

LaurTec

KiCad

Realizzare il PCB

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

Introduzione.....	4
Iniziamo il PCB.....	4
Layer disponibili per la scheda PCB.....	7
Disegnare i margini del PCB.....	10
Realizzare lo sbroglio dello schema elettrico.....	11
Etichette e marchi.....	17
Bibliografia.....	20
History.....	20

Introduzione

Una volta realizzato lo schema elettrico si può procedere al layout della scheda (sbroglio) per poi realizzare il PCB. KiCad permette nel suo ambiente di lavoro di realizzare in maniera agevole lo sbroglio. La tecnica dello sbroglio e considerazioni tecniche necessarie per la sua realizzazione ottimale non sono descritte nel Capitolo, il quale si focalizza solo nella realizzazione pratica dello sbroglio e non degli aspetti tecnici. Le considerazioni tecniche, a seconda dell'applicazione finale possono essere piuttosto complesse, per tale ragione spesso lo sbroglio è realizzato da persone o dipartimento dedicate allo scopo. KiCad non fornisce lo sbroglio automatico, ma solo quello manuale. Questo non è un limite visto che lo sbroglio ottimale non può che essere manuale. Ciononostante, durante lo sbroglio manuale KiCad offre degli automatismi che permettono di tracciare velocemente la pista di interesse tra due punti.

Iniziamo il PCB

Quando dall'editor dello schema elettrico si passa all'editor del PCB tramite il tasto



L'editor di lavoro si presenta come in Figura 2 .

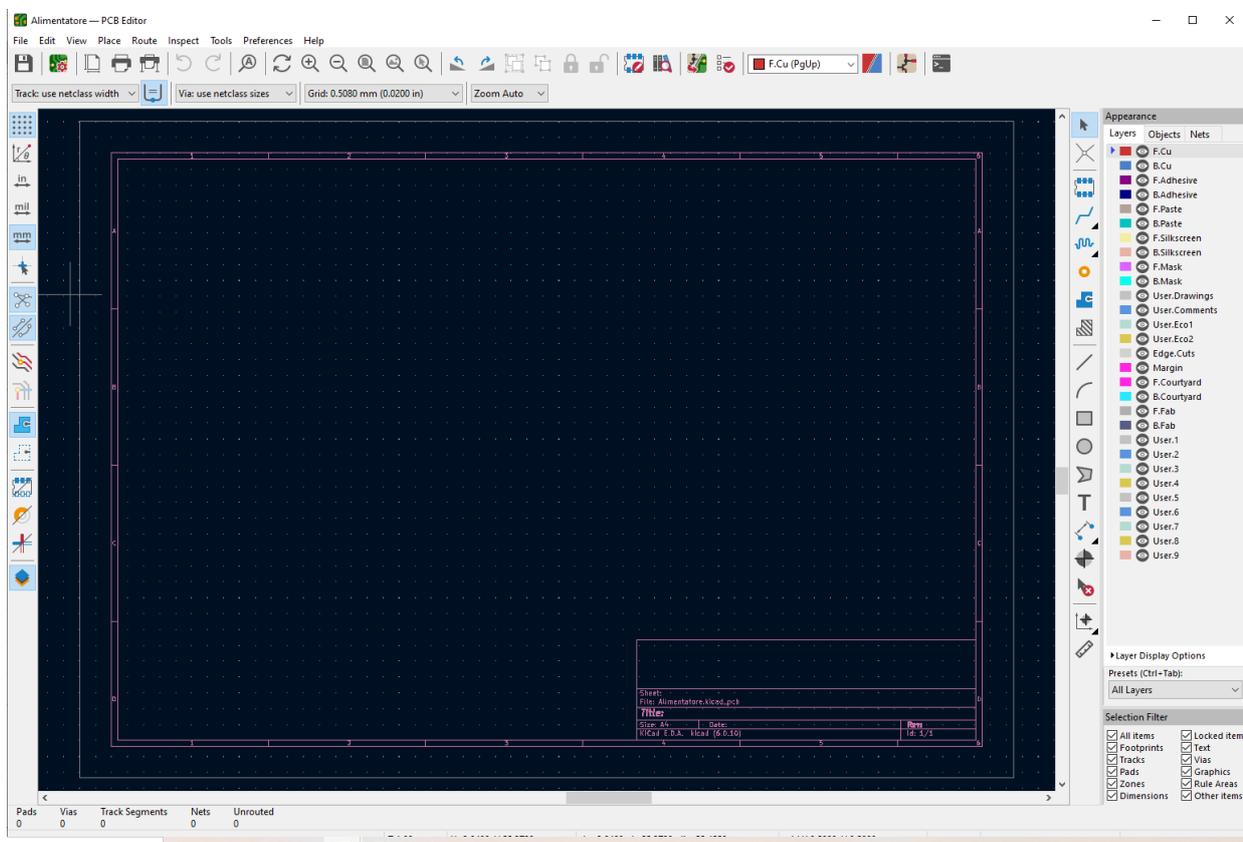


Figura 1: Schermata principale dell'editor del PCB.

Il passaggio da schema elettrico e PCB si può effettuare comodamente tramite il tasto



All'apertura dell'editor del PCB, il progetto è ancora vuoto, ma in realtà è collegato allo schema elettrico creato. Per caricare nell'editor del PCB i componenti dello schema elettrico, bisogna premere il tasto:



All'attivazione del comando, viene aperta la finestra di dialogo di Figura 2 che mostra i dettagli dei componenti che verranno caricati. Qualora non avessimo assegnato tutti i footprint, verranno segnalati degli errori, visto che l'editor del PCB non può usare il componente. Nel caso in cui si dovessero apportare delle modifiche allo schema elettrico, le modifiche non sono aggiornate direttamente nell'editor del PCB, ma bisogna eseguire nuovamente il comando di caricamento, in cui sono mostrate le modifiche trovate.

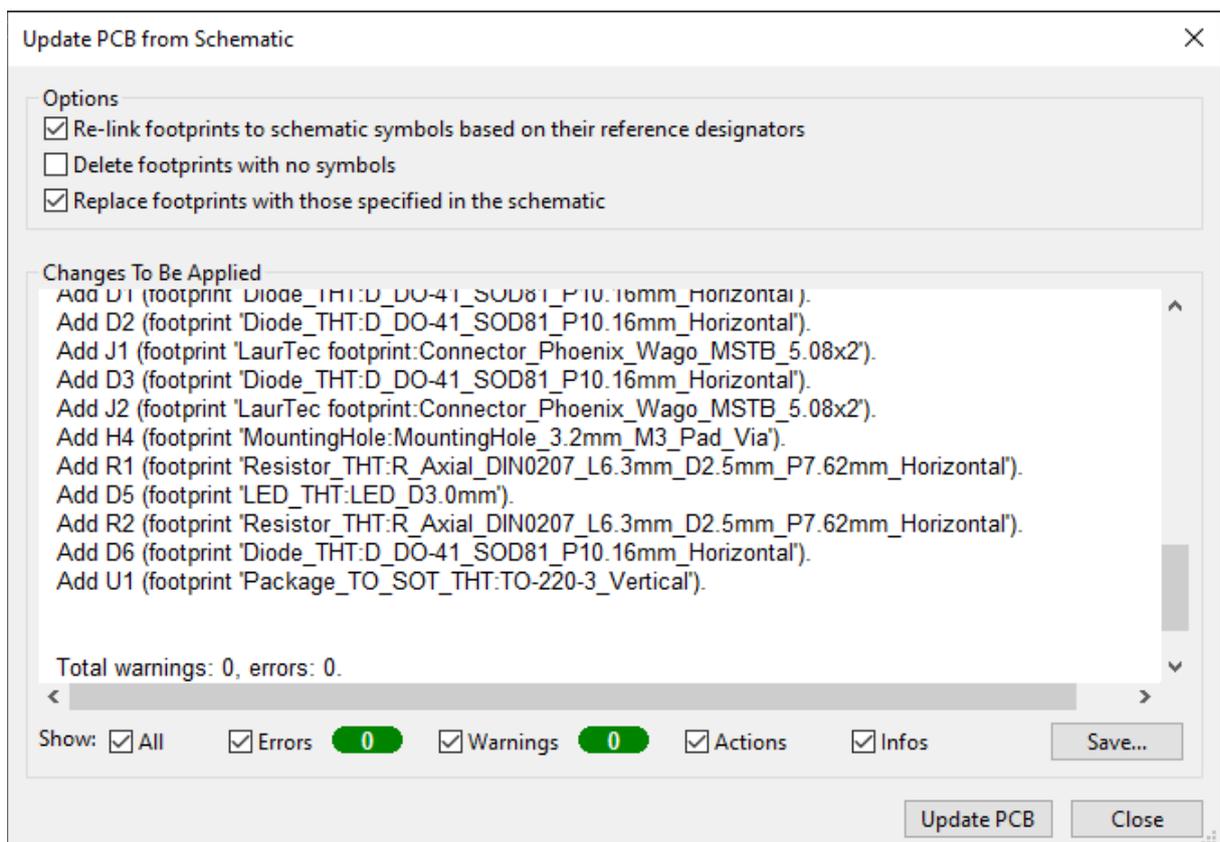


Figura 2: Finestra di dialogo che mostra i componenti che verranno caricati.

Una volta controllata la lista dei messaggi (ci possono essere errori come impronte mancanti), si può premere il tasto *Update PCB*. Se si aggiungono dei footprint sul PCB, senza avere gli stessi nello schema elettrico, è bene tenere l'opzione “*Delete footprint with no symbols*” disattivata. Infatti se si dovessero importare nuovamente le informazioni dello schema elettrico, verrebbero cancellati. Quando si aggiorna il PCB, la finestra di lavoro

viene aggiornata come in Figura 3. Tutti i componenti sono mostrati raggruppati.

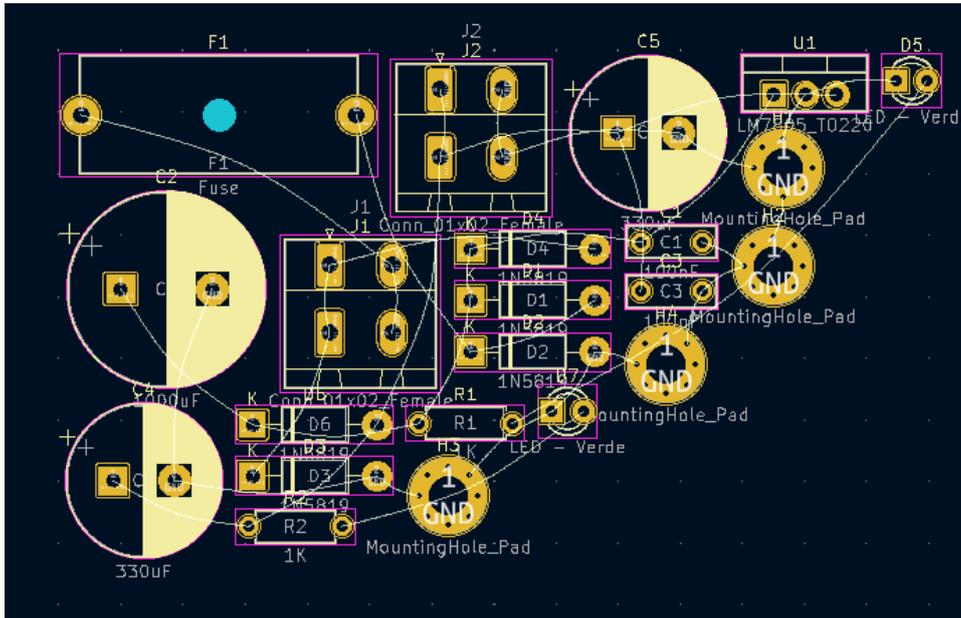


Figura 3: Finestra di lavoro aggiornata con i componenti.

A questo punto si può selezionare singolarmente ogni componente e posizionarlo in maniera opportuna per il proprio progetto. Basta cliccare sul singolo componente per abilitarlo allo spostamento.

Ogni componente selezionato sull'editor del PCB viene mostrato in evidenza sullo schema elettrico. Allo stesso modo selezionando un componente sullo schema elettrico, viene messo in evidenza sul l'editor del PCB. Questo torna molto utile quando il sistema è complesso e si voglia essere certi si posizionare il componente corretto. KiCad 7 ha migliorato tale funzione estendendola anche a un gruppo di componenti selezionati nello schema elettrico. Per esempio, sull'editor dello schema elettrico, si può selezionare il gruppo di componenti relativi ai condensatori in ingresso, si torna all'editor del PCB, si attiva la funzione *Move* (premendo il tasto M), e tutti i componenti selezionati nello schema elettrico si muoveranno insieme. In questo modo, il posizionamento ottimale, si può poi dividere per blocchi funzionali.

Per aiutarsi durante il primo posizionamento si può premere anche il tasto Alt+3 che apre il modello 3D del PCB

La fase di posizionamento, a seconda dei casi, potrebbe essere anticipata dalla realizzazione dei margini del PCB. Questo è vero per esempio ogni qualvolta si abbiano delle dimensioni fisse per una scatola o bisogna essere compatibili con un altro sistema di dimensioni note. Realizzare il perimetro del PCB permette di avere una migliore comprensione e visualizzazione del posizionamento ottimale al fine di rispettare eventuali vincoli meccanici presenti (fori di viti, aree da tenere libere o forme speciali del PCB).

Layer disponibili per la scheda PCB

Il PCB è realizzato fisicamente da uno strato isolante di supporto e le piste di rame. In particolare, di default ogni progetto attiva 2 layer per il rame, definiti Top o Front (F.Cu) e Bottom (B.Cu). Oltre a questi layer di rame, sono presenti molti altri layer per definire per esempio il *Silkscreen* (serigrafia), *Solder mask* (maschera di protezione per la saldatura) e via dicendo. In particolare le informazioni relative alla saldatura o serigrafia sono nuovamente presenti per Top e Bottom.

Oltre a questi layer sono presenti altri layer tecnici per fare disegni o per esempio aperture sul PCB, spesso usato per applicazioni che richiedono isolamento elettrico particolare.

Ogni layer, come mostrato in Figura 4, ha un colore associato che può essere cambiato. In particolare può essere reso anche visibile o meno a seconda delle esigenze. Basta cliccare sull'icona ad occhio per disattivare il layer.

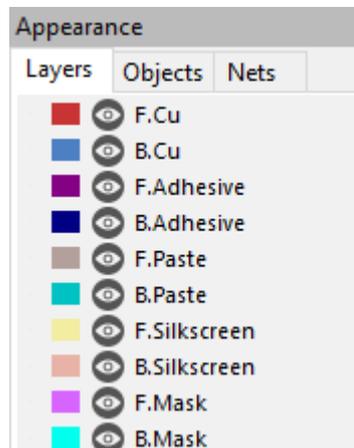


Figura 4: Finestra laterale relativa ai layer.

Disattivare i layer non di interesse può tornare utile durante la fase di sbroglio al fine di concentrarsi meglio sul percorso da compiere.

Sul *Tab Objects* è possibile visualizzare alcune proprietà degli oggetti. In particolare sono solito disattivare la voce *Values*, ovvero i valori dei componenti al fine di rendere il PCB più ordinato.

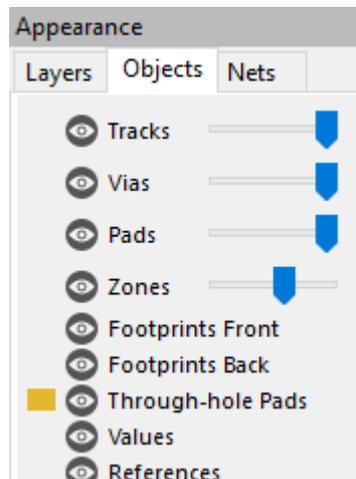


Figura 5: Finestra laterale relativa ai layer.

In particolare i valori non li stampo comunque sul PCB, visto che potrebbero cambiare con il tempo. Quello che invece mantengo sono i riferimenti (*References*) del componente, ovvero R1, D1 ecc.. Tale informazione ritorna molto utile durante la fase del montaggio manuale del PCB.

Oltre ai layer mostrati di default, è possibile aggiungere altri Layer. Per fare questo bisogna andare alle proprietà della scheda

File → Board Setup

o semplicemente premendo il tasto



In entrambi i casi si apre la finestra di dialogo di Figura 6.

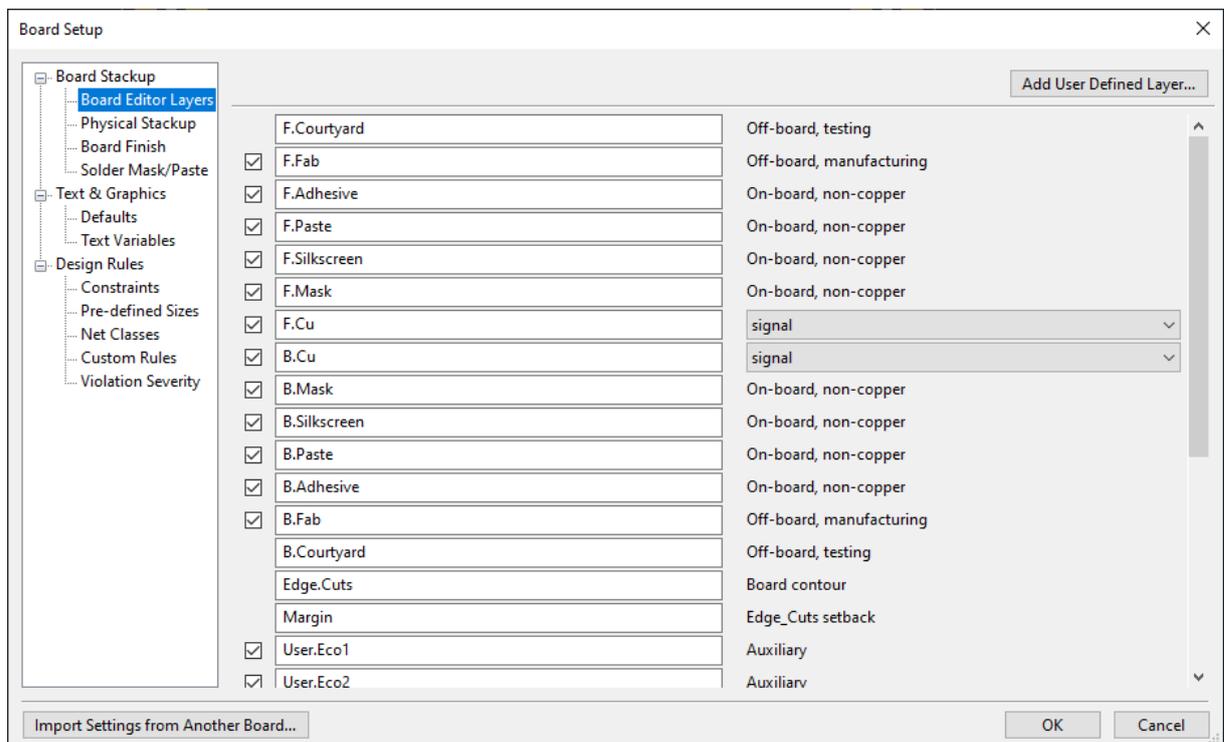


Figura 6: Finestra di dialogo Board Setup.

La finestra di dialogo offre molte informazioni e impostazioni. Molte sono state introdotte a partire dalla versione KiCad 6. In particolare alla voce Board Editor Layer è possibile aggiungere altri layer tecnici. Per aggiungere altri layer di rame bisogna andare alla voce *Physical Stackup* come mostrato in Figura 7.

In particolare alla voce *Copper layer* è possibile cambiare il valore da 2 fino a 32 layers.

PCB ad un solo layer possono essere considerati come PCB da due layer senza utilizzarne uno. A livello di prezzo, 1 layer contro 2 layer, è praticamente uguale, visto che spesso

molti produttori di PCB non offrono meno di 2 layer. Per grossi volumi di produzione si potrebbe però trattare qualche vantaggio economico nell'usare 1 layer.

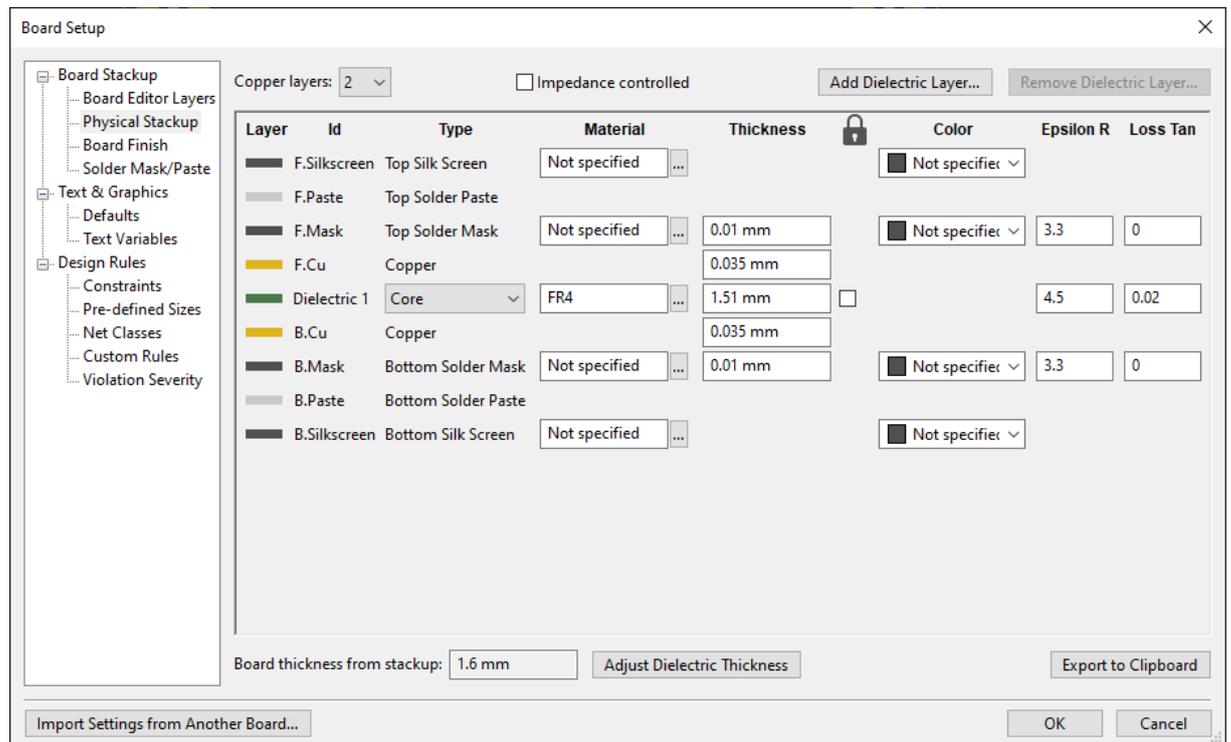


Figura 7: Finestra di dialogo Board Setup - Stackup.

I dettagli delle varie impostazioni, oltre al cambio nel numero dei layer, esulano dallo scopo di questo Capitolo ma verranno affrontate durante il corso, in cui si affronteranno dettagli aggiuntivi.

Disegnare i margini del PCB

Sul lato destro della schermata di lavoro principale è possibile vedere una *Toolbar* con diversi strumenti per disegnare. Questi sono gli stessi che si possono usare per disegnare i margini del PCB:



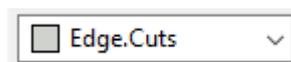
Tali strumenti per il disegno possono essere utilizzati anche per altri disegni sul PCB, il fatto o meno di creare il margine per il PCB, dipende dal layer che viene utilizzato per il disegno.

Sulla destra della finestra di lavoro è possibile vedere che sono attivi di default diversi layer. In particolare quello in cui disegnare i confini del PCB è il:

- Layer Edge.Cuts

Ogni disegno aggiunto su questo layer diventerà un taglio. I disegni su tale layer devono essere linee chiuse.

Per selezionare il layer, bisogna prima selezionare lo strumento di interesse, per esempio la linea e successivamente selezionare il layer dal *combo box* presente sulla *Toolbar* orizzontale.



Per ragioni pratiche e di sicurezza sono solito realizzare PCB con angoli arrotondati. Questo richiede qualche linea ed arco in più, ma il lavoro viene bene.

Una volta fatto il disegno del margine superiore, potrebbe essere semplicemente copiato e duplicato (incolla). Tramite una semplice rotazione (tasto R) lo si può usare come margine inferiore.

Una volta creato il margine del PCB è possibile vedere che il modello 3D (premere Alt+3) si aggiorna di conseguenza, mostrando il PCB della forma appena realizzata.

Realizzare lo sbroglio dello schema elettrico

Per realizzare un buono sbroglio dello schema elettrico, bisogna posizionare opportunamente i componenti elettronici sulla scheda. Questo può avvenire seguendo alcune regole base come i condensatori di disaccoppiamento vicino agli integrati ai quali devono fornire energia.

Altre regole base possono essere la rotazione del componente al fine di rendere le tracce più semplici e corte possibili.

Le regole sono molte e l'esperienza e le conoscenze tecniche saranno di aiuto per la scelta migliore. In ogni modo non è insolito passare per più percorsi e cambiare qualche cosa durante lo sbroglio.

In particolare dall'inizio dello sbroglio vero e proprio, la posizione dei componenti è cambiata come anche la scelta dei condensatori in ingresso. Le Figure 8 e 9 mostrano i primi dettagli di come sta procedendo il lavoro.

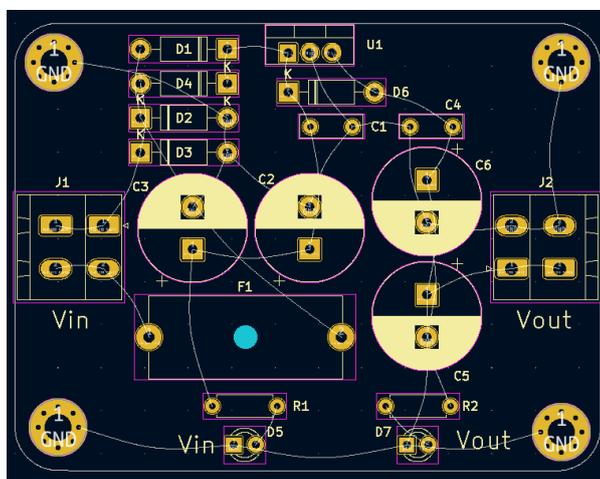


Figura 8: Posizionamento provvisorio dei componenti all'avvio dello sbroglio.



Figura 9: Modello 3D provvisorio.

L'utilizzo del modello 3D durante la fase di progettazione è particolarmente utile perché permette di avere una visione più reale di come sarà il PCB. In particolare alcuni vincoli meccanici possono essere più visibili rispetto al disegno 2D.

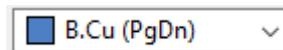
Il modello 3D del PCB può essere esportato e importato all'interno di CAD per il disegno tecnico, come per esempio FreeCAD. In questo modo il PCB e la parte meccanica del sistema possono essere testati assieme per la verifica dei vincoli meccanici.

Posizionati i componenti in maniera provvisoria, è possibile collegare con tracce di rame i vari pin. Per fare questo bisogna attivare il tool per le piste (toolbar laterale destra):



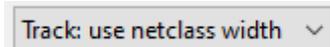
Il triangolo nero sui vari strumenti, significa che sono presenti varie opzioni. Per visualizzarle bisogna premere il tasto destro del Mouse. Nel caso delle tracce, il valore di Default : *Router Walaround Mode* è quello che trovo più utile, visto che accompagna in maniera automatica la posizione del mouse, usato per guidare la traccia. In questa modalità viene anche garantito che la distanza tra piste e fori sia rispettata in automatico, secondo le regole impostate.

Attivato lo strumento traccia di rame, bisogna attivare/selezionare il layer sul quale operare. Volendo lasciare il Top per eventuale Ground Layer (piano di massa), sceglieremo Bottom.



Selezionato il layer, bisogna impostare la larghezza delle piste. Nel caso specifico visto le correnti massime di 1A per il quale è dimensionato l'alimentatore, faremo tutte le piste di almeno 1mm (salvo problemi che si potrebbero verificare durante lo sbroglio).

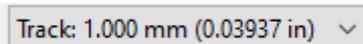
Per selezionare la larghezza della pista, bisogna selezionarla tramite il combobox sulla toolbar orizzontale.



All'inizio sarà vuota, per cui bisognerà aggiungere dei valori selezionando *Edit predefined sizes*. Selezionando la voce viene aperta la finestra di dialogo di Figura 10.

Alla colonna *Track width*, premere il tasto + e aggiungere la pista da 1mm

Il nuovo valore sarà poi selezionabile dal combobox



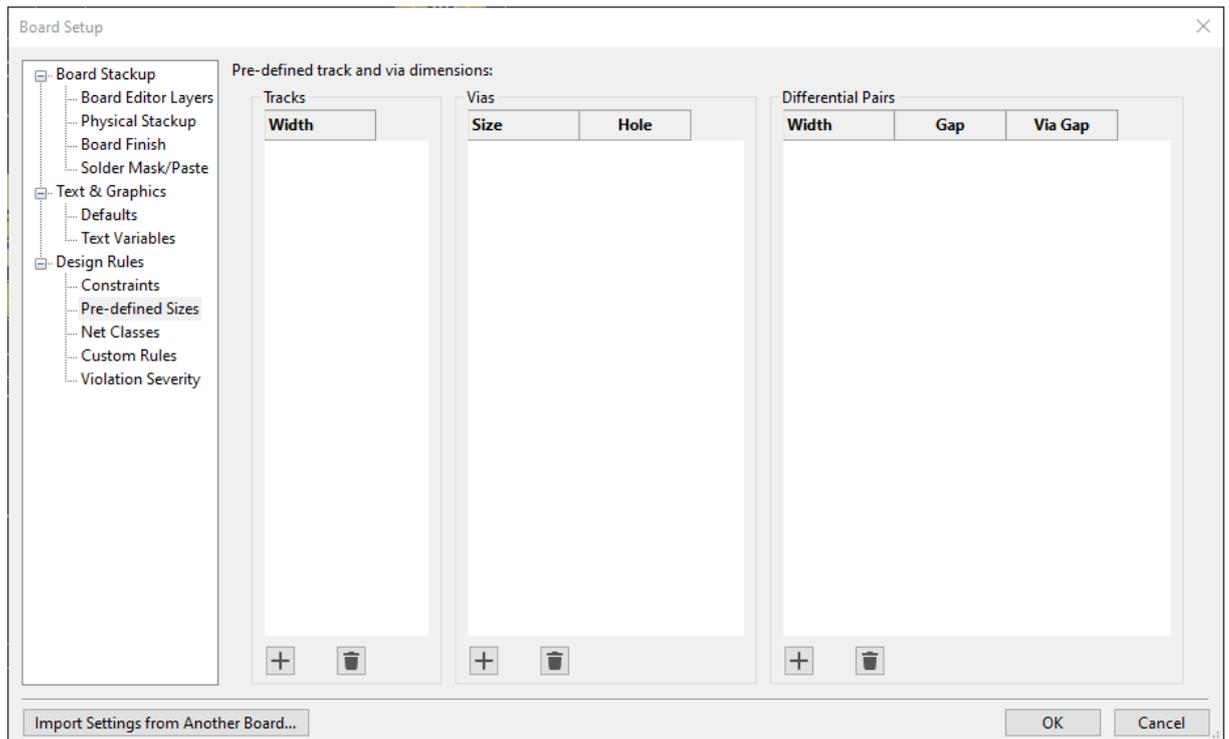


Figura 10: *Impostazione della larghezza delle piste.*

Fatto questo, basta selezionare ogni pista da sbrogliare. Quando si seleziona il pin, vengono messi in evidenza quelli che devono essere collegati assieme.

Avendo a disposizione 2 layers, si può impostare subito il Top layer come ground, al fine di eliminare tutte le connessioni a GND e semplificare il layout dal lato bottom.

Per fare questo basta attivare il comando:



dalla *toolbar* sul lato destro. Dalla finestra di dialogo del piano di rame (Figura 11) selezionare F.Cu (top layer) e assegnare al piano di rame il nome GND al fine di renderlo piano di massa.

Premere poi OK e disegnare un rettangolo chiuso intorno al PCB. Basta fare un rettangolo più grande del PCB, senza seguire il margine del PCB in maniera precisa. Infatti il piano di rame è poi ritagliato in automatico per adattarsi alle dimensioni del PCB.

Premendo il tasto B, il piano di massa viene riempito in automatico.

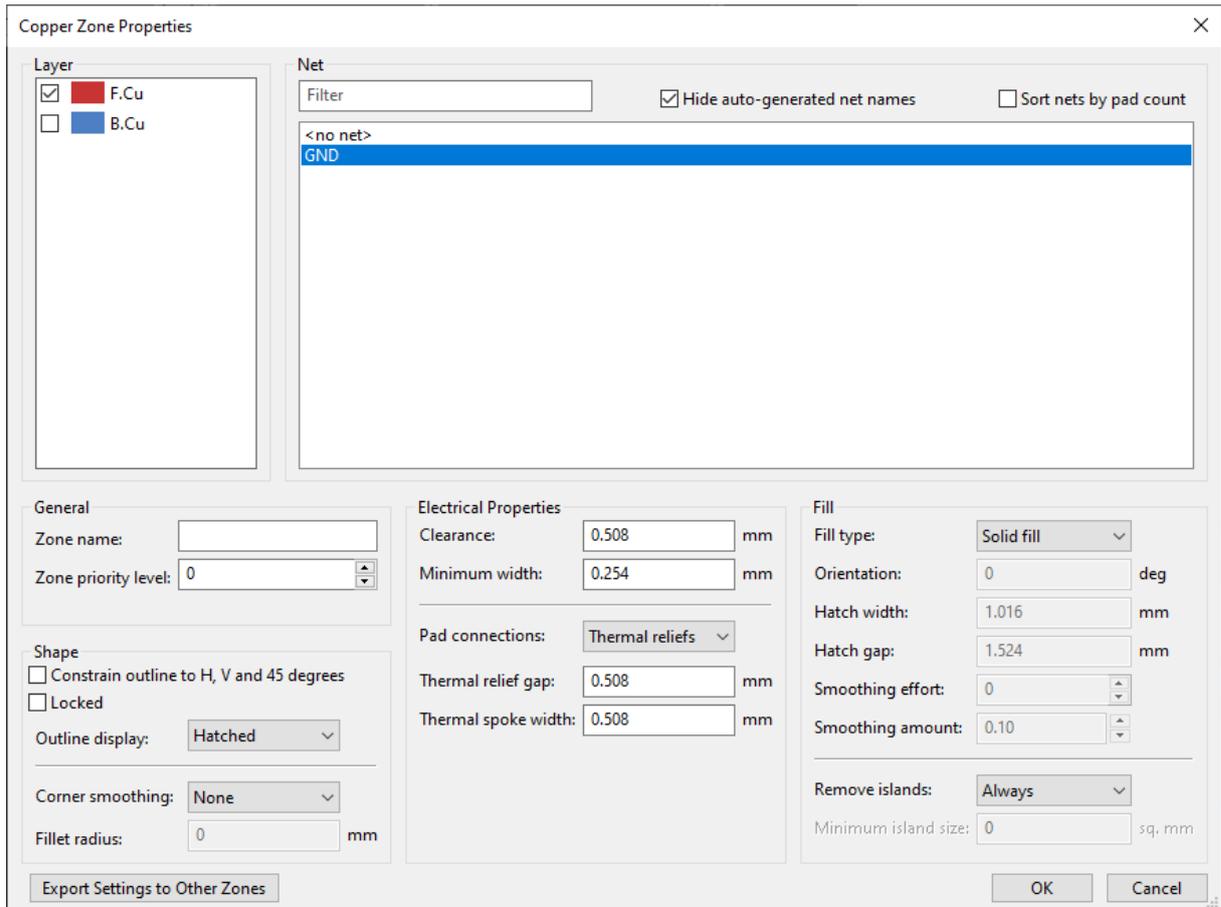


Figura 11: Impostazione del piano di massa.

Dopo aver messo il piano di massa, il numero dei collegamenti è stato ridotto di molto, come mostrato in Figura 12.

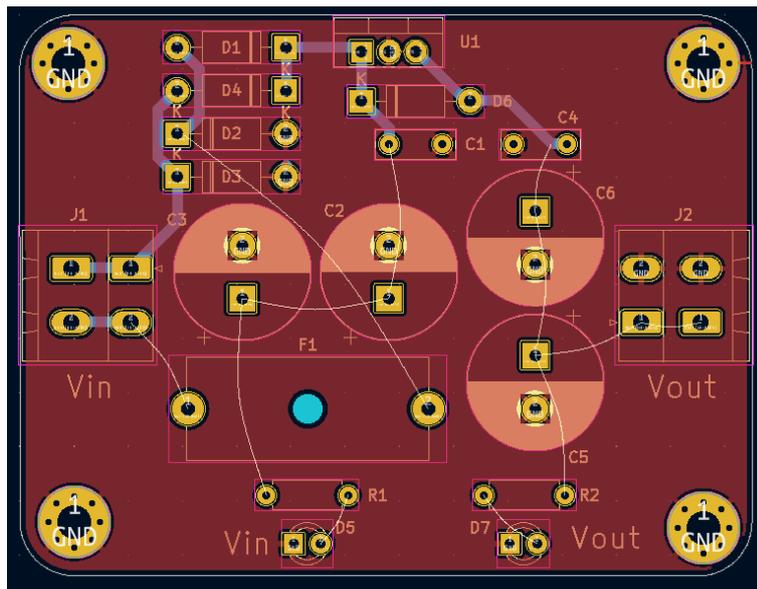


Figura 12: Esempio di routing semplificato con l'aggiunta del piano di massa.

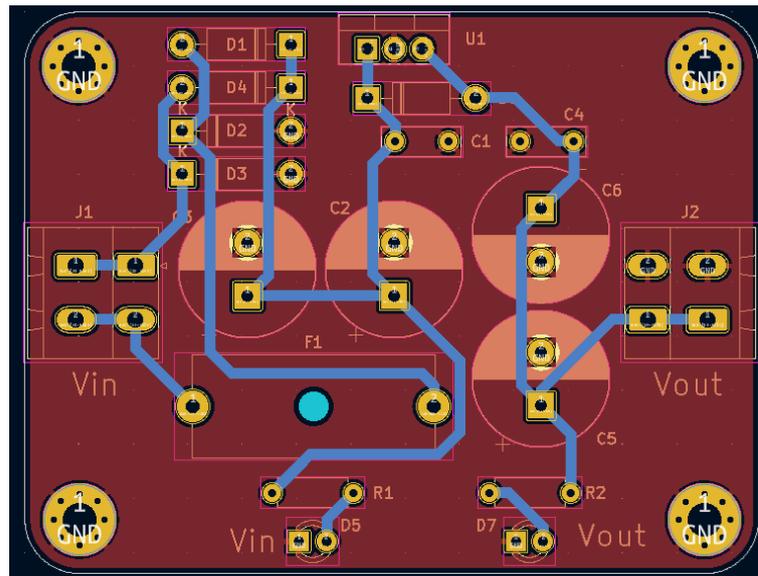


Figura 13: Routing completato con piste ad 1mm.

Al completamento delle piste, si può notare come il piano di massa abbia aiutato a semplificare il tutto. Anche il posizionamento dei componenti ha aiutato a creare piste brevi. Dagli spazi disponibili si potrebbe pensare di usare anche piste da 2mm. Il progetto è dinamico e miglioramenti possono essere fatti durante il percorso. Con semplici modifiche, le piste principali sono aggiornate a 2mm, come mostrato in Figura 14.

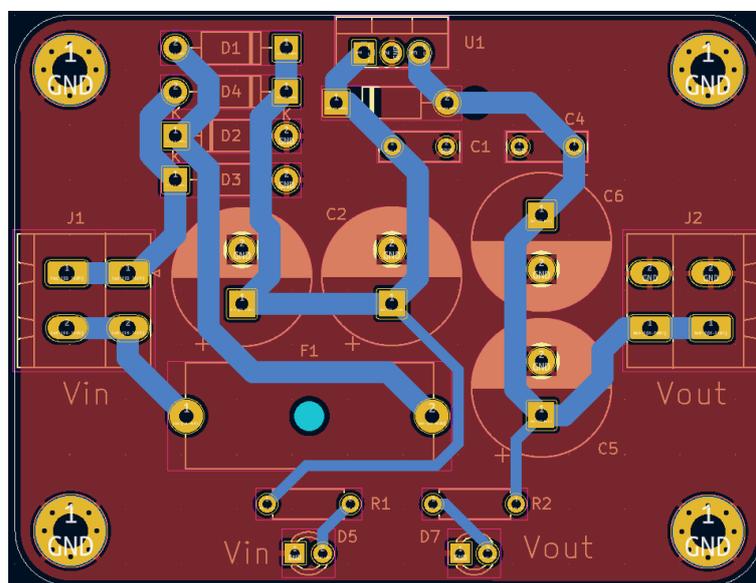


Figura 14: Routing completato con piste a 2mm.

Il modello 3D finale si presenta come in Figura 15.



Figura 15: Modello 3D della scheda finale.

Completata la scheda è bene effettuare un controllo degli errori, al fine di verificare che le regole base impostate tra le proprietà della scheda siano rispettate. Per fare questo, basta attivare lo strumento *Design Rule Checker*.



All'apertura della finestra di dialogo di Figura 16, eseguire il comando *Run DRC* e verificare che non ci siano né errori né *warning*.

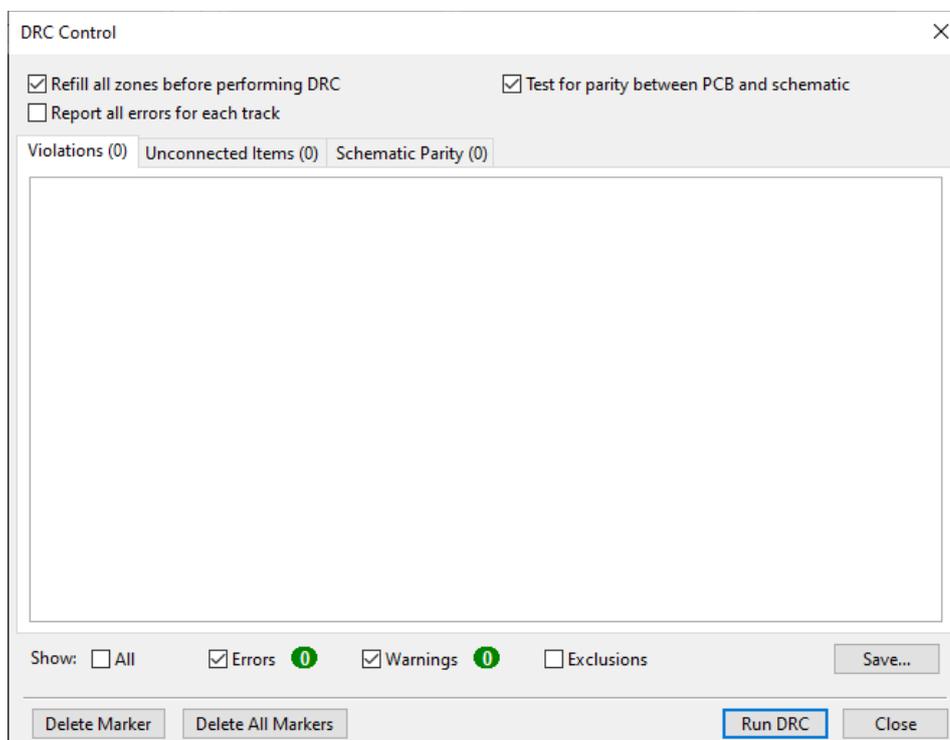


Figura 16: Modello 3D della scheda finale.

Eventuali errori a questo livello potrebbero causare problemi di realizzazione della scheda.

Alcune errori potrebbero essere anche accettati ma se ne deve comprendere la causa.

Alcuni dei vincoli impostati come errori (dimensione piste minime o fori minimi) oltre che un limite tecnico sono spesso un limite sui costi. Spesso le piste possono anche essere più fine o fori più piccoli, ma al costo maggiore della produzioni della scheda.

Etichette e marchi

Il costo dei PCB è ormai irrisorio e spesso si può farli realizzare direttamente da professionisti come [PCBWay](#). Realizzare PCB a doppia faccia con vias non è un problema. In più i PCB hanno la serigrafia dei componenti. La serigrafia significa anche che è possibile aggiungere del testo o immagini sul PCB.

Un minimo da aggiungere per rendere il PCB sempre più professionale è:

1. Numero del prodotto (codice)
2. Revisione del PCB
3. Marchio CE (il PCB deve essere prodotto con processi RoHS)
4. Marchio per i rifiuti speciali in accordo alla direttiva WEEE

Per i punti 1 e 2 basta aggiungere del testo per mezzo del comando:

T

Nella finestra di dialogo che si apre (Figura 17), è possibile scrivere il testo di interesse e la dimensione dello stesso.

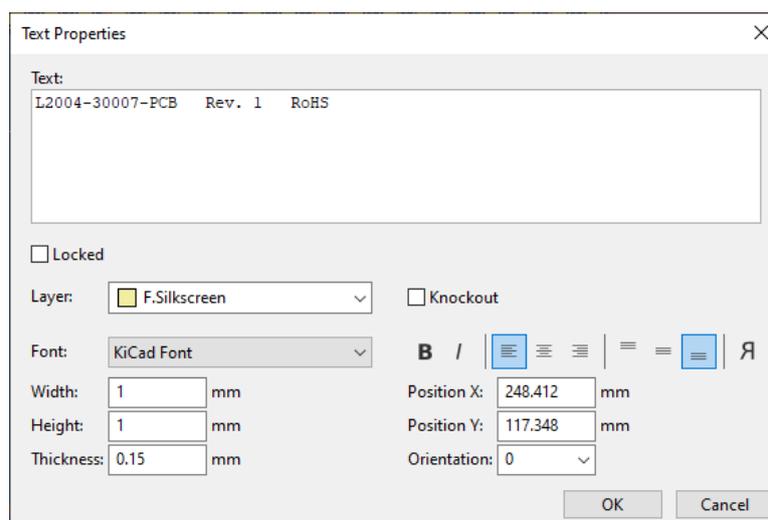


Figura 17: Aggiunta di etichette sul layer serigrafia.

È inoltre importante selezionare il layer giusto per la serigrafia, ovvero F.Silkscreen per il Top layer e B.Silkscreen per il layer Bottom. In particolare, la serigrafia, spesso allo stesso

costo, può essere aggiunta su entrambe le facce del PCB.

La funzione *Knockout*, permette di aggiungere del testo “rimosso” su uno sfondo bianco. Il colore bianco è quello tipico, infatti questo rifletterebbe il colore della serigrafia usata sul PCB. Per esempio, si potrebbe mettere una etichetta Info: per aggiungere informazioni sulla scheda per pezzo di un pennarello indelebile. Per ingrandire l’etichetta bianca, basta mettere degli spazi bianchi dopo il testo.



Figura 18: Esempio di etichetta aggiunta al PCB per mezzo della funzione *Knockout*.

Per aggiungere le icone del marchio CE (minimo 5mm di altezza) e del marchio WEEE, si può far uso della libreria dei simboli. Usando il comando:



è possibile aprire la libreria dei simboli disponibili come footprint nell’editor del PCB. Nella finestra di dialogo di Figura 19 è possibile scrivere CE e WEEE per richiamare i simboli da aggiungere al PCB. Selezionato il simbolo, basta premere OK e selezionare il layer della serigrafia di interesse.

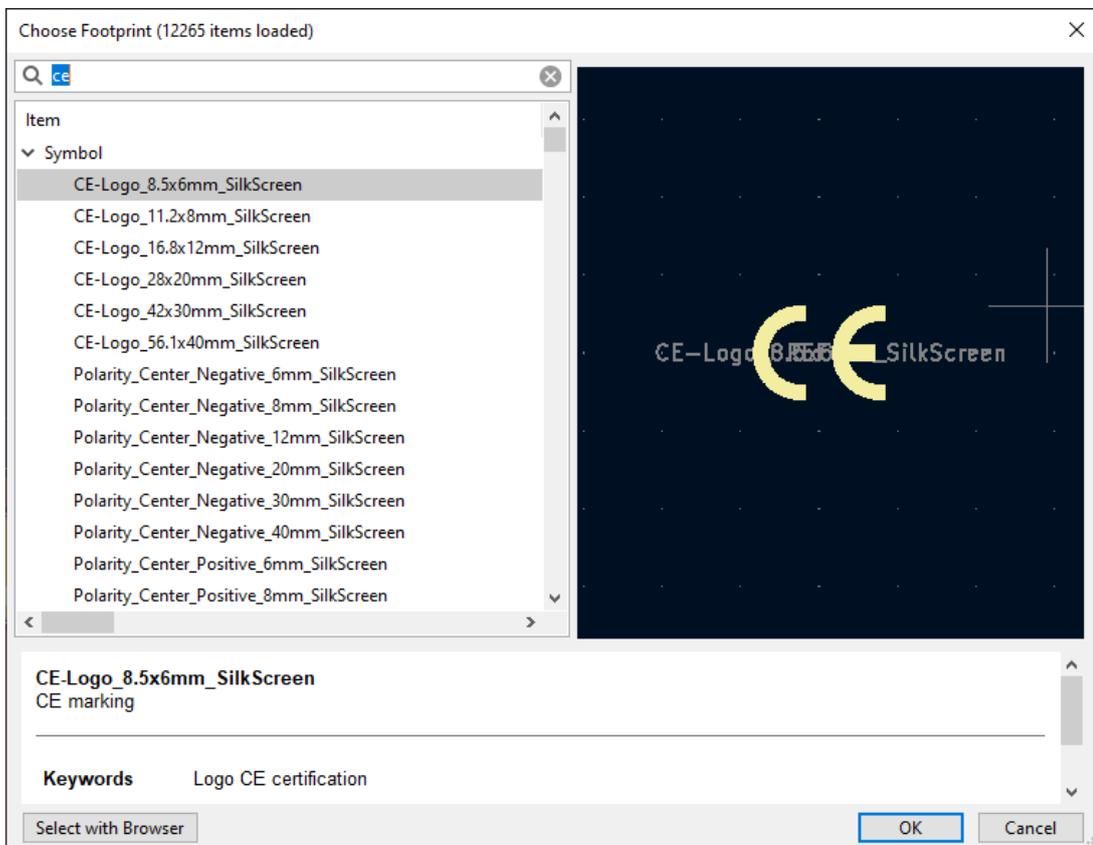


Figura 19: Aggiunta del marchio CE e WEEE.

Una volta aggiunte le etichette e relativi marchi, il PCB si presenta come in Figura 20.

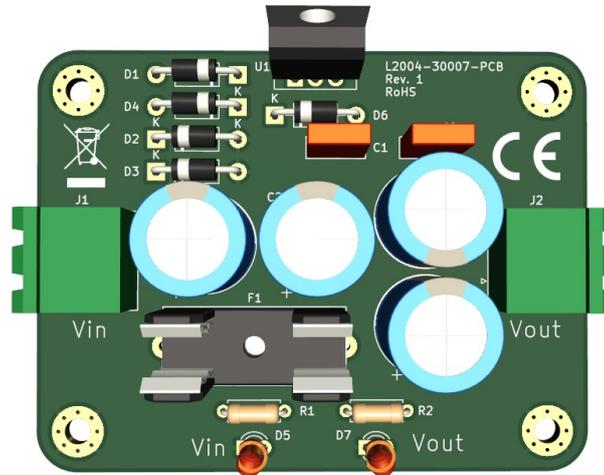


Figura 20: Modello 3D del PCB con aggiunta di etichette e marchi.

Impostare alcuni parametri per il Design Rule Check

Durante la fase dello sviluppo del layout per il proprio sistema, è sempre bene eseguire il *Design Rule Check* (DRC) come abitudine parte dello sviluppo stesso.



Lo strumento può mettere infatti in evidenza alcuni errori o *warning* nei confronti dei quali è possibile prendere subito un'azione, la quale può essere più semplice rispetto a quando il layout è terminato.

Tra le altre operazioni raccomandabili, al fine di rendere il DRC ottimale per il proprio progetto, c'è quella di verificare i vincoli del PCB in termini di dimensioni minime dei fori, piste che possono essere accettate. Per fare questo si può aprire la finestra di configurazione della scheda *Board Setup*.

File → Board Setup

o semplicemente premendo il tasto



I parametri che è possibile configurare sono quelli riportati in Figura 21. I parametri di default sono spesso accettati da molti produttori di PCB, ma è bene confrontare i limiti di figura con quelli del produttore. Spesso, sebbene il produttore possa accettare fori o piste più piccole, potrebbe farlo ad un costo aggiuntivo. Per esempio alla pagina di [PCBWay](#), mostrata in un ritaglio in Figura 22, è possibile vedere una configurazione di parametri base, che è possibile ridurre. L'offerta dei PCB a basso costo è però spesso vincolata a tale configurazione. Avere per esempio dei fori inferiori a 0.25mm viene offerto ad un costo

aggiuntivo. Per tale ragione se non si hanno esigenze particolari è bene configurare tale parametri al fine di non scendere sotto i limiti che fanno aumentare i costi.

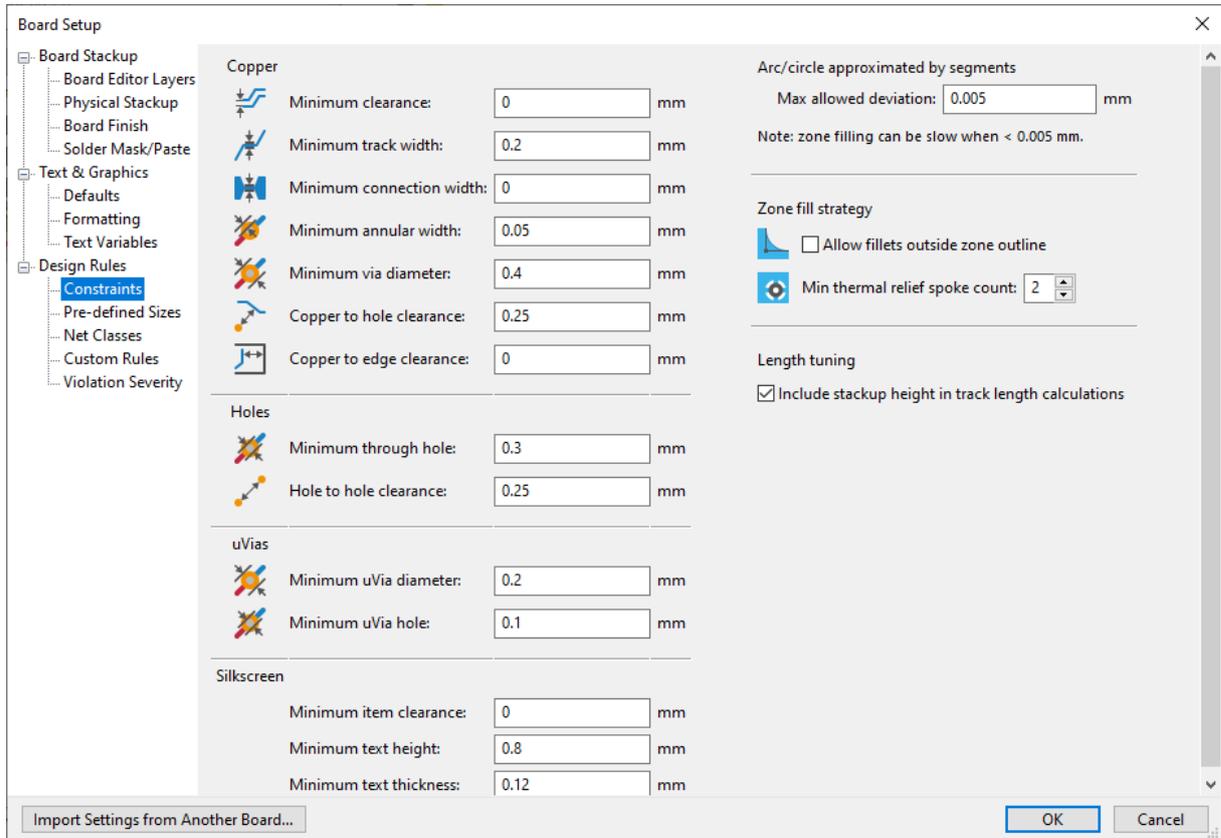


Figura 21: Parametri della scheda - Constraints.

Per esempio i parametri di default di [PCBWay](#) mostrati in Figura 22, possono far aumentare i costi della produzione del PCB, qualora si selezionino fori da 0.2mm o piste da 4 mil (0.1016mm). Per tale ragione è bene fare piste di dimensioni non inferiori a 11-12mil. Tale parametro si applica anche alla distanza minima tra le piste del PCB.

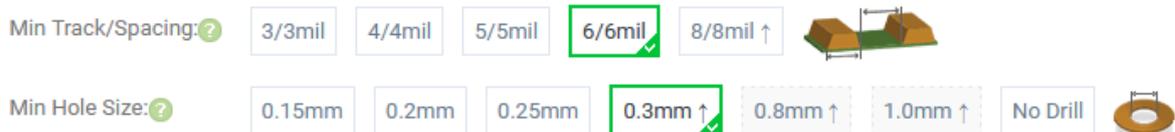


Figura 22: Parametri di default per piste e fori di PCBway.

L'aumento dei costi descritto potrebbe cambiare da produttore a produttore e potrebbe cambiare anche con lo stesso produttore con il passar del tempo.

Bibliografia

- [1] www.LaurTec.it: sito dove scaricare la guida KiCad e gli altri capitoli associati al corso.
- [2] www.PCBWay.com: Sponsor ufficiale del corso.

PCBWay

PCBWay è tra i produttori di PCB più esperti per la prototipazione e la produzione di piccoli volumi in Cina. PCBWay si impegna a soddisfare le esigenze dei clienti di diversi settori in termini di qualità, consegna e convenienza. Con anni di esperienza accumulata nel settore, PCBWay ha clienti da tutto il mondo. Il marchio è diventato la prima scelta per i clienti, grazie alla sua elevata forza e servizi speciali, come:

- Prototipazione PCB e produzione schede FR-4 e Alluminio, ma anche PCB avanzati come schede Rogers, HDI, Flexible e Rigid-Flex.
- Assemblaggio PCB.
- Servizio di impaginazione e progettazione.
- Servizio di stampa 3D.

History

Data	Versione	Autore	Revisione	Descrizione Cambiamento
01.10.23	1.0	Mauro Laurenti	Mauro Laurenti	Versione Originale.