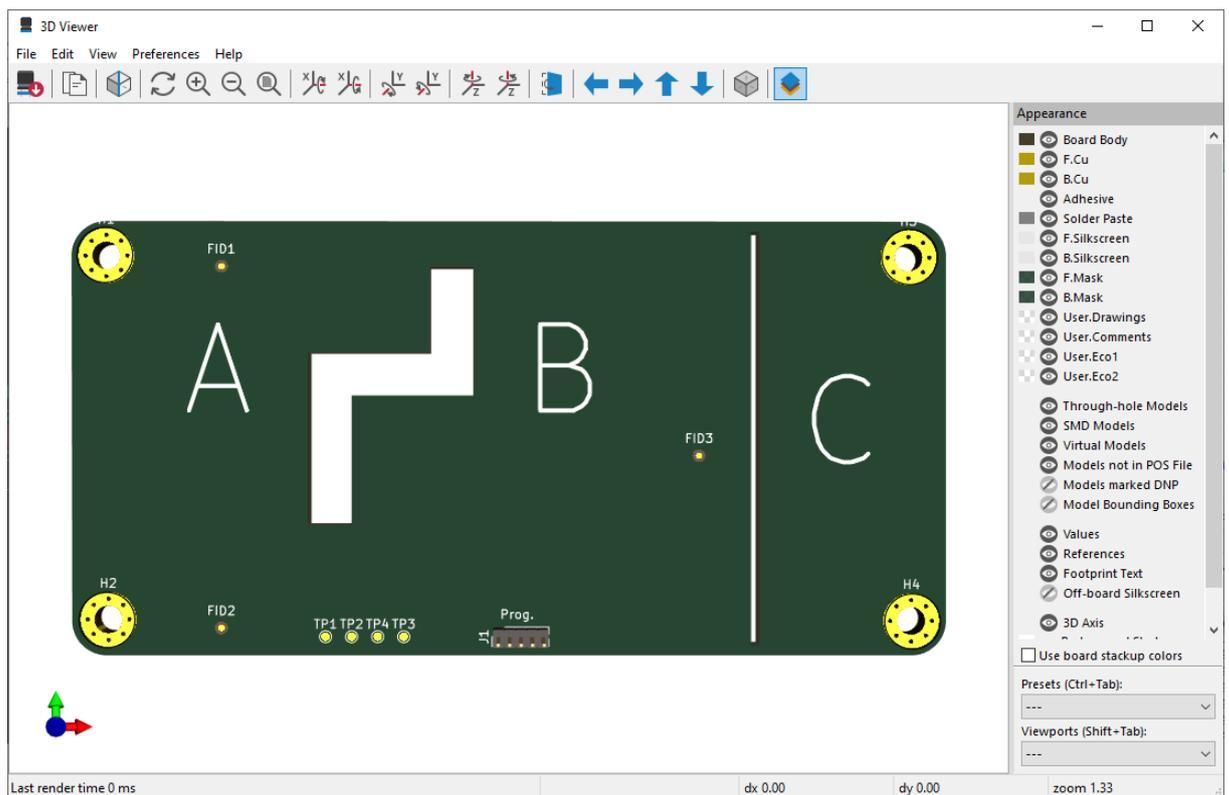


Figura 13: Modello 3D del PCB con l'aggiunta del connettore di programmazione.

Spesso i connettori, hanno costi non irrilevanti, e non sempre vengono montati, piuttosto si lasciano i *pad* disponibili allineati al fine di supportare un connettore durante la fase di sviluppo e *debug*, e i *pad* per *pogo pin* durante la fase di programmazione in produzione.

## Etichette

Ogni PCB ha tipicamente un nome. Questo è bene che sia scritto sul PCB stesso assieme alla versione del PCB. Durante la fase di sviluppo può non essere insolito dover realizzare più versioni del PCB, per cui avere un'etichetta con il nome del PCB e la versione, è particolarmente utile. L'etichetta si può aggiungere tipicamente sul PCB. La Figura 14, mostra un dettaglio del PCB con l'aggiunta dell'etichetta, come semplice testo (Text).

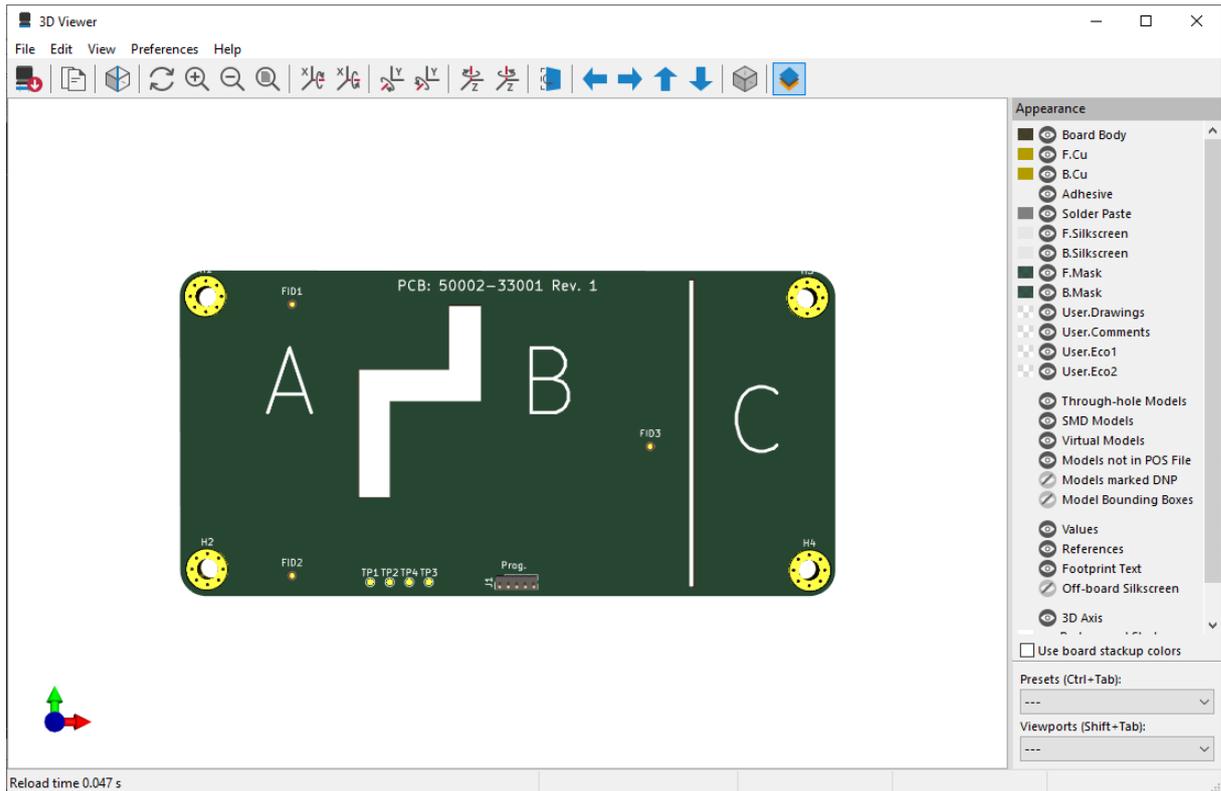


Figura 14: Modello 3D del PCB con l'aggiunta dell'etichetta.

## Standard

Durante la progettazione di un sistema elettronico in cui sia necessario progettare un PCB, bisogna soddisfare diversi standard, normative o direttive. In particolare, le direttive europee, richiedono la marcatura CE dei prodotti introdotti sul mercato, come anche il marchio WEEE, ovvero per lo smaltimento speciale dei sistemi elettronici, sia che contengano o meno una batteria.

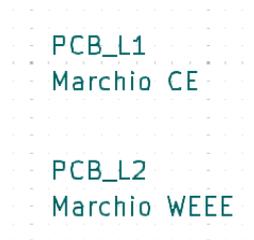
Qualora il PCB rappresenti il prodotto, bisogna aggiungere dei marchi sul PCB, al fine di soddisfare le direttive europee. Qualora lo spazio non permetta di soddisfare le esigenze minime sul marchio CE (dimensione 5mm di altezza), bisogna far in modo di aggiungere un'etichetta sul manuale o scatola del prodotto, che risulti indelebile. Tipicamente bisogna resistente all'acetone usato per rimuovere lo smalto delle unghie, come previsto da diverse norme armonizzate.

Ancora una volta, si può notare che realizzare un PCB, può spesso richiedere dettagli aggiuntivi richiesti da normative o esigenze di mercato. Rispettare o meno tali esigenze non necessariamente compromette le funzionalità del prodotto, ma può causare qualche problema in caso di controlli da parte degli organi competenti, che può causare il ritiro del prodotto dal mercato, oltre che a multe.

Riassumendo, aggiungere il marchio CE è facile ed è già disponibile tra i *footprint* di KiCad, ma aggiungere il marchio CE presuppone che le direttive che descrivono e coprono il particolare sistema elettronico siano state soddisfatte, con eventuale ausilio delle normative armonizzate. Per cui, aggiungere il marchio CE è una cosa, aver provveduto a soddisfare le direttive europee che richiedono il marchio CE è un'altra. E' responsabilità del produttore far sì che una volta introdotto il prodotto sul mercato, il marchio CE rispetti le

direttive europee necessarie.

Per aggiungere l'icona CE o WEEE si può procedere direttamente dal lato del PCB Editor. Per mantenere allineati schema e PCB, ho creato dei simboli in una libreria personale, semplicemente per etichette, al quale assegnare un *footprint* simbolo o etichetta. Nella libreria, si potrebbero aggiungere etichette multiple per diverse dimensioni dei simboli CE e WEEE e averne una generica per una qualunque etichetta. Questa semplice funzione simbolica non mi sembra che sia supportata dalle librerie KiCad, per cui ho creato un semplice simbolo personale. Nello schema elettrico basta aggiungere i due simboli delle etichette, e associare i rispettivi *footprint* CE e WEEE delle dimensioni richieste.



In particolare, i *footprint* CE e WEEE, durante l'associazione, è possibile trovarli nella libreria *Symbol*. Tale libreria ha altri simboli come per esempio RoHS, ESD. Aggiornando il PCB si ottiene la Figura 15.

Quando si cominciano ad aggiungere molti simboli, il PCB può diventare piuttosto affollato. In questo esempio di PCB non è presente alcun componente, per cui il tutto risulta più facile, ma quando si hanno componenti elettronici, possono essere necessari dei compromessi. Il marchio CE non accetta molti compromessi. Come detto deve essere al minimo di 5mm e deve essere ben leggibile, per cui con deve essere coperto da componenti o essere spezzato a causa di altre esigenze di assemblaggio. Se questo si dovesse verificare, bisogna procedere all'utilizzo di una etichetta idonea, come precedentemente descritto.

Nel caso in cui siano presenti componenti SMD sul lato frontale, il lato posteriore si presta perfettamente alle etichette e simboli da aggiungere. In particolare molti PCB vengono ora prodotti con serigrafia su entrambi i lati, senza costi aggiuntivi. Per inserire l'etichetta o simbolo sul lato posteriore, basta selezionarla e premere la lettera F (*Flip*). Si noterà che l'immagine o scritta viene ruotata con effetto specchio, visto che si vede in trasparenza. L'analisi del modello 3D del PCB permette sempre di verificare l'esattezza del posizionamento delle etichette, siano esse sul lato frontale o posteriore del PCB.

Quanto appena descritto ha coperto le esigenze delle icone CE, WEEE, ma ce ne sono altre in base al mercato in cui viene venduto il prodotto. Per esempio, in America, il marchio CE è sostituito dal marchio FCC (un prodotto può averli entrambi). Se il prodotto deve soddisfare gli standard UL, il PCB come anche gli altri componenti devono essere "*UL recognized*", ovvero avere il marchio UL sul prodotto o sul datasheet dello stesso. Prodotti con alta tensione devono avere *warning* con icone specifiche riconosciute dallo standard d'interesse.

Il progettista è sempre responsabile...

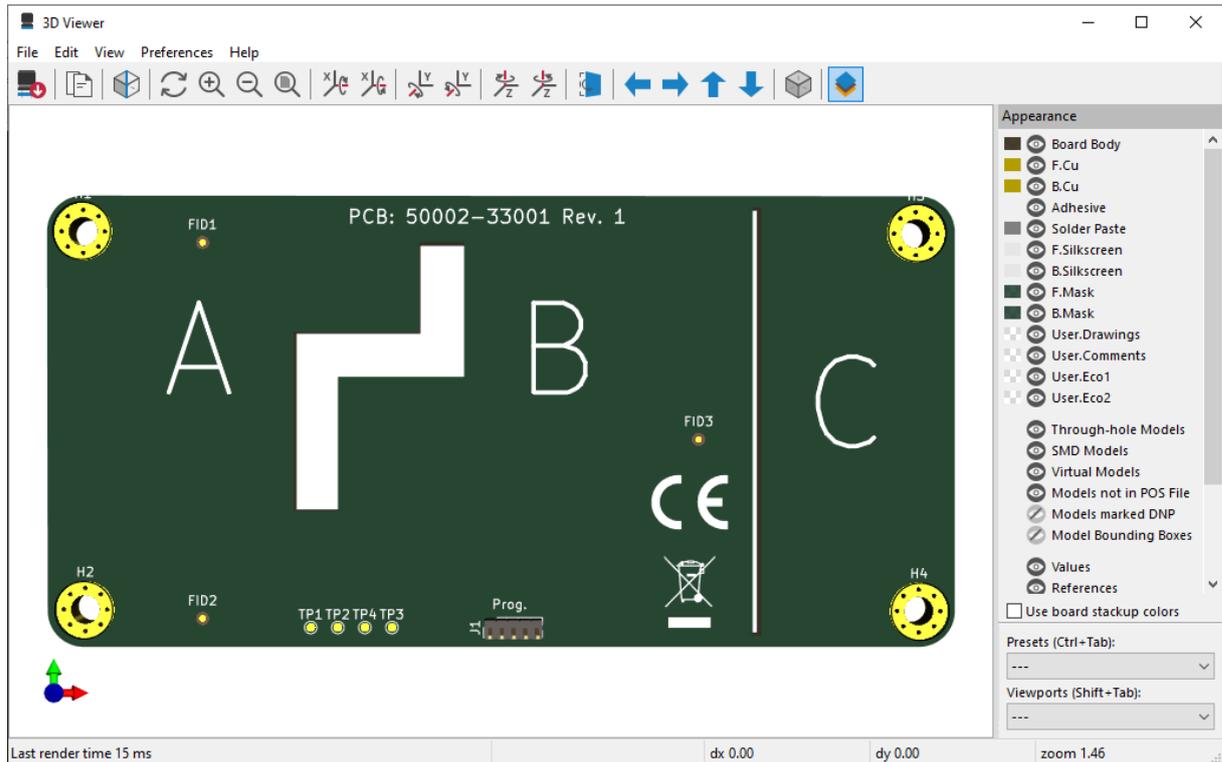


Figura 15: Modello 3D del PCB con l'aggiunta dei marchi CE e WEEE.

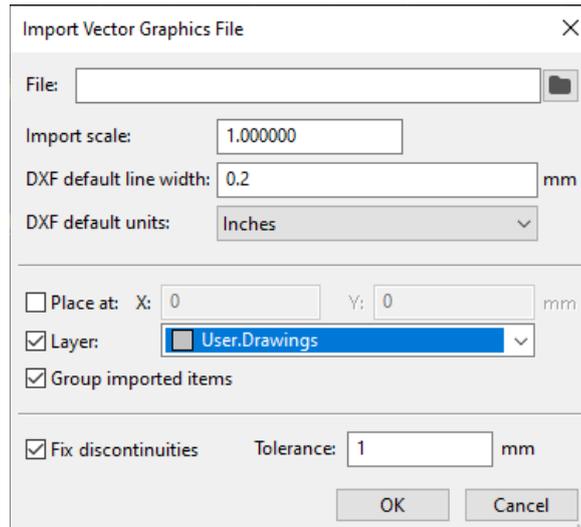
## Immagini

Le immagini sono simili alle icone CE e WEEE appena descritte, ovvero si può creare un'etichetta sullo schema elettrico da associare ad un *footprint* che contiene la nostra immagine. Se però l'immagine o *footprint* non esiste, ...bisogna generarla.

Ci sono due possibilità. Se l'immagine è stata creata per esempio tramite programmi vettoriali, come InkScape, ed è stata salvata in formato .svg, è possibile importare l'immagine direttamente nel PCB. In particolare, dal PCB Editor, selezionare la voce del menu:

```
File → Import → Graphics...
```

Si aprirà la finestra di dialogo di Figura 16, dalla quale è possibile importare un'immagine direttamente nel PCB. Il *layer* di default è User.Drawings. Se si vuole che questo venga visualizzato sul PCB finale, durante la realizzazione dei *gerber files*, è necessario aggiungere questo *layer*. In alternativa si può selezionare direttamente F.Silkscreen, dove è presente la serigrafia degli altri componenti. Questo *layer*, durante la realizzazione dei file *gerber files*, è generalmente già attivato. Dalla finestra di dialogo di Figura 16, è possibile anche cambiare il fattore di scala, al fine di adattare l'immagine importata, alle esigenze del PCB.

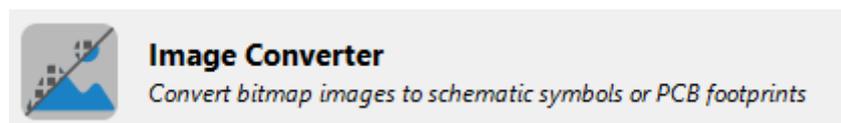


**Figura 16:** Finestra di dialogo per importare immagini.

Un'immagine aggiunta in questo modo è presente solo a livello del PCB, e se si vuole aggiungerla ad altri PCB, bisogna importarla ogni volta con i parametri corretti. Qualora si abbia l'icona della propria società, la si può voler aggiungere direttamente come simbolo e *footprint*, in maniera da metterla in ogni progetto come un semplice componente e rispettare le dimensioni approvate dalla società.

Per fare questo bisogna creare un *footprint* con la nostra immagine. Se l'immagine è semplice la si può creare con Footprint Editor, ma le funzioni grafiche sono limitate. In alternativa si può creare un'immagine con altro editor di immagini vettoriali, come Inkscape o simili, o anche cercare immagini già pronte (copyright permettendo).

Dalla finestra principale di KiCad selezionare la voce *Image Converter*.



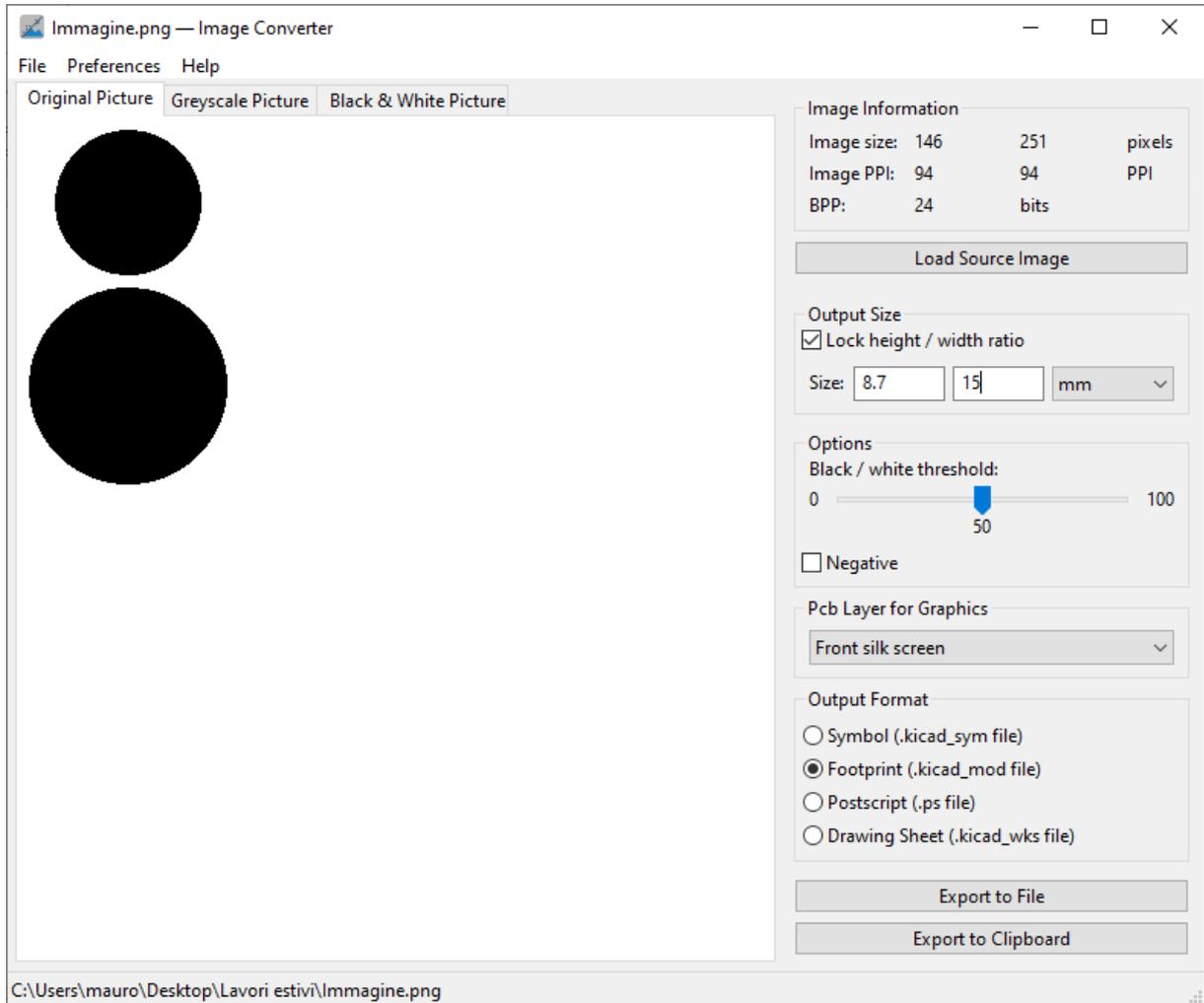
Si aprirà la finestra di dialogo di Figura 17. In particolare è mostrata un'immagine di esempio creata in precedenza, una semplice bitmap con due cerchi. Prima di esportare l'immagine è bene selezionare la dimensione del *footprint* che si vuole creare, impostando i parametri *size*. In particolare, mantenendo l'opzione *Lock* attiva, è possibile cambiare solo la dimensione di interesse. Inoltre per realizzare il *footprint*, bisogna selezionare la rispettiva opzione.

Fatto questo, si può procedere ad esportare il file (*Export to File*). Questo permette di dare il nome al file con estensione e formato *.kickad\_mod*. Il *footprint* è pronto.

Per associarlo ad una libreria basta aprire l'Editor Footprint, e selezionare la voce del menù:

File → Import → Footprint...

Salvare il *footprint* selezionando poi la libreria in cui si vuole aggiungerlo. Il *footprint* è adesso associabile ad un simbolo dello schema elettrico.



**Figura 17:** Finestra di dialogo per convertire le immagini.

Basta aggiungere un nuovo simbolo *Label* nello schema elettrico e associare il *footprint* salvato nella libreria personale. In Figura 18 è mostrato il dettaglio del PCB aggiornato con l'immagine personale.

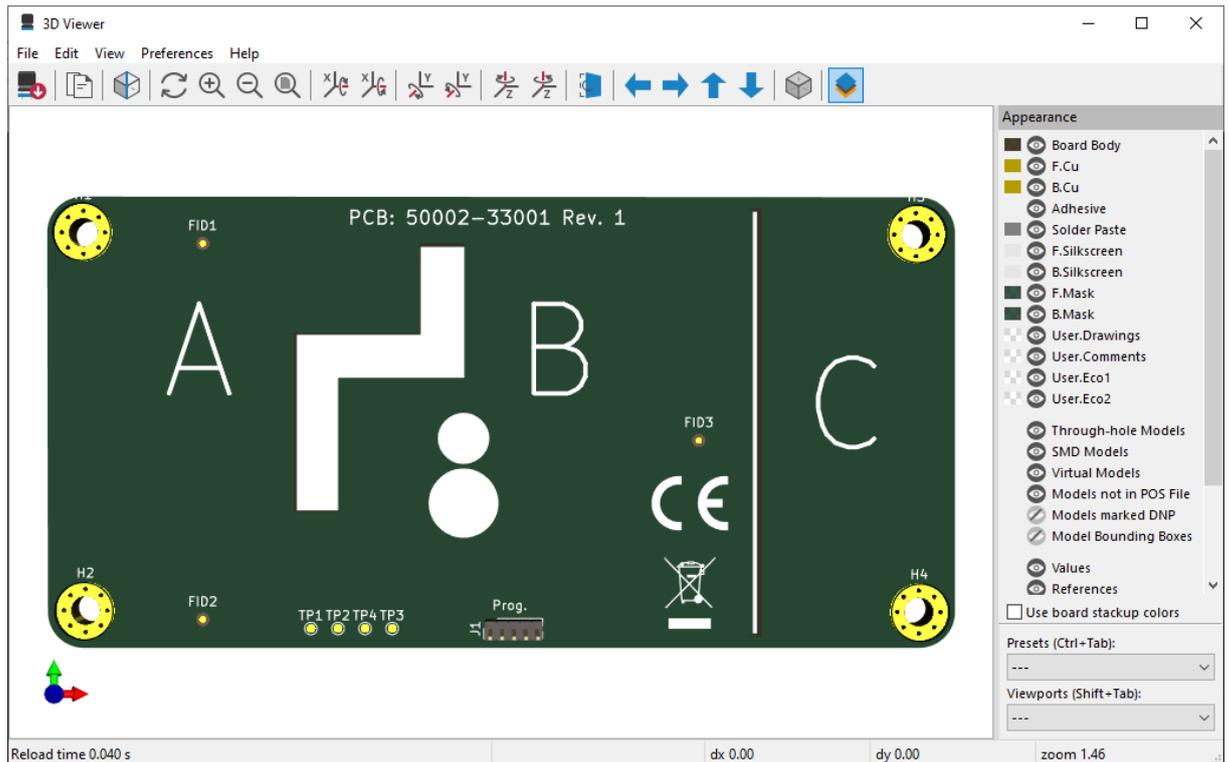


Figura 18: Modello 3D del PCB con l'aggiunta dell'immagine.

## Realizzare pannelli di PCB

Quando il PCB bisogna produrlo in grosse quantità, il sistema *pick and place* automatico è la soluzione da supportare. Per accelerare il processo è bene realizzare dei pannelli di PCB, ovvero un pannello in cui siano contenuti più PCB, ovvero copie del PCB realizzato. Questo torna particolarmente utile, perché su ogni singolo pannello sono presenti più PCB, per cui i seguenti processi sono accelerati, potendo con un singolo pannello accedere a più PCB:

- Semplice spostamento logistico all'interno dell'industria e macchinari.
- Fase in cui la *solder paste* viene spalmata con l'ausilio dello *stencil*.
- Assemblaggio.
- Ispezione automatica tramite telecamere.
- Test delle schede.

In seguito mostrerò tre soluzioni per realizzare dei pannelli.

### Pannelli con KiCad

KiCad attualmente non supporta in maniera flessibile la realizzazione di pannelli, ma con qualche artificio nelle sue ultime versioni è possibile farlo. Ciononostante può essere laborioso e apportare modifiche può richiedere di eseguire molti passi manualmente. Non entrerò nel dettaglio della procedura. Mi aspetto che in un futuro prossimo KiCad supporterà tale procedura in maniera più snella, come alcuni *plugin*.

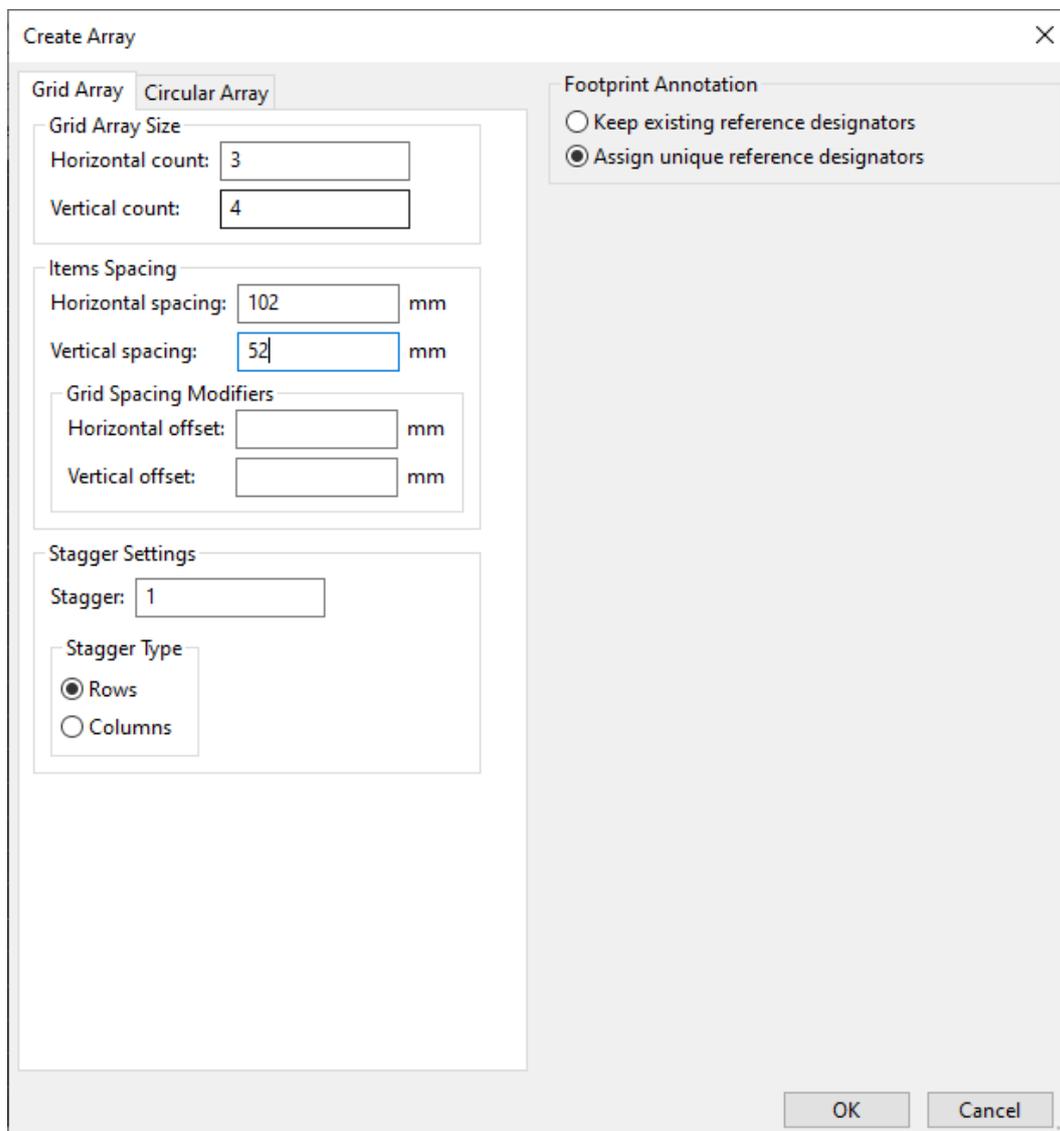
Dal lato Editor PCB, è possibile selezionare tutti i componenti del PCB e premendo il

tasto destro del mouse è possibile fare il *Grouping* dei componenti. Selezionare il gruppo appena creato, premendo nuovamente il tasto destro del Mouse si può selezionare la voce:

Create from Selection → Create array...

Viene visualizzata la finestra di dialogo di Figura 19. Dalla finestra di dialogo impostare i seguenti parametri:

- Dimensioni della matrice, nell'esempio è impostata 3x4.
- Dimensione del PCB (nel nostro caso 50x100mm), con l'aggiunta di 2mm per il taglio *V score* (a seconda delle esigenze si può usare anche un *V score* più piccolo).



**Figura 19:** Finestra di dialogo per realizzare un Array di PCB.

Il *V score* è il taglio a V che assottiglia il PCB, per facilitarne l'isolamento dopo l'assemblaggio. PCB realizzati con *V score*, se visti di profilo, hanno il tipico profilo

appuntito derivante dal taglio a V. Il taglio viene effettuato tramite dischi ruotanti posti al disopra e al disotto del PCB. Per tale ragione il taglio  $V$  score deve essere un taglio continuo. Il suo spessore, varia tra 0 e 2mm. Scegliendo 0mm, è bene che i componenti e relative piste, non siano troppo vicine al bordo.

Una volta impostati i valori, si può premere OK. I vari PCB creati possono essere nuovamente selezionati per un *Grouping*, al fine di poter muovere liberamente il pannello senza rischiare di muovere componenti singoli.

Quello che si ottiene è mostrato in Figura 20. Al fine di mantenere il PCB singolo originale, è bene salvare il pannello sotto un altro nome, tramite:

File → Save As

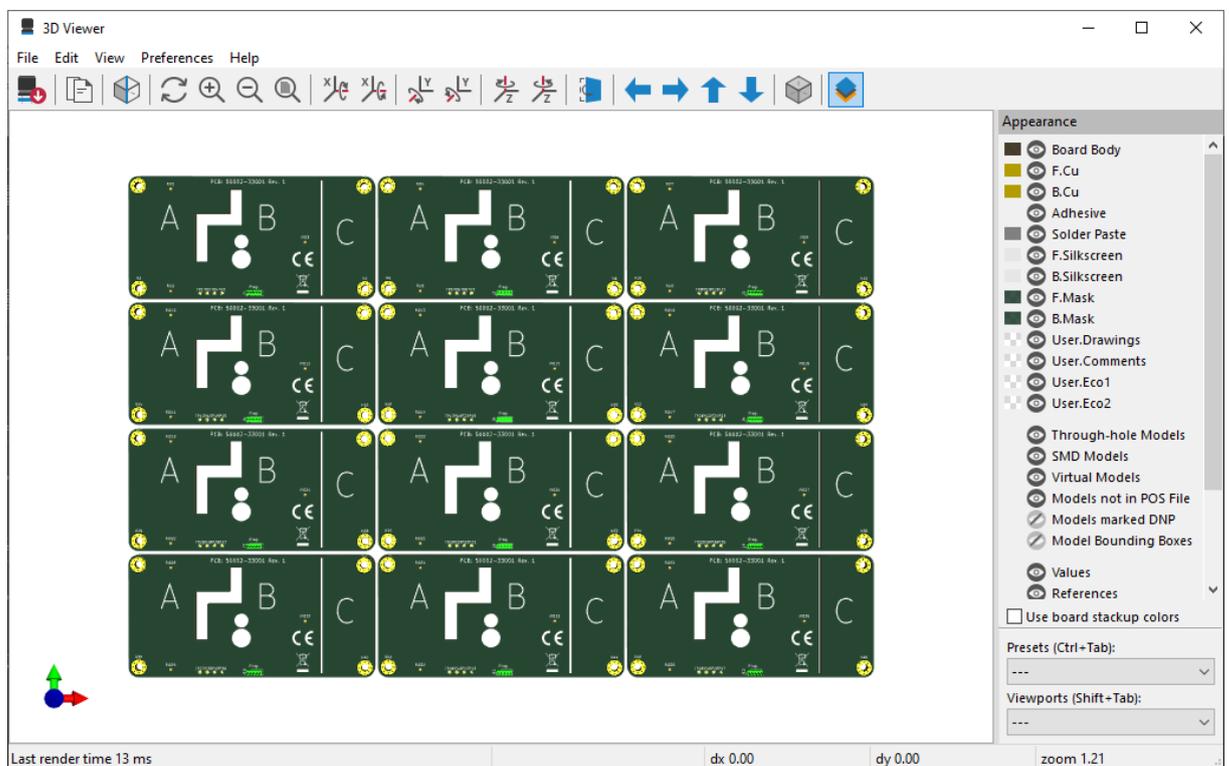


Figura 20: Pannello 3D 3x4.

Per il  $V$  score, basta avvisare il costruttore, ma è bene aggiungere delle linee per il taglio e specificare  $V$  score, per esempio nel *layer* User.Drawings, come mostrato in Figura 21. Tale *layer* deve essere aggiunto durante l'esportazione dei file *gerber*, altrimenti l'informazione non viene trasferita al produttore del PCB. Lo spessore della linea è bene che rifletta quello del  $V$  score che si sta usando, nel nostro caso 2mm.

Il taglio  $V$  score, lasciando delle rimanenze a  $>$  sul lato del PCB, tende ad allargare le dimensioni del PCB, per un totale di circa il taglio del  $V$  score.

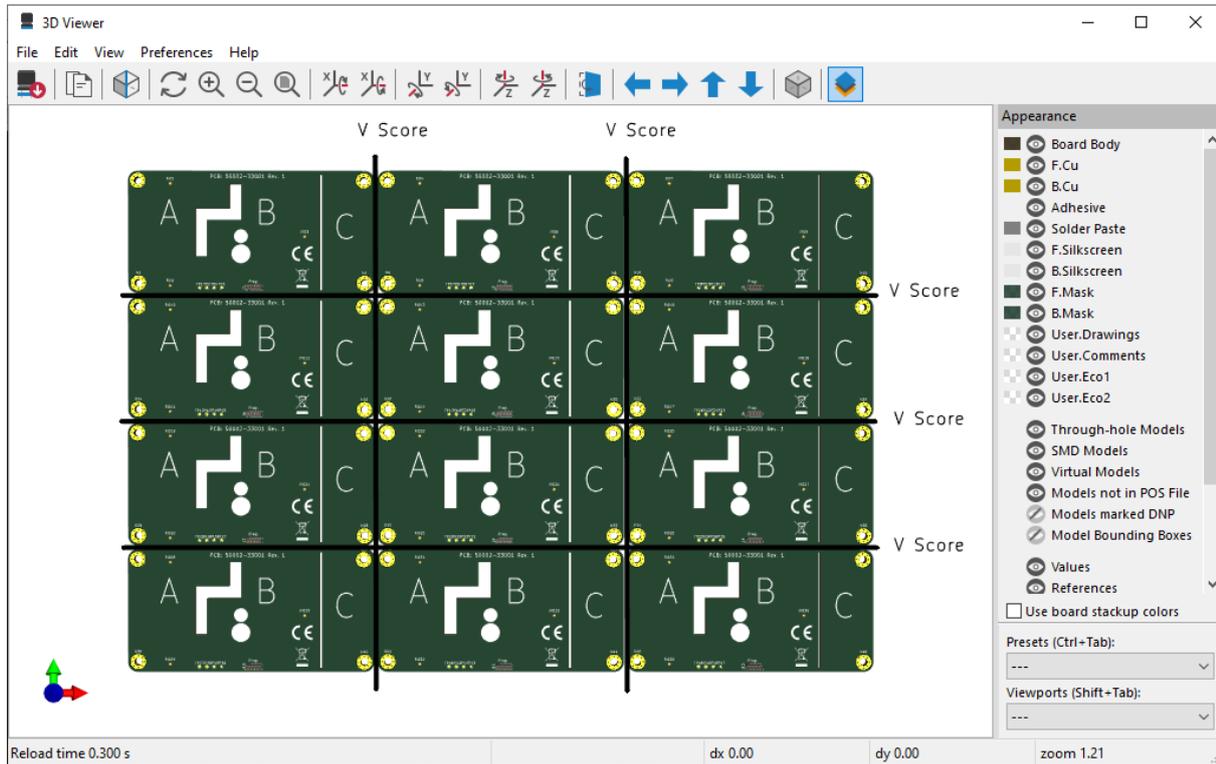


Figura 21: Pannello aggiornato con le linee V score.

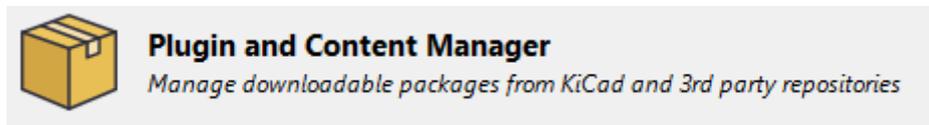
Oltre al  $V$  score è bene aggiungere sul layer Edge.Cuts, una cornice, eventualmente collegata con *Mouse bite*. Una procedura lunga...e manuale.

Bisogna sempre accertarsi con il produttore del PCB, quale sia la dimensione minima del pannello che è possibile realizzare, come anche la dimensione massima.

## Pannelli con Plugin KiCad

Tra i *plugin* di KiCad, per la versione 7 ed 8 è presente un *plugin* della SparkFun che permette di realizzare semplicemente un pannello con pochi click.

Dalla finestra principale di KiCad selezionare:



Una volta aggiornata la lista dei *plugin* disponibili, si dovrebbe avere *SparkFun KiCad Panelizer*. Preme *install* e successivamente premere *apply pending changes*, come mostrato in Figura 22.

Una volta installato il *plugin*, la finestra del PCB Editor viene aggiornata, ed in particolare la *toolbar* ha la nuova icona:



Premendo l'icona compare la finestra di dialogo di Figura 23.

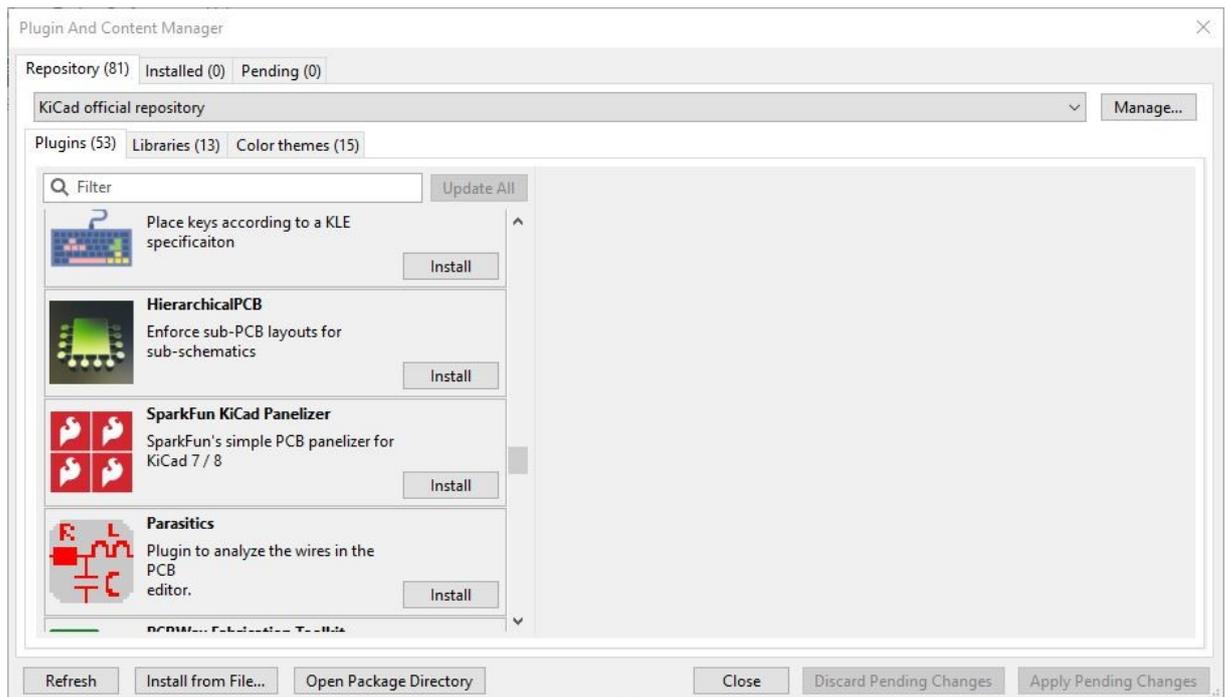


Figura 22: Lista dei plugin.

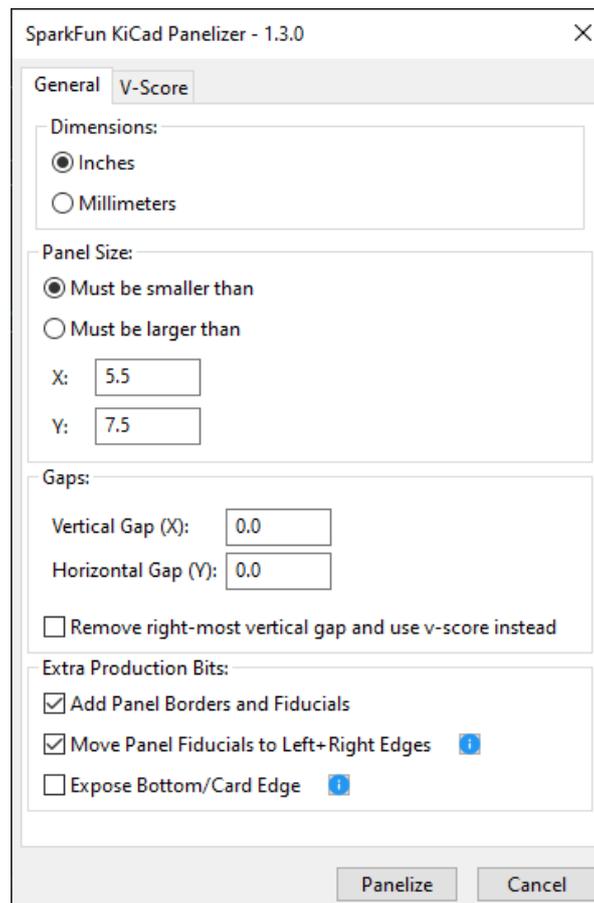
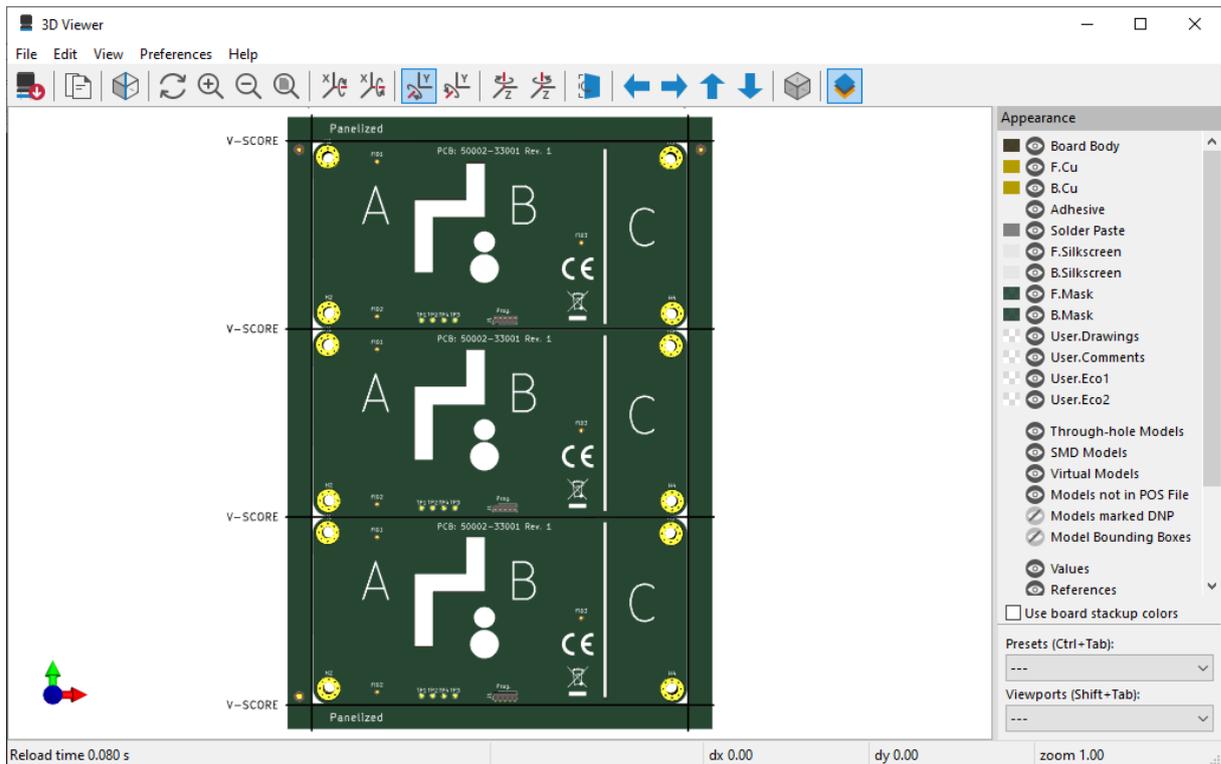


Figura 23: Finestra di dialogo del plugin.

Con le opzioni di Figura 23, si ottiene il pannello di Figura 24.



**Figura 24:** Pannello risultante 1x3.

In questo pannello, è supportato solo il *V score* e non il *Mouse Bite*. Il *plugin* aggiunge automaticamente anche la cornice laterale (*Break away rail*). Sulla cornice laterale sono aggiunti anche dei *fiducial* aggiuntivi (entrambi sono opzionali).

Pochi click ed il pannello è pronto...

Le opzioni non sono però molte. Come detto il *Mouse Bite* noto anche come *Tab Route*, non è supportato e potrebbe aiutare per avere gran parte del profilo del PCB liscio e lavorato tramite CNC. Infatti il *V score*, lascia il PCB piuttosto tagliente e la rimanenza del taglio rimane sul PCB, dunque ne aumenta la larghezza. Come detto, il *V score* non è realizzato tramite CNC ma tramite taglio a disco, per cui i tagli *V score* devono formare una matrice e non possono fare zig-zag.

Il *Tab Route* torna anche utile nel caso in cui si voglia far passare delle linee di test dal PCB, e creare per esempio un accesso a Vcc, GND e un bus di test. In questo modo si possono testare le schede a livello di pannello, velocizzando il test stesso, visto che posizionando un pannello si possono posizionare più PCB assieme. Una *test fixture* dedicata, può comunque accedere ad ogni singolo PCB.

Ingrandendo il formato del pannello si ottiene la Figura 25. Guardando in dettaglio si può notare che i *V score* non sono messi correttamente e richiedono dunque un aggiornamento manuale. Probabilmente il tutto funzionerà in ogni modo, visto che il *V score* incide da parte a parte del PCB.

Da quanto appena detto, si capisce che KiCad, allo stato attuale potrebbe essere ancora

un poco laborioso per realizzare pannelli, e l'utilizzo dei *plugin*, anche se aiuta, possono richiedere un occhio attento. Il produttore di PCB controllerà nuovamente il pannello, ma non avere errori è sempre un buon punto di partenza, piuttosto che affidarsi a possibili correzioni.

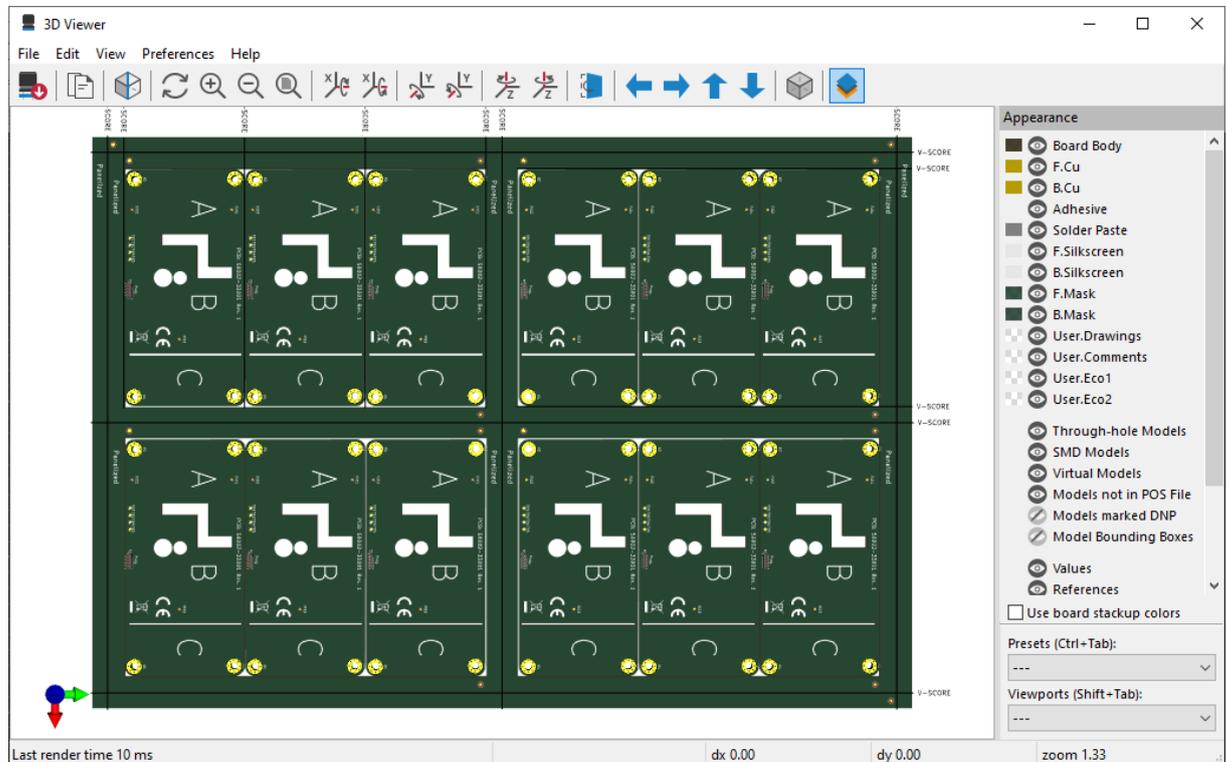


Figura 25: Pannello risultante 6x2.

Una volta realizzato il pannello, il progetto viene aggiornato, con due varianti del PCB, ovvero il PCB singolo, 1:1 con lo schema elettrico, e il PCB con pannello.

Un altro *plugin* utile e con molte più opzioni di SparkFun è KiKit. Tale *plugin* rappresenterebbe una buona opzione se integrato con KiCad in maniera nativa. Non descrivo i dettagli del *plugin*, dal momento che richiede diversi passi per l'installazione. Il *plugin* manager di KiCad non gestisce infatti in maniera semplice la sua installazione.

Il problema dei *plugin* è che spesso sono il progetto di una singola persona e potrebbero non essere aggiornati con il ritmo con cui KiCad si sta aggiornando. Per tale ragione avere le funzioni del *plugin*, parte integrante di KiCad rappresenterebbe la soluzione migliore.

## Pannelli con il produttore di PCB

Durante la fase per inviare il PCB, PCBWay offre la possibilità di richiedere direttamente il pannello del PCB. Il servizio è gratuito.

Board type:  Single pieces  Panel by Customer  Panel by PCBWay

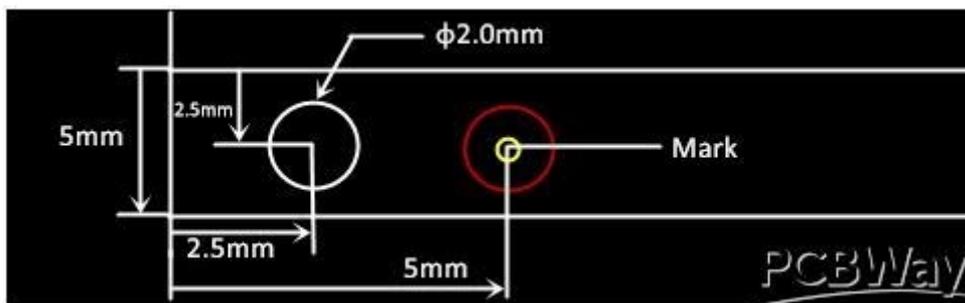
Panel requirements: Break-away rail:  Yes  No

(e.g. Panel in 2\*3, size of the break-away rail, total 5 panels=total 30 individual boards)

Route Process:  Panel as V-Scoring  X-out Allowance in Panel:  Accept  Not Accept

In particolare è possibile selezionare la presenza del *Break away rail*, e selezionare il tipo di taglio, *V Score*, *Tab Route (Mouse Bite)* o una combinazione.

Sul *Break-away rail* sono aggiunti anche i *mounting hole*, ovvero fori per il montaggio. Per PCBWay le specifiche sono come in Figura 26.



**Figura 26:** Foratura sul binario di supporto.

Nel caso in cui si faccia il pannello manualmente, è bene aggiungere i fori sul *Break-away rail*. Nella casella dei commenti è possibile aggiungere esigenze personali, come la dimensione del pannello, la dimensione dei lati (*Break away rail*) come anche la dimensione del *V Score*.

Maggiori dettagli su PCBWay e i pannelli di PCB, è possibile trovarli ai seguenti link (contenuti in inglese). La documentazione descrive i particolari servizi supportati, i quali si possono specificare tra i commenti, per le esigenze dei propri progetti.

- [Panel Creation](#)
- [Panel Requirements for Assembly](#)
- [V scoring](#)

Tra le varie opzioni, viene richiesta anche l'accettazione *X-out Allowance*, ovvero accettare di mantenere i pannelli che dovessero avere un PCB con problemi, marcato con una X. In questo modo non bisogna gettare gli altri che non hanno problemi. Se non si vuole avere PCB con X, il costo finale del PCB viene maggiorato del 30% a causa di un aumento dei

PCB da produrre.

In Figura 27, sono mostrati alcuni dettagli delle configurazioni del pannello che è possibile ottenere. In particolare la variante solo con *Tab routing*, è quella che permette di avere i lati più lisci, visto che i lati non hanno il contatto con il pannello, se non nei punti dei *Tab*. Quando i PCB sono rimossi dal pannello possono rimanere piccole irregolarità, che a seconda delle esigenze può essere necessario rimuovere. La larghezza dei PCB rimane invariata, ma, come detto, potrebbe essere necessario rimuovere le piccole rimanenze del *Tab routing*.

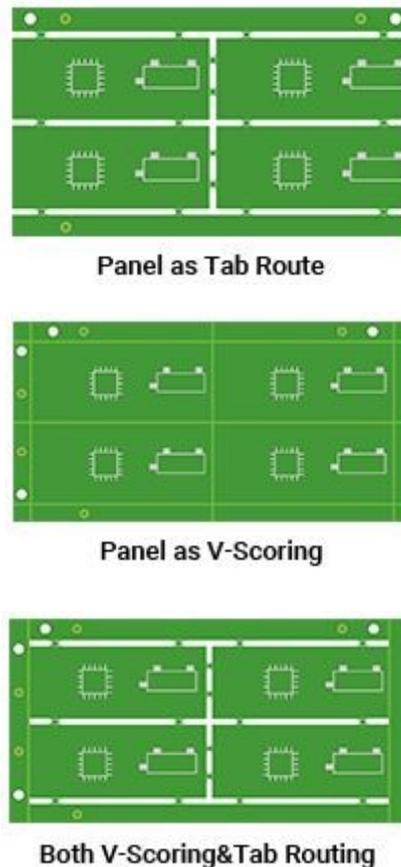


Figura 27: Tipologie di pannelli ottenibili.

## Conclusioni

Realizzare un PCB professionale che sia pronto per una produzione in serie, ma anche pronto a soddisfare diverse esigenze di mercato, richiede conoscenze specifiche. Il Capitolo ha mostrato diversi aspetti, ma chiaramente ogni progetto può avere esigenze tecniche specifiche e potrà richiedere accorgimenti progettuali diversi, siano essi dettati da aspetti meccanici del prodotto, o da normative che bisogna rispettare. Il progettista è responsabile di questi aspetti, ma spesso in grandi società, ci possono essere persone dedicate al controllo del rispetto di varie normative. Come progettista, con il tempo, si imparano le esigenze e linee guida del dipartimento e si migliorerà il *success rate* del *review* del dipartimento.

## Bibliografia

- [1] [www.LaurTec.it](http://www.LaurTec.it): sito dove scaricare la guida KiCad e gli altri capitoli associati al corso.
- [2] [www.PCBWay.com](http://www.PCBWay.com): Sponsor ufficiale del corso.
- [3] **PCBWay**: strumento online per il calcolo delle dimensioni meccaniche delle linee di trasmissione ([Link](#))

## History

Data	Versione	Autore	Revisione	Descrizione Cambiamento
10.08.24	1.0	Mauro Laurenti	Mauro Laurenti	Versione Originale.