

***LaurTec***

**KiCad**

**Realizzare lo schema elettrico**

**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>Progettazione del sistema</b> .....	4
<b>Apertura dello schema elettrico</b> .....	4
<b>Area di lavoro</b> .....	6
Toolbar lato destro .....	9
Aggiunta dei simboli .....	11
<b>Bibliografia</b> .....	20
<b>History</b> .....	20

## Introduzione

Nel seguente Capitolo vedremo come realizzare lo schema elettrico. In poche ore si avrà l'esperienza necessaria per realizzare un qualsiasi schema elettrico base. Nei capitoli successivi si vedrà poi come creare componenti speciali e realizzare schemi elettrici su più fogli al fine di realizzare sistemi più complessi.

## Progettazione del sistema

Realizzare lo schema elettrico, potrebbe richiedere da pochi minuti a qualche ora, ciononostante lo schema elettrico è la punta dell'iceberg associata alla progettazione del sistema. Lo schema elettrico è composto da molteplici componenti (simboli) interconnessi da linee (collegamenti elettrici). Per tale ragione se si hanno pochi componenti, la progettazione dello schema elettrico potrebbe essere una questione di pochi minuti. La scelta opportuna dei componenti e la selezione delle loro caratteristiche, potrebbe richiedere diversi giorni. Questo è l'aspetto progettuale vero e proprio e non è trattato nella guida. Spesso lo schema elettrico è "indipendente" dal valore finale di alcuni componenti per cui è possibile procedere alla sua realizzazione prima che il progetto sia terminato. Avere uno schema elettrico tra le mani, anche se preliminare, può aiutare anche in laboratorio per fare i primi test elettrici. Questo è in particolare vero per i componenti generici per i quali le piazzole (footprint) che saranno selezionate per realizzare il PCB, si possano adattare a diversi valori. Un esempio classico di piazzole simili, qualora la potenza del componente non cambi sono per i resistori e transistor. Con tensione operative note, anche le piazzole dei condensatori offrono spesso molta flessibilità mantenendo lo stesso footprint.

## Apertura dello schema elettrico

Una volta creato un nuovo progetto, come visto, viene creato in automatico un file per lo schema elettrico e uno per il PCB (Figura 1). Per rimanere all'interno del progetto non è necessario aprire manualmente lo Schematic Editor, bensi basta fare il doppio click nel file dello schema elettrico creato in automatico per il progetto (.kicad\_sch).

Aperto il file dello schema elettrico, viene aperto l'Editor dello schema elettrico come riportato in Figura 2. L'editor, alla prima apertura mostrerà un file vuoto, o meglio un'area di lavoro (foglio di lavoro) dove aggiungere i simboli (componenti) da interconnettere elettricamente tramite le linee.

Il foglio di lavoro, in basso a destra, mostra diversi campi che caratterizzano il progetto, come il nome, descrizione versione, autore. Per popolare tali campi basta fare il doppio click in tale area e si aprirà la finestra di dialogo per l'aggiunta dei singoli campi. In questa finestra è possibile anche scegliere la dimensione del foglio di lavoro. A seconda della complessità dello schema elettrico si può scegliere una dimensione piuttosto che un'altra. Nei prossimi capitoli vedremo comunque i dettagli sul come realizzare progetti complessi su più fogli, senza necessitare di utilizzare fogli di lavoro grandi. In ogni modo è bene dividere il sistemi in blocchi funzionali ed evitare schemi elettrici troppo grandi. Per

piccoli progetti di esempio faremo uso di un solo foglio, per cui potremo ora procedere ad aggiungere i nostri componenti.

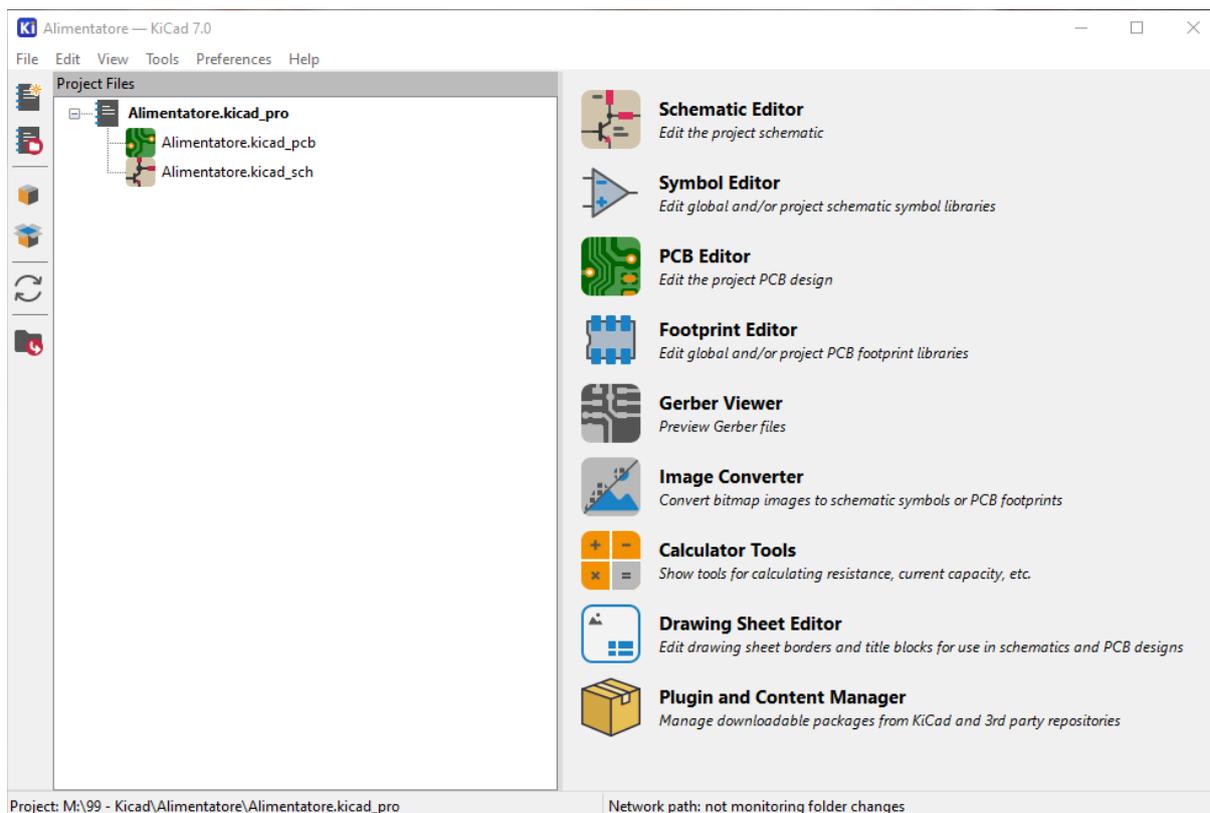


Figura 1: Schermata principale dopo aver realizzato il progetto.

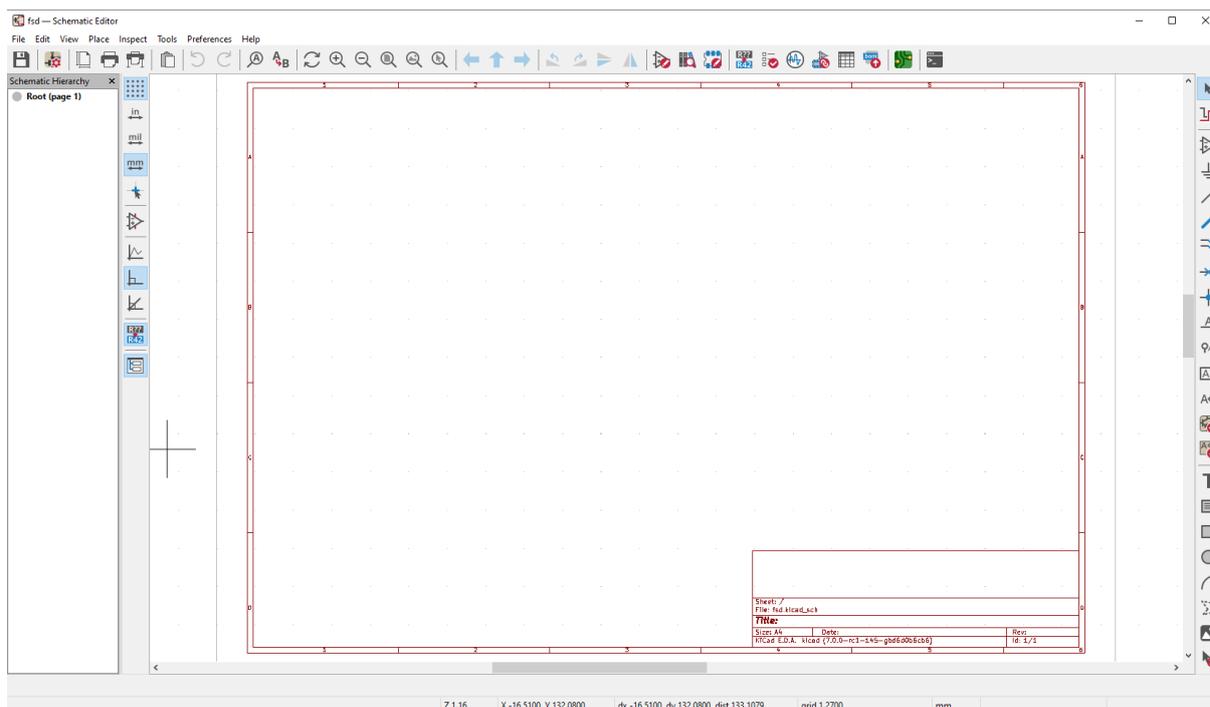


Figura 2: Schermata principale dell'editor degli schemi elettrici.



### Nota

Prima di iniziare ad inserire i componenti potete dare uno sguardo aggiuntivo al menu Preferences → Preferences visto che compaiono altre opzioni specifiche per l'editor dello schema elettrico. Le opzioni sono piuttosto intuitive per cui non entreremo nei dettagli. Molte delle opzioni renderanno l'ambiente di lavoro più confortevole alle singole esigenze.

## Area di lavoro

La Figura 2 mostra i dettagli dell'Editor dello schema elettrico e la presenza di varie "Toolbar" con diverse funzioni. I dettagli dei singoli tasti saranno in parte descritti durante la realizzazione dello schema elettrico mentre per la maggior parte un semplice utilizzo dovrebbe chiarire la funzione stessa.

L'area centrale di Figura 2 è l'area di lavoro dove viene realizzato lo schema elettrico. Attorno all'area di lavoro sono presenti le varie "Toolbar".

### Toolbar lato sinistro

La Toolbar sul lato sinistro permette di impostare alcuni aspetti grafici dell'area di lavoro.

In particolare vediamo i singoli tasti:

- Permette di attivare o disattivare la griglia per il posizionamento dei componenti.



- Le icone successive permettono di selezionare l'unità di misura per la distanza.



- L'icona successiva permette di attivare/disattivare il cursore a croce, a pagina intera, che può aiutare il posizionamento allineato di più componenti o piste.



- L'icona successiva permette di abilitare la visualizzazione di pin nascosti. Tipicamente i pin nascosti dei componenti sono quelli associati all'alimentazione dell'integrato.



Questa caratteristica dei simboli è impostata/abilitata durante la realizzazione del simbolo stesso. A livello di Editor dello schema, tutti i componenti con tale funzione, mostreranno o meno i pin nascosti. Può tornare utile per essere certi del nome dei pin nascosti e usare un'alimentazione con nome idoneo. Se i nomi dell'alimentazione nascosta non coincidesse con le alimentazioni disponibili a livello di schema, verrebbe comunque generato un errore.

- L'ultima funzione permette di abilitare/disabilitare la funzione di tracciamento ortogonale delle piste.



## Toolbar orizzontale

Sulla barra orizzontale sono presenti diverse icone. Senza entrare nel dettaglio di quelle intuitive (Salva, Stampa...) si introducono quelle più utili e che saranno utilizzate.

- Setup dell'editor dello schema elettrico. In particolare le impostazioni di questo livello non sono estetiche ma di tipo più progettuale. In particolare ci sono le impostazioni per il riconoscimento degli errori sullo schema elettrico e decidere la severità di ogni errore. Si possono definire anche le classi delle piste, che successivamente, a livello di PCB, può aiutare per imporre dei limiti (controlli) sulla larghezza delle piste.



- Impostazioni del foglio di lavoro. È equivalente al fare il doppio click sull'angolo in basso a destra. Permette di impostare il foglio di lavoro e commentare il progetto.



- Visualizza la gerarchia degli schemi elettrici. Nel caso di un solo foglio di lavoro non è importante, ma in progetti più complessi permette di navigare tra gli schemi. Viene aperta una finestra aggiuntiva in cui sono visualizzati i fogli di lavoro.



- Permette di editare un nuovo componente (simbolo). Tipicamente non lo utilizzo a questo livello ma richiamo l'editor dei simboli direttamente dalla finestra principale di KiCad. I fogli di lavoro sono file "schemi elettrici", visualizzati anche nella finestra principale del progetto, ma come semplici file, senza gerarchia.



- Permette di sfogliare la libreria e mostrare per ogni libreria i componenti e simboli

presenti. Può essere utile per navigare velocemente una libreria alla ricerca di componenti.



- Permette di aprire l'editor del Footprint (impronta) dei componenti.



- Permette di associare un nome automatico ai componenti aggiunti nello schema elettrico. L'assegnazione dei nomi è un passo obbligato prima di procedere alla realizzazione del PCB.



- Electrical Rule Check (ERC). Controllo degli errori. Tale funzione deve essere richiamata almeno una volta prima di procedere alla realizzazione del PCB. Eseguirla periodicamente aiuta comunque per un controllo di errori sullo schema. La tipologia degli errori riconosciuta è stata ampliata e migliorata a partire dalla versione KiCad 6, se paragonata alle precedenti versioni. Ogni errore deve essere compreso e corretto. Se ignorato, cosa che può capitare, si deve essere certi di sapere il perché dell'errore, al fine di evitare problemi dal lato PCB (es. piste non connesse).



- Tale funzione avvia il simulatore, permettendo di simulare lo schema elettrico. Questo richiede che i componenti elettrici inseriti abbiano associato il modello di simulazione.



- Tale funzione permette di associare ad ogni simbolo elettrico un footprint. Deve essere eseguito e completato prima di passare all'Editor del PCB. Non tutti i simboli elettrici hanno infatti un footprint dedicato (come per esempio per il CAD Eagle). Simboli generici come i resistori possono essere associati a diversi footprint. Componenti speciali come sensori potrebbero invece avere già un footprint dedicato. Se si fa spesso uso di un componente, nulla vieta di creare dei resistori o condensatori con footprint associati. Questo può tornare utile nel caso in cui si sia creata una libreria personale con un numero ridotto di componenti.



- Attraverso tale funzione è possibile selezionare uno script per estrarre il BOM (Bill of Material – Distinta materiali). Ci sono diversi script e si potrebbero modificare per casi personali. Gli script sono scritti in Python.



- Permette di passare dall'editor dello schema elettrico all'Editor del PCB. Come detto, prima di fare questo, è bene eseguire un controllo degli errori, assegnare un nome ad ogni componente e associare un footprint ad ogni componente. In particolare se gli ultimi due passi non fossero eseguiti si verrebbe guidati ad eseguirli. Altri dettagli saranno visti successivamente.



- Apre la console Python, al fine di eseguire script personali.



## Toolbar lato destro

Gli strumenti disponibili sul lato destro sono quelli utilizzati per realizzare lo schema elettrico, in particolare aggiungere componenti, fogli per lo schema, tracce elettriche, bus.

- Tale funzione permette di mettere in evidenza una traccia sullo schema. In generale molto utile dal lato del PCB, un poco meno dal lato dello schema, ma con con molti segnali elettrici la sua utilità si fa vedere anche dal lato dell'editor dello schema elettrico.



- Permette di aprire le librerie dei simboli impostate per l'apertura globale. Selezionando un componente, lo si può aggiungere allo schema.



- Permette di aggiungere un simbolo per l'alimentazione, oltre che quelli di massa anche per Vcc, Vdd, +5V e altri. Il nome delle alimentazioni deve coincidere con eventuali pin nascosti delle alimentazioni degli integrati, al fine di evitare degli errori (segnalati dall'ERC).



- Linea elettrica di interconnessione dei componenti. Permette di collegare i vari pin dei componenti (collegamento equipotenziale). Dal lato PCB sarà poi la traccia di collegamento.



- Permette di creare un bus (insieme di linee elettriche) al fine di rendere uno schema più pulito.



- Crea un punto di ingresso per una linea raggruppata come bus



- Specifica che il pin rimarrà non collegato, evitando warnigs.



- Crea un nodo elettrico tra linee elettriche. In alcuni contesti il nodo è aggiunto in automatico, ma se sono presenti delle ambiguità, anche semplici, deve essere aggiunto manualmente.



- Assegna un nome ad una linea (collegamento elettrico). Ogni linea ha in automatico un nome numerico che potrebbe non essere significativo. Durante la fase dello sbroglio, ma anche la correzione dello schema, avere un nome significativo può aiutare la revisione.



- I dettagli di queste icone saranno viste in seguito quando si tratteranno schemi più complessi. Per ora basti sapere che permettono di creare nuovi fogli per lo schema elettrico e permettono di creare etichette visibili sui vari fogli, al fine di avere linee elettriche visibile da un foglio all'altro.



- Queste semplici funzioni permettono di aggiungere una semplice grafica allo schema al fine di renderlo di più facile lettura. Per esempio aggiungendo un rettangolo per evidenziare una funzione del sistema o semplicemente del testo. È possibile anche aggiungere un'immagine.



Tutte le funzioni descritte sono accessibili anche per mezzo di *shortcut* (hotkey) o anche tramite le voci del menu. In questo modo, il progettista ha diversi percorsi per accedere alle stesse funzioni. Quando si prenderà dimestichezza con il tutto alcuni percorsi possono essere più veloci di altri, e nel complesso si può risparmiare molto tempo.

## Aggiunta dei simboli

In generale lo schema elettrico, dovrebbe essere già terminato prima di giungere a questo punto (un paradosso). Dovrebbe in realtà essere presente sulla carta, come appunti, schizzo del proprio progetto che sta per prendere forma. In questo modo la realizzazione dello schema a livello di Editor dello schema elettrico è molto veloce e si tratta effettivamente di aggiungere i simboli dei componenti e interconnetterli tramite linee (connessioni elettriche).

Per aggiungere un componente elettrico, come visto, basta premere il trasto :



Questo permette l'apertura della finestra di selezione del componente come riportato in Figura 3.

In alternativa si può esplorare la libreria e selezionare il componente direttamente per mezzo della funzione:



In questo secondo caso si apre la finestra di Figura 4.

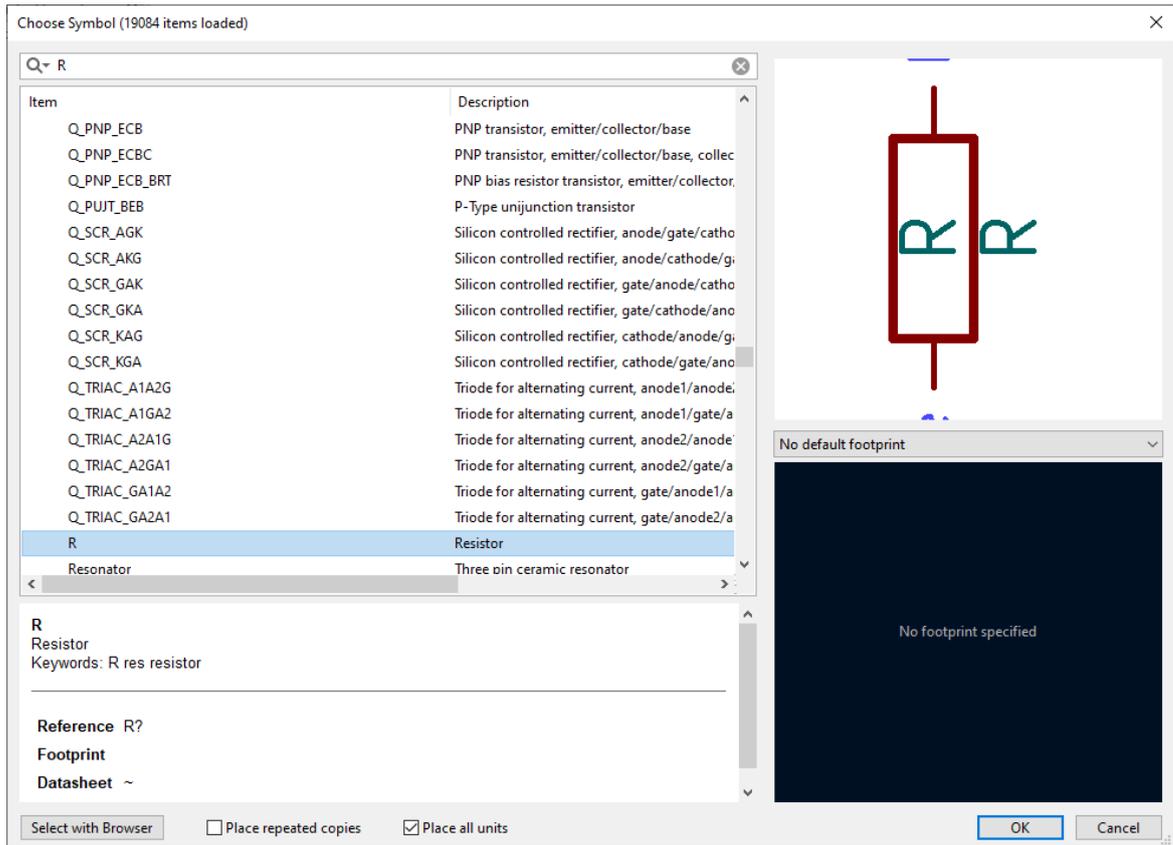


Figura 3: Schermata di selezione del componente elettrico (simbolo).

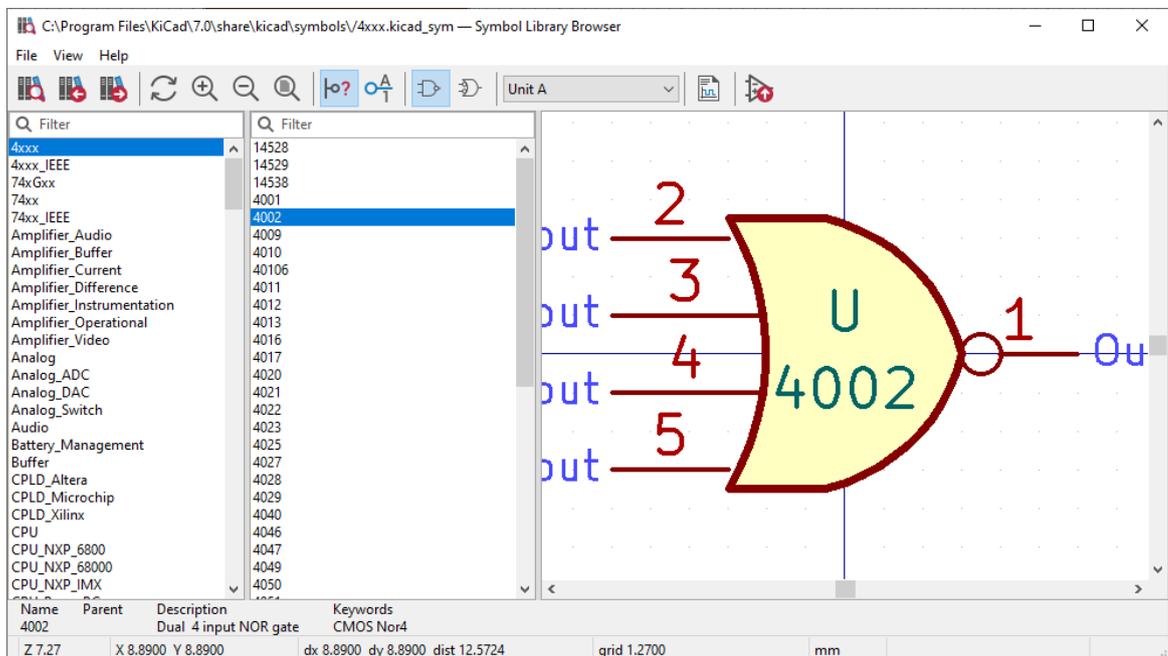


Figura 4: Schermata di selezione del componente elettrico (simbolo).

La finestra di Figura 3 è in generale più comoda perché mostra direttamente il simbolo del componente come anche l'eventuale footprint, se associato. Nel campo *Filter* è possibile scrivere semplicemente R per visualizzare i resistori. Allo stesso modo si potrebbe

scrivere L e C per visualizzare induttori e condensatori.

La Figura 3 mostra anche che i vari componenti sono raggruppati per famiglie ed anche marche di produttori. Nel campo *Filter* si potrebbe scrivere anche la parte iniziale di un componente, come LM78 e vedere in automatico la lista aggiornarsi con tutti i componenti che soddisfano il filtro. In Figura 5 è mostrato un dettaglio della selezione del LM7805\_S08, ovvero con un *package* specifico. In questo caso al simbolo è associato già il footprint.

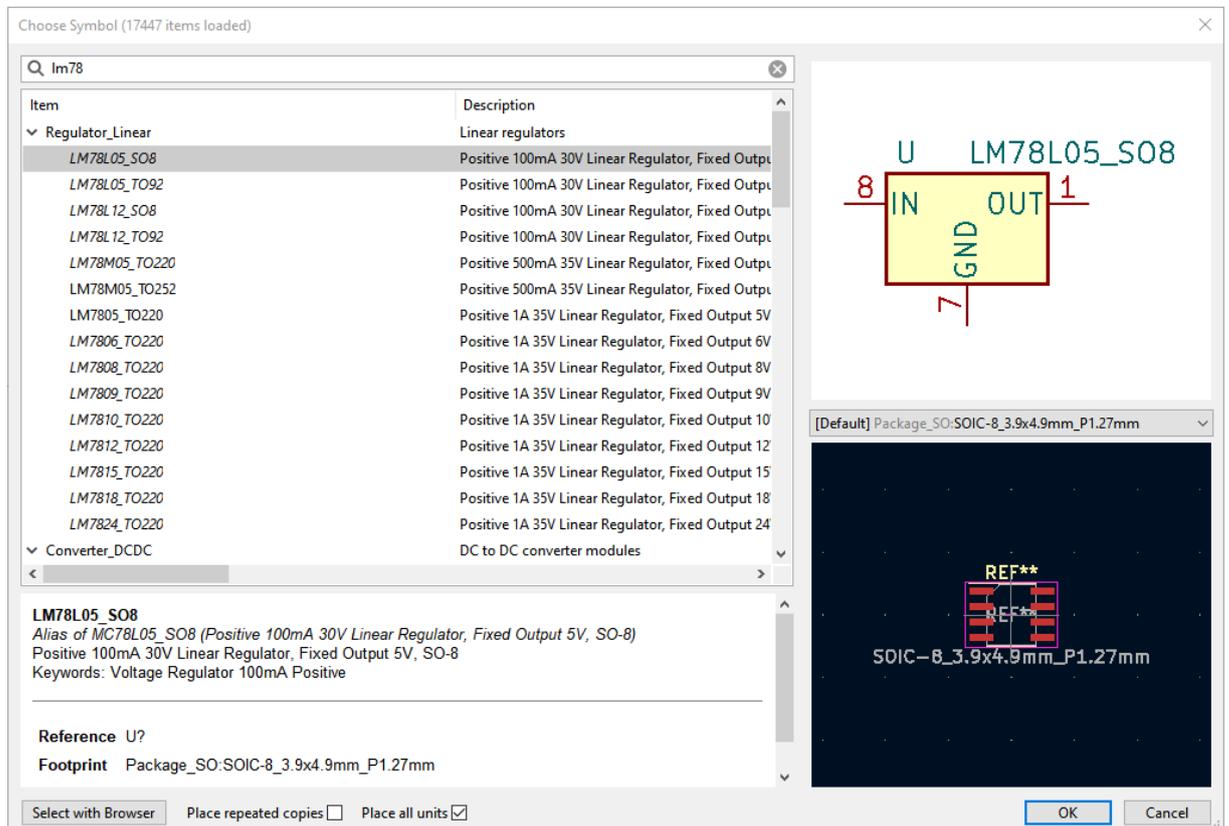


Figura 5: Schermata di selezione del componente – dettaglio LM7805.

Facendo doppio click sul componente della lista viene selezionato e può essere posizionato sullo schema, semplicemente con un click.. La funzione per inserire un nuovo componente rimane attiva. Premendo sull'area di lavoro si riapre la finestra di selezione dei componenti. Premendo ESC si esce dalla modalità di inserimento dei componenti.

Per effettuare lo schema elettrico dovrete cercare i vari componenti necessari per realizzare il sistema

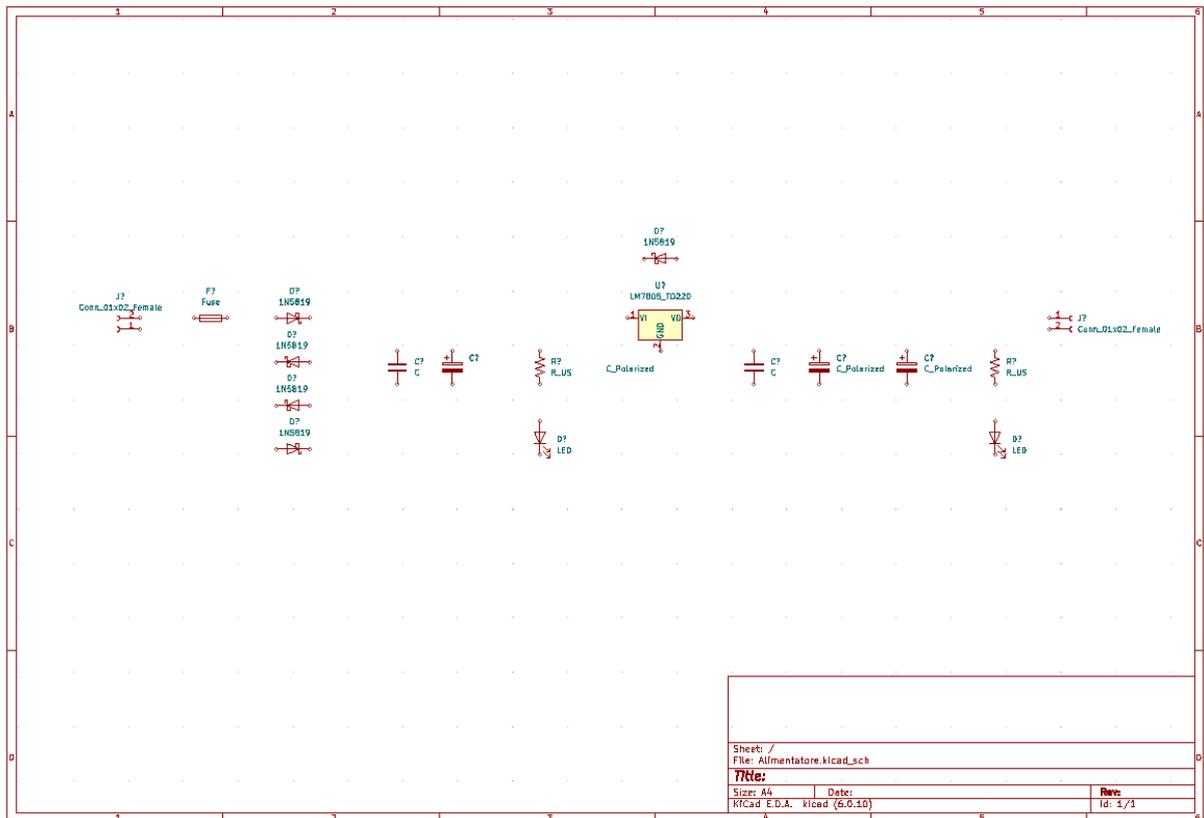
Durante il posizionamento dei componenti possono tornare utili i seguenti comandi:

- CTRL+C Copia il componente selezionato
- CTRL+V Incolla il componente precedentemente copiato
- R Ruota il componente
- X Rotazione con effetto a specchio
- G *Grab* del componente (afferrato per il movimento – sposta anche le piste)
- M *Move* (muovi) il componente selezionato – le linee di collegamento non

sono mosse.

- Per selezionare un componente, basta cliccare con il tasto sinistro del mouse sul componente stesso
- Tenendo premuto il tasto sinistro del mouse si può selezionare un blocco di componenti. I vari comandi si possono applicare anche al blocco attivo e non solo al singolo componente.

Una disposizione provvisoria dei componenti può aiutare il collegamento elettrico in una fase successiva. In Figura 6 è mostrato un dettaglio dello schema provvisorio.



**Figura 6:** Schema elettrico con i soli componenti.

A questo punto si possono fare i collegamenti elettrici tra i componenti. Per fare questo ci si può posizionare alla fine di ogni componente e si vede il cursore del mouse diventare una matita per tracciare le linee. Se non diventa una matita potrebbe essere attivo il comando precedente, per cui bisogna prima premere ESC. Premendo il tasto W (Wire – filo) si passa direttamente al comando per tracciare i fili. In alternativa si può premere il tasto della Toolbar laterale (Wire)

Lo schema elettrico terminato si presenta come in Figura 7. I nodi sulle linee elettriche sono aggiunti in automatico qualora non ci siano ambiguità. Ci sono casi in cui le linee si sovrappongono e non possa essere determinata in maniera univoca la presenza del nodo. In questi casi devono essere aggiunti in maniera manuale.

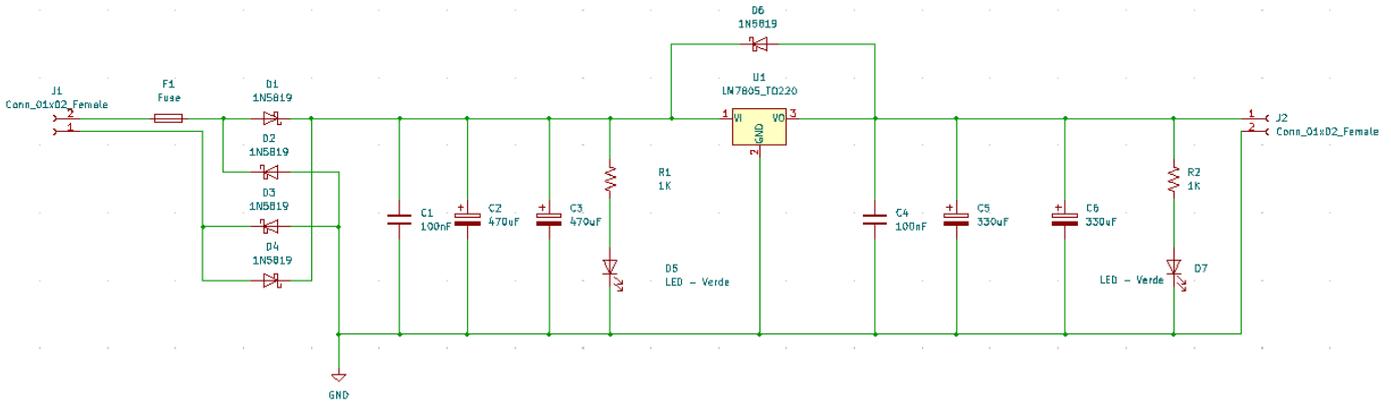


Figura 7: Schema elettrico terminato.

Facendo lo zoom sui componenti è possibile vedere alcuni dettagli (Figura 8)

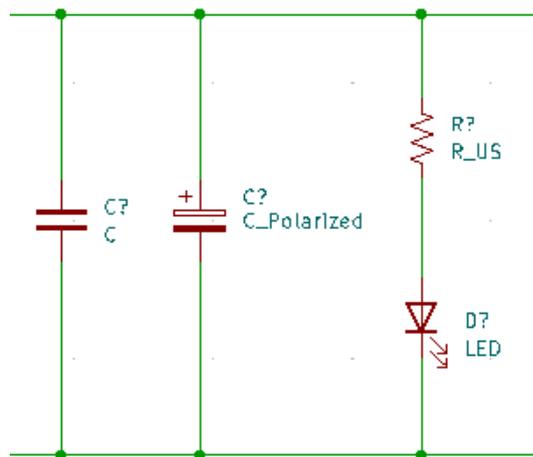


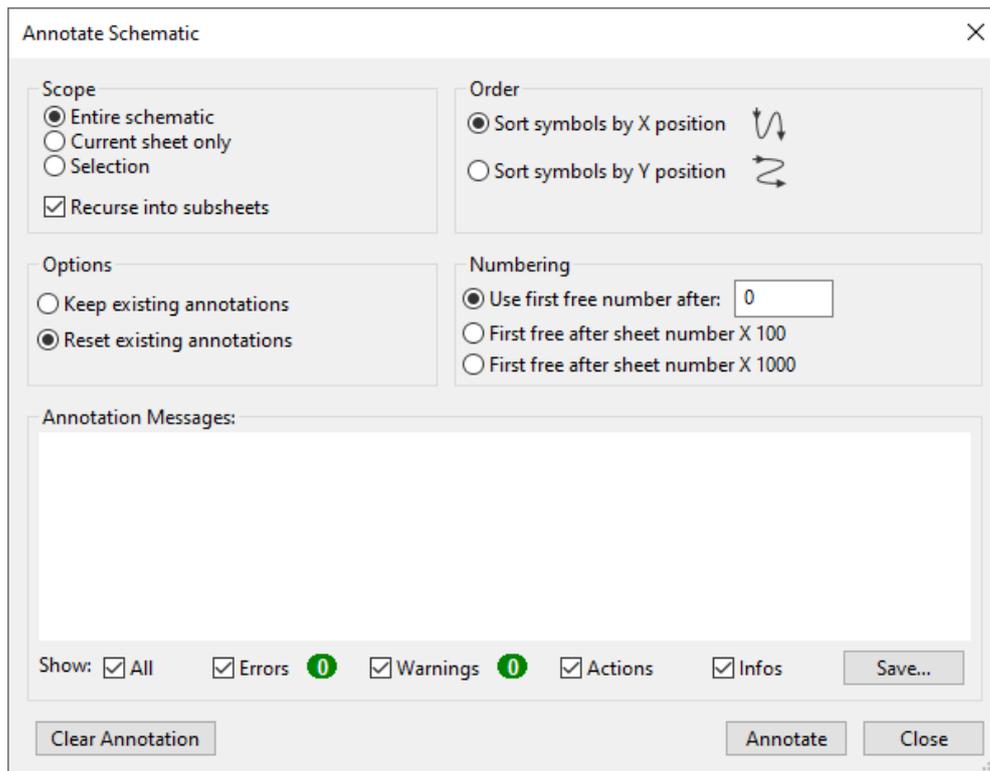
Figura 8: Schema elettrico terminato - Zoom.

I componenti non hanno né un nome definito C? né un valore assegnato C. Questi possono essere dati manualmente selezionando il singolo componente e premendo il tasto E (Edit). La numerazione può essere fatta in automatico premendo il tasto:



Questo comando, apre la finestra di Figura 9. In particolare l'annotazione automatica deve essere sempre eseguita prima di passare al PCB al fine di garantire una nomenclatura univoca dei componenti.

L'annotazione offre diverse opzioni per l'orientamento da utilizzare, i componenti da rinominare ed eventualmente il reset dei nomi ripartendo con una nuova numerazione. A seconda della fase della progettazione si può infatti desiderare di mantenere la nomenclatura originale e nominare solo i nuovi componenti.



**Figura 9:** Finestra per l'annotazione dei componenti.

L'annotazione è automatica ma il valore da assegnare al singolo componente è un'operazione manuale visto che appartiene alla parte progettuale. I valori finali potranno essere variati anche in un secondo tempo, soprattutto dopo avere effettuato i test sulla scheda reale. Come detto valore e annotazione possono essere cambiati selezionando il componente e premendo il tasto E. Fare un doppio click sul componente apre anche la finestra di dialogo che si aprirebbe premendo E.

Se si vuole cambiare solo il valore può tornare conveniente selezionare il componente e premere V, infatti in questo secondo caso la finestra di dialogo è più semplice.

Oltre ai componenti sono stati aggiunti anche i fori, al fine di permettere un controllo migliore degli stessi. Il vantaggio di questo approccio lo si comprenderà in un secondo momento, quando verranno gestiti il Logo e altre etichette. Il tutto può essere aggiunto dal lato del PCB ma è bene mantenere allineati schema e PCB.

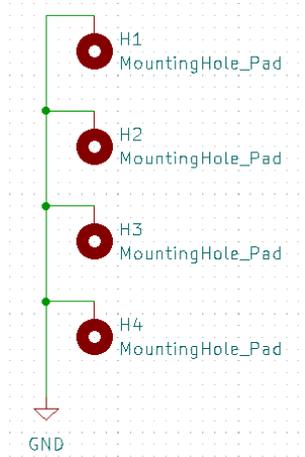


Figura 10: Esempio di fori aggiunti nello schema elettrico.

## Dallo schema elettrico al PCB

Una volta completato lo schema elettrico si può procedere verso il PCB. Prima di fare questo ricapitoliamo i passi da completare.

- Dopo lo schema elettrico effettuare l'annotazione dei componenti.
- Assegnare un valore ai componenti.

Giunti a questo punto è bene eseguire un controllo degli errori. Premendo il tasto



All'apertura della finestra di dialogo, bisogna premere il tasto "Run ERC" (*Electrical Rule Check*). La Figura 11 mostra che lo schema elettrico non è senza errori. In particolare l'errore mostrato è tipico per i regolatori lineari visto che si aspettano  $V_{in}$  all'ingresso, ovvero un pin con nome di alimentazione. In questo caso è stata usata una semplice linea elettrica per cui la funzione di controllo non è certa che abbiamo fatto il collegamento in maniera esatta. In particolare il pin in ingresso a U1 va a dei diodi per cui non capisce se effettivamente U1 sia alimentato. In questo caso l'errore è compreso e può essere ignorato. Si potrebbe comunque aggiungere un simbolo *Power*, e l'errore scomparirebbe, senza doverlo ignorare. La lista dei simboli *Power* compaiono premendo :



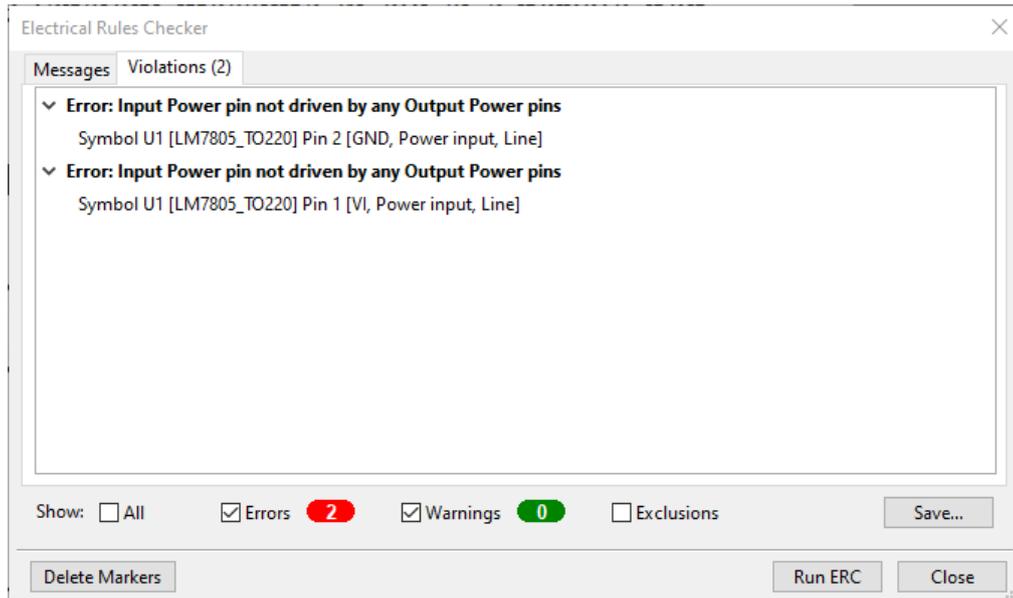


Figura 11: Finestra degli errori.

Effettuato il controllo elettrico, si deve procedere all'assegnazione dei footprint premendo il tasto:



Se a questo punto non fosse stata fatta un'annotazione per ogni componente, si aprirebbe la finestra delle annotazioni dei componenti, altrimenti si apre la finestra per l'assegnazione dei footprint come mostrato in Figura 12.

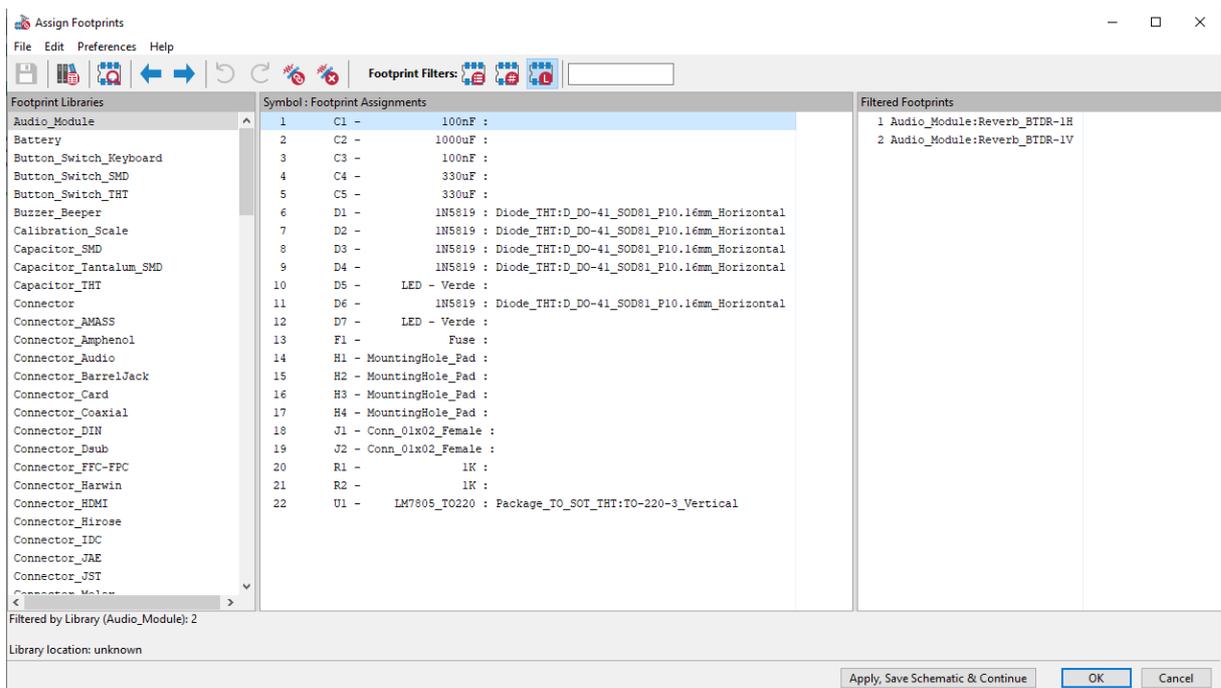


Figura 12: Finestra per l'assegnazione dei footprint.

E' possibile vedere che alcuni componenti hanno già le piazzole assegnate mentre per gli altri bisogna selezionarli e scegliere il footprint. Per fare questo si sceglie la famiglia di componenti sulla colonna sinistra e compaiono poi sulla colonna di destra tutte le varianti disponibili. Per aiutare la selezione si può premere anche il tasto:



Che apre una nuova finestra che mostra il footprint del componente selezionato nella colonna di destra. Dalla nuova finestra aperta si può premere anche il tasto :



Che mostra il modello 3D assegnato ad un footprint.

In questo modo se sono presenti diverse alternative, si può scegliere quella con il modello 3D disponibile. Per assegnare un footprint a un componente, fare doppio click sul footprint selezionato.

Assegnati tutti i footprint si può premere OK e chiudere la finestra di dialogo. Per i primi lavori questa fase può durare un poco. In particolare trovare il footprint idoneo richiede l'aver scelto anche il componente. Un consiglio è quello di esplorare le varie librerie al fine di avere una panoramica di cosa sia disponibile. Ad ogni versione KiCad viene aggiornata anche la libreria, aggiungendo nuovi componenti e footprint.

Per footprint uguali, si può copiare la linea della tabella di Figura 12 e copiarla direttamente per un altro componente uguale.

Una volta assegnati tutti i footprint, si può salvare lo schema elettrico e si può premere il tasto:



il quale permette di aprire il file del PCB creato per il progetto.

L'area di lavoro sarà inizialmente vuota visto che bisogna importare i vari componenti. I dettagli sul come procedere, si vedranno nel prossimo Capitolo.

## 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.

## 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
13.02.23	1.0	Mauro Laurenti	Mauro Laurenti	Versione Originale.