

REALIZZAZIONE DI SCHEMI ELETTRONICI CON KICAD

Manuale al link: <https://docs.kicad.org/9.0/it/>

Premessa.

Ogni progettista di schede elettroniche ha la necessità di realizzare lo schema elettrico del circuito ideato e il successivo disegno del PCB (*Printed Circuit Board*), ovvero il supporto fisico su cui verranno montati i componenti. La competenza fondamentale da sviluppare è, pertanto, la padronanza dei **CAD (Computer-Aided Design) Elettronici**.

Esiste una vasta tipologia di CAD, da quelli hobbistici a quelli professionali. Tra i più diffusi citiamo:

- **Altium e OrCAD**: Software professionali orientati all'industria.
- **KiCad**: Software *Open Source* di livello professionale.
- **EasyEDA**: Software basato su web, di proprietà dei produttori di PCB (LCSC/JLCPCB).

I primi due sono prodotti commerciali con costi elevati, giustificati da un utilizzo in contesti industriali complessi. Gli ultimi due vengono erroneamente associati a prodotti di bassa qualità, il che è falso: si tratta di strumenti estremamente potenti e diffusi anche in ambito professionale.

Il vero vantaggio dei CAD professionali risiede nella **scalabilità**: la capacità di gestire l'aumento della complessità di un progetto o l'ampliamento del team di lavoro senza dover ricominciare da capo. Ciò permette, ad esempio, di far collaborare simultaneamente più utenti sullo stesso progetto, di integrare moduli avanzati (come l'analisi termica o dell'integrità del segnale) e di collegarsi direttamente ai database dei fornitori per mantenere librerie di componenti sempre aggiornate.

Di contro, questi software comportano costi di licenza e di mantenimento elevati, sostenibili quasi esclusivamente da medie e grandi imprese. I CAD come KiCad o EasyEDA sono invece gratuiti e accessibili a tutti. Pur offrendo caratteristiche tecniche paragonabili ai software professionali per quanto riguarda la progettazione pura, presentano una "scalabilità limitata": non sono progettati nativamente per la gestione di team numerosi o per l'integrazione complessa in sistemi aziendali (come gli ERP o i PLM).

Indipendentemente dalla scelta, tutti questi CAD garantiscono strumenti fondamentali per la progettazione moderna, come il controllo costante degli errori tramite le **DRC (Design Rule Check)**, essenziali per trasformare un'idea in un circuito stampato funzionante e affidabile.

In questo tutorial descriveremo i passaggi essenziali per utilizzare Kicad uno dei software oggi più utilizzati in ambito hobbistico, ma spesso anche in quello industriale.

KICAD un po' di storia...

KiCad nasce nel 1992 per mano di Jean-Pierre Charras, ricercatore presso l'Università di Grenoble-Alpes, come un insieme di programmi scritti in C per la progettazione di schemi elettronici e circuiti stampati (PCB).

Nel 2013, il CERN di Ginevra ha iniziato ad adottare KiCad come standard per i propri progetti interni, finanziando e promuovendo attivamente lo sviluppo di nuove funzionalità. Nel novembre 2019, dopo una crescita esponenziale dell'interesse da parte dell'industria, il progetto è entrato a far parte della **Linux Foundation**. Oggi, grazie a un ecosistema virtuoso composto da aziende sostenitrici e dal contributo costante della community, KiCad è uno strumento di livello industriale in grado di gestire progetti complessi con PCB fino a 32 layer.

Perché l'Open Source è lo standard nella ricerca

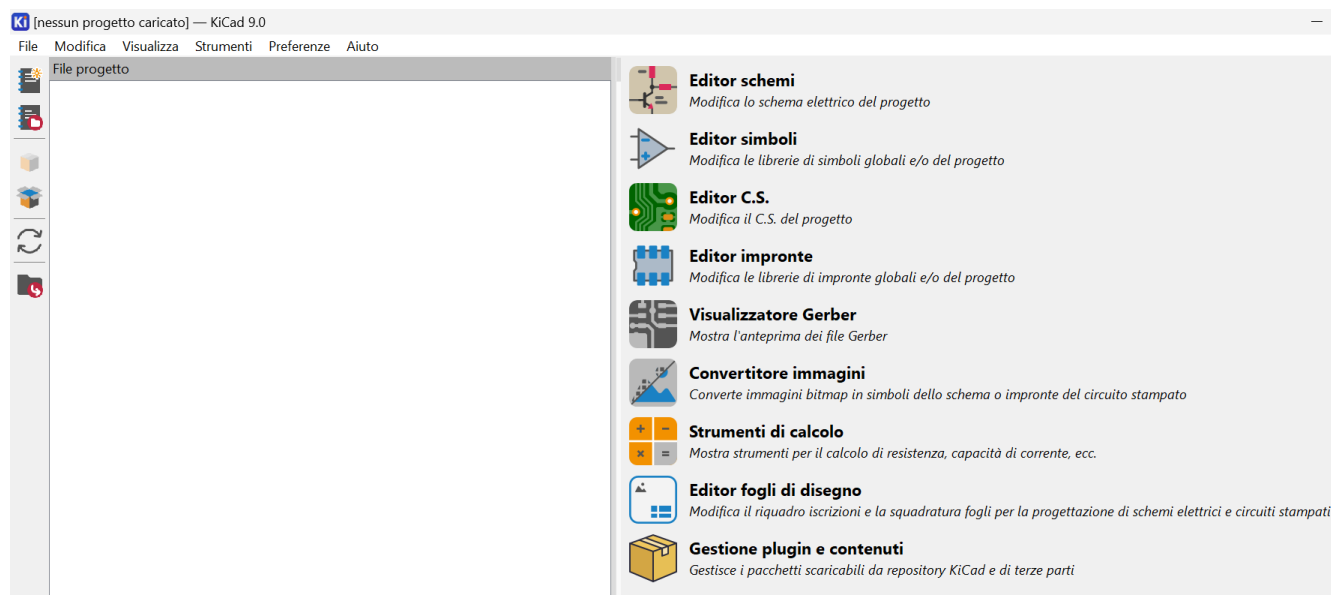
Spesso ci si chiede perché un ente come il CERN scelga il software Open Source. La domanda corretta, tuttavia, è l'opposto: perché affidarsi a soluzioni proprietarie in un contesto di ricerca scientifica dove è essenziale mantenere il controllo assoluto sui propri strumenti e dati?

Al CERN, come in moltissimi altri enti e aziende all'avanguardia, l'Open Source è la scelta d'elezione. Giganti come **NASA, Amazon, Google, Tesla, Samsung e IBM** integrano Linux e tecnologie aperte nelle proprie infrastrutture critiche.

La superiorità del modello Open Source risiede nella trasparenza: avere accesso completo al codice sorgente non è solo una questione economica, ma una necessità strategica. Garantisce l'indipendenza dai fornitori permette la revisione critica delle funzioni di sistema e offre la libertà di adattare il software a esigenze di ricerca specifiche libertà che il software proprietario, con il suo codice chiuso e inaccessibile, non può offrire.

Entriamo ora nel vivo del tutorial, partendo dal sito <https://www.kicad.org/> dove è possibile scaricare liberamente il software per Windows, Linux o Mac.

Una volta scaricato ed installato al suo avvio troviamo questa schermata, dove possiamo vedere in alto la versione attuale, che è la 9.0. Come in tutti i programmi Open Source, l'evoluzione nelle varie versioni è sempre molto rapida pertanto abituiamoci a dover aggiornare spesso il CAD.



A sinistra troviamo una schermata vuota che conterrà poi i file del nostro progetto, a destra invece i vari strumenti descritti di seguito:

- **EDITOR DI SCHEMI** Lo strumento che ci consentirà di realizzare il disegno del circuito elettronico.
- **EDITOR DI SIMBOLI** Lo strumento che ci consentirà di creare o modificare i simboli dei vari componenti.
- **EDITOR C.S.** Lo strumento che ci consentirà di disegnare il Circuito Stampato (PCB).
- **EDITOR IMPRONTE** Lo strumento che ci consentirà di creare e modificare le impronte. L'impronta nel gergo del CAD è la rappresentazione fisica del componente, contenente la forma reale con i terminali e l'ingombro che il componente ha sul circuito.
- **VISUALIZZATORE GERBER** E' uno strumento molto utile che ci consentirà di visualizzare tutti i layers del PCB creato prima di mandarlo in produzione.
- **CONVERTITORE IMMAGINI** Consente di convertire le immagini in modo da poter essere inserite nello schema come simboli o impronte.
- **STRUMENTI DI CALCOLO** Una suite di strumenti utili per la progettazione del PCB, ad esempio calcolo larghezza piste, dimensione piazzole ecc...
- **EDITOR DI FOGLI DI DISEGNO** Per le impostazioni dei fogli di disegno utilizzati
- **GESTIONE PLUGIN** Per la gestione dei pacchetti installati.

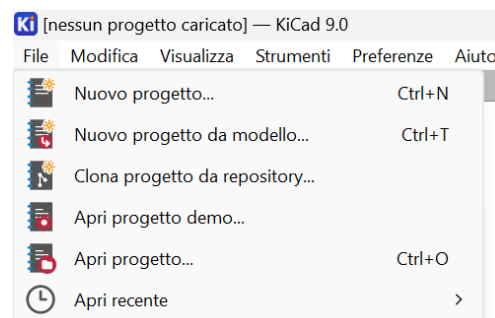
EDITOR DI SCHEMI

E' il primo strumento da cui obbligatoriamente bisogna iniziare. Un progettista di circuiti deve per forza di cose disegnare prima il circuito elettrico, cioè l'insieme del collegamento tra i vari componenti rappresentati con la loro simbologia.

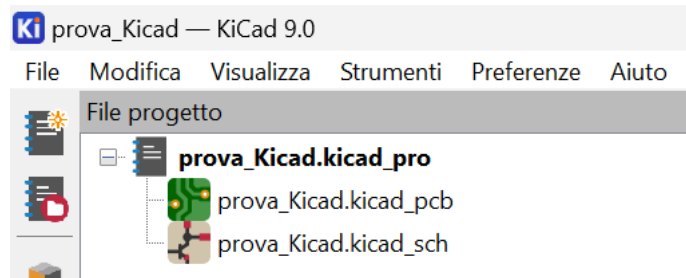
Per poter realizzare uno schema dobbiamo innanzitutto selezionare FILE e poi NUOVO PROGETTO.

Ci verrà poi chiesto dove creare il progetto e quale nome dargli.

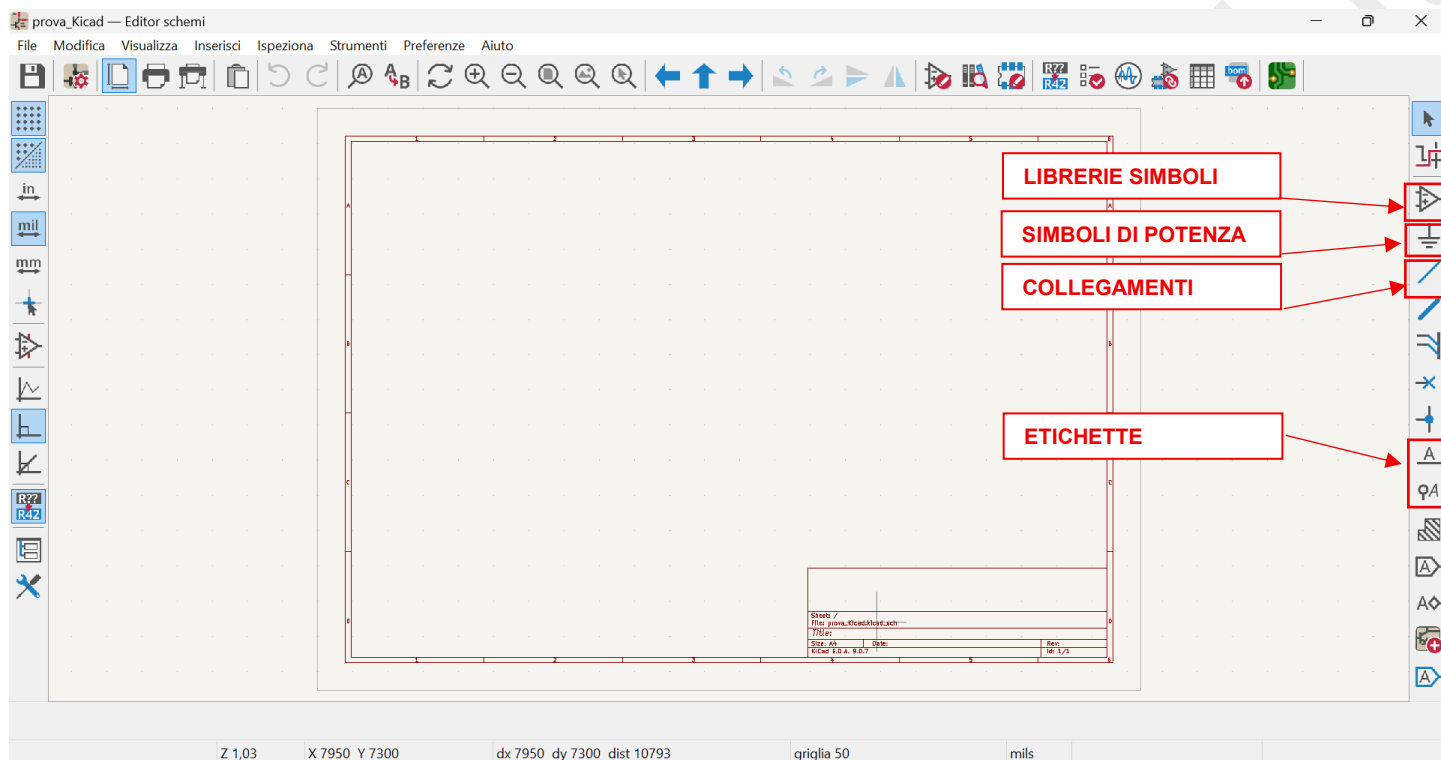
E' consigliabile creare prima una cartella all'interno della quale creare il progetto.



Una volta creato il progetto, nella finestra di sinistra appariranno i primi due file, il primo in alto il PCB ed il secondo lo schema, clicchiamo sul secondo per iniziare a disegnare lo schema elettrico.



Nella schermata che si aprirà, possiamo vedere l'intero foglio di lavoro, con le varie barre degli strumenti, come ormai siamo abituati a vedere in tutti i software.



A destra troviamo la barra con gli strumenti che utilizzeremo maggiormente, cioè le librerie dei simboli, i simboli di potenza, i collegamenti e le etichette.

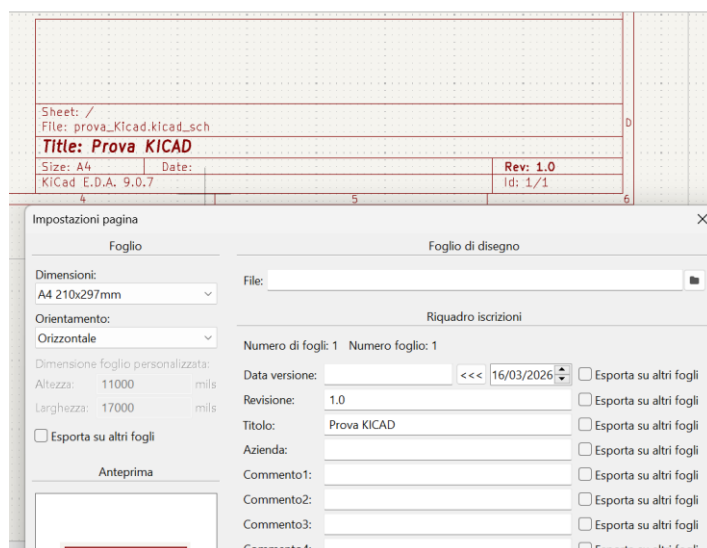
Ci sono altri strumenti ma quelli evidenziati sono quelli in genere più utilizzati.

1 Fase – SCELTA DELLE DIMENSIONI DEL FOGLIO E COMPILAZIONE DEL CARTIGLIO

Cliccando sul cartiglio in basso a destra, si aprirà una finestra dove selezionare le dimensioni del foglio, il suo orientamento ed il contenuto dei vari campi del cartiglio.

Nei vari campi vanno indicate sempre almeno le seguenti informazioni:

- Il nome del progetto (Titolo)
- Il nome dell'azienda
- Il nome del disegnatore
- La data e la revisione

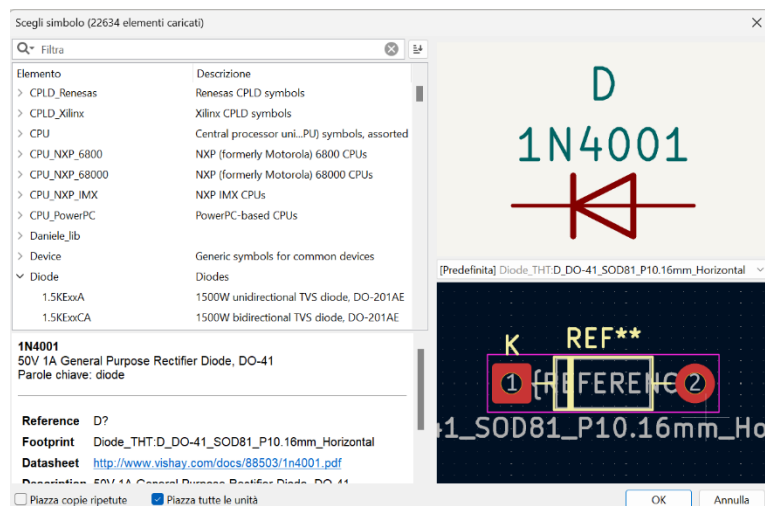


2 Fase – INSERIMENTO DEI SIMBOLI DEI COMPONENTI

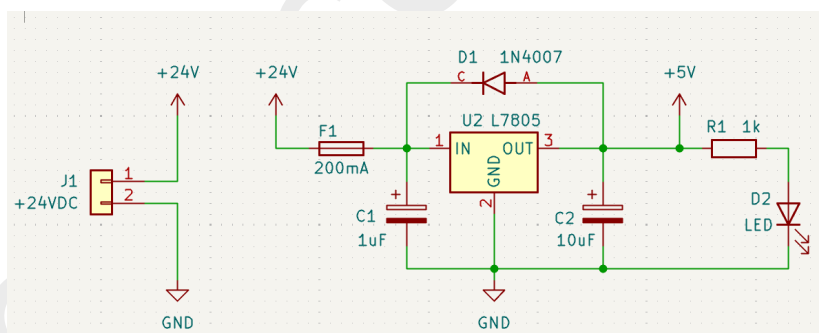
La prima operazione da effettuare quando si realizza un circuito elettrico è quella di selezionare i simboli dalle librerie e piazzarli nello schema. Questa è un'operazione semplice, l'unica difficoltà è trovare i simboli corretti dei componenti, raggruppati per tipologia. Andando su PIAZZA SIMBOLI, nel menù in alto INSERISCI, si aprirà una finestra con tutte le tipologie di simboli dei componenti.

Nella parte sinistra della finestra, ci sono le varie famiglie di librerie, espandendole si possono visualizzare i vari componenti. Ad esempio nella figura vediamo la libreria DIODE contenente i vari diodi, e cliccando su uno di loro, nella parte sinistra si visualizzerà il simbolo ed il FOOTPRINT (quest'ultimo se presente).

Il FOOTPRINT è l'IMPRONTA del componente, cioè la sua forma reale. Non sempre è presente ed in qualche caso va aggiunta, ma comunque può essere modificata in qualsiasi momento, vedremo in seguito come farlo.

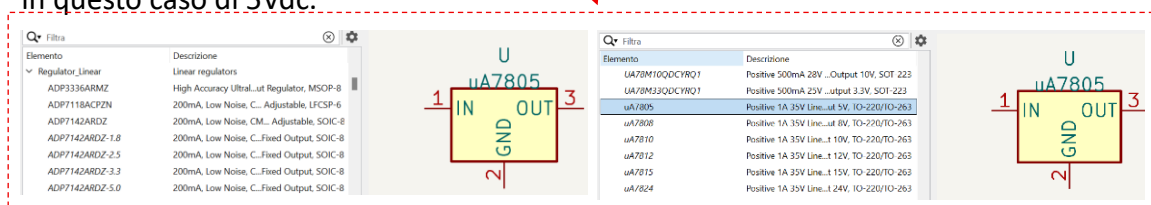
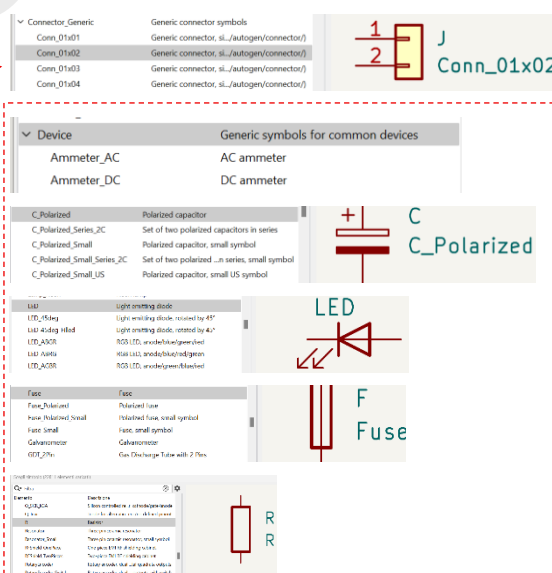


Quello che interessa in questa fase, è il simbolo, proviamo ora a realizzare il seguente circuito, che rappresenta un classico circuito che converte la tensione a 5Volt per alimentare poi ad esempio delle porte logiche.



Vediamo di seguito dove trovare i simboli presenti nello schema.

- CONNECTOR GENERIC, qui troviamo il simbolo generico del connettore multipolare.
- DEVICE, qui troviamo i componenti di uso più comune come i CONDENSATORI, i FUSIBILI, i LED e le RESISTENZE.
- REGULATOR LINEAR, qui troviamo i componenti che si chiamano Stabilizzatori di Tensione che consentono di stabilizzare una tensione continua ad un valore fisso, in questo caso di 5Vdc.



Durante la fase di piazzamento dei componenti, possiamo ovviamente copiare ed incollare lo stesso componente per duplicarlo, e possiamo ruotarlo o specchiarlo orizzontalmente e verticalmente. Per spostare un componente o ruotarlo, occorre prima selezionarlo con il cursore dopo aver scelto la modalità di spostamento del componente, cliccando sulla freccia nel menù a destra.

Una volta selezionato il componente possiamo ruotarlo o specchiarlo cliccando sul destro e scegliendo TRASFORMA SELEZIONE.

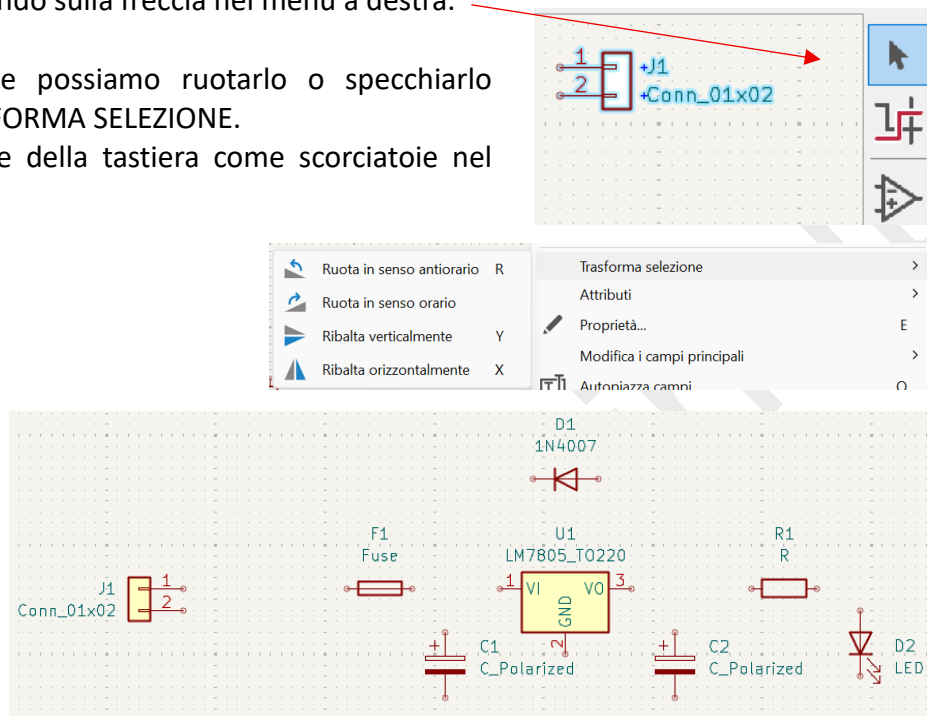
Oppure si possono utilizzare le lettere della tastiera come scorciatoie nel seguente modo:

R – Ruota

Y – Specchia verticalmente

X – Specchia orizzontalmente

Una volta piazzati i componenti, passeremo alla fase successiva, che è quella dell'assegnazione dei valori ai componenti.



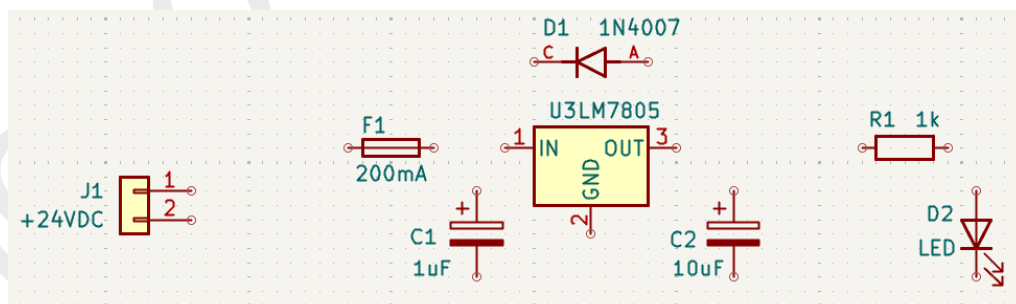
3 Fase – ASSEGNAZIONE VALORI E RIDENONIMAZIONE COMPONENTI

In questa fase assegniamo i nomi ed i valori dei vari componenti.

Ogni componente deve avere un Reference che lo identifica all'interno dello schema, composto, in genere da una o più lettere per indicare il tipo di componente, e da un numero per differenziarlo dagli altri componenti simili.

Ad esempio le resistenze verranno indicate con R1, R2, R3... ed i condensatori con C1, C2, C3...

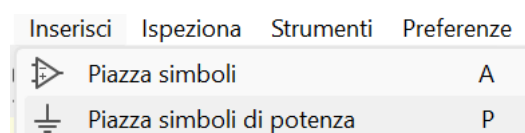
Oltre al reference va indicato il valore nel testo vicino al componente.



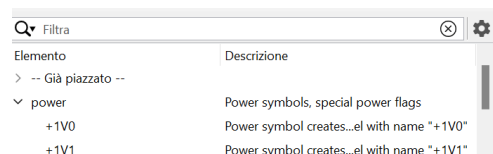
4 Fase – INSERIMENTO DEI SIMBOLI DI POTENZA

Nello schema ci saranno diversi punti equipotenziali connessi a GND o a tensioni positive. Per rendere lo schema più leggibile si utilizzano i simboli di potenza a cui collegare tutte le parti di circuito connesse alla massa o ad un'alimentazione.

Sempre nel menù in alto INSERISCI, troviamo la voce PIAZZA SIMBOLI DI POTENZA.



Dovremo scegliere il simbolo per la GND e quello o quelli per le tensioni di alimentazione presenti nello schema, nel nostro caso due tensioni, +24V e +5V.

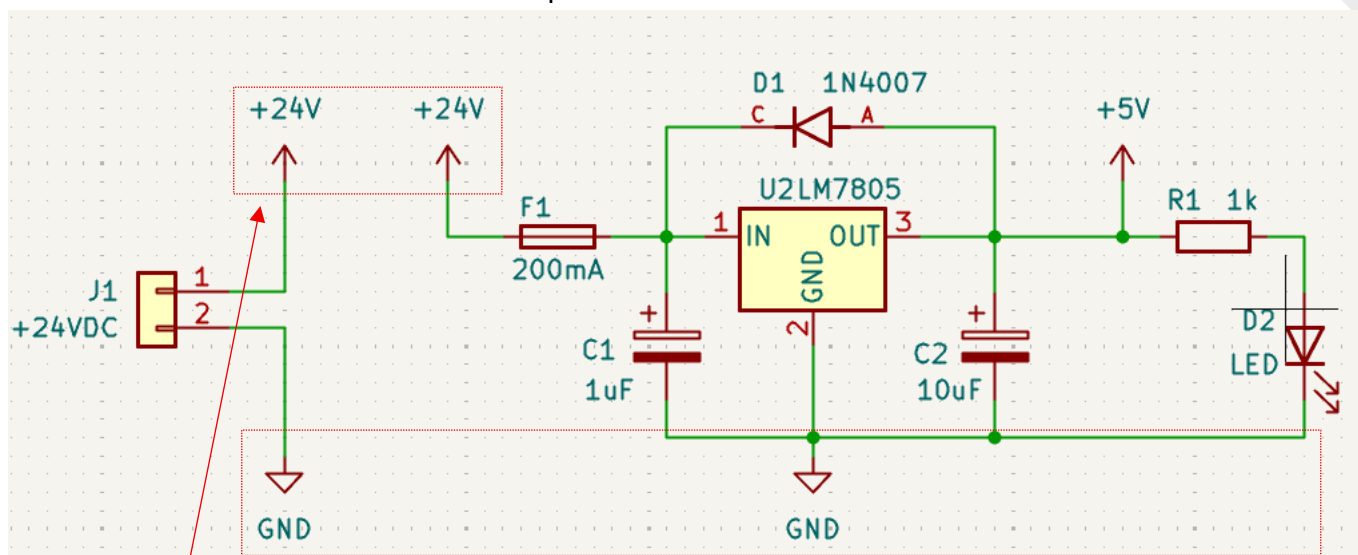


5 Fase – ESECUZIONE DEI COLLEGAMENTI

Dopo aver piazzato i vari simboli di potenza, si passa al collegamento dei vari componenti scegliendo lo strumento “DISEGNA FILI” presente nel menù “INSERISCI”. Cliccando sui terminali di ogni singolo componente si potrà realizzare il collegamento desiderato. Se il collegamento si ferma su un filo viene creata automaticamente la giunzione.

Inserisci	Ispeziona	Strumenti	Preferenze
	Piazza simboli		A
	Piazza simboli di potenza		P
	Disegna fili		W
	Disegna bus		B

Al termine avremo una situazione come questa:



Il simbolo +24V sta ad indicare che il fusibile F1 andrà collegato al terminale 1 di J1.

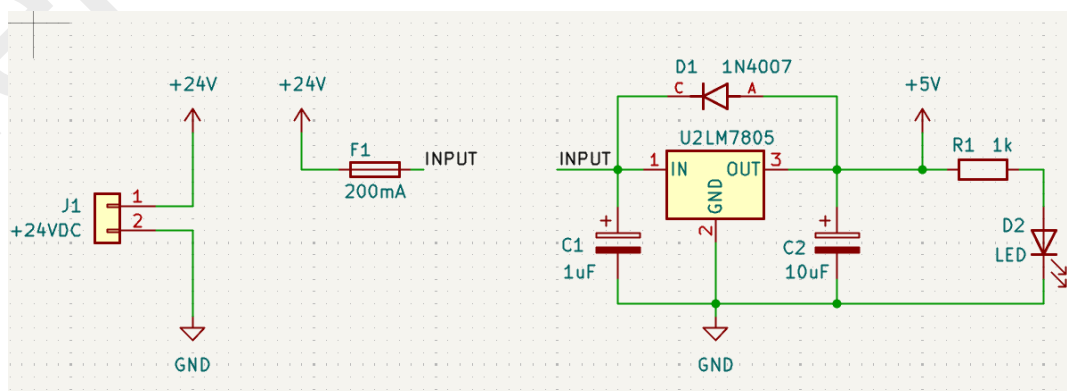
Il simbolo GND sta ad indicare che il terminale 2 di U2 e tutti i terminali ad esso connessi, va collegato al pin 2 di J2.

Se il simbolo +5V verrà posto in altre parti del circuito anch'esso si considererà connesso.

6 Fase – INSERIMENTO DI ETICHETTE E COLLEGAMENTI A BUS

Le etichette sono uno strumento simile ai simboli di potenza, ma vengono inserite direttamente sopra ad ogni filo ed indicano il collegamento di diverse parti di circuito. Lo strumento si chiama PIAZZA ETICHETTE NET ed è presente sempre nel menù INSERISCI. Vediamo come potrebbero essere utilizzate nello stesso schema.

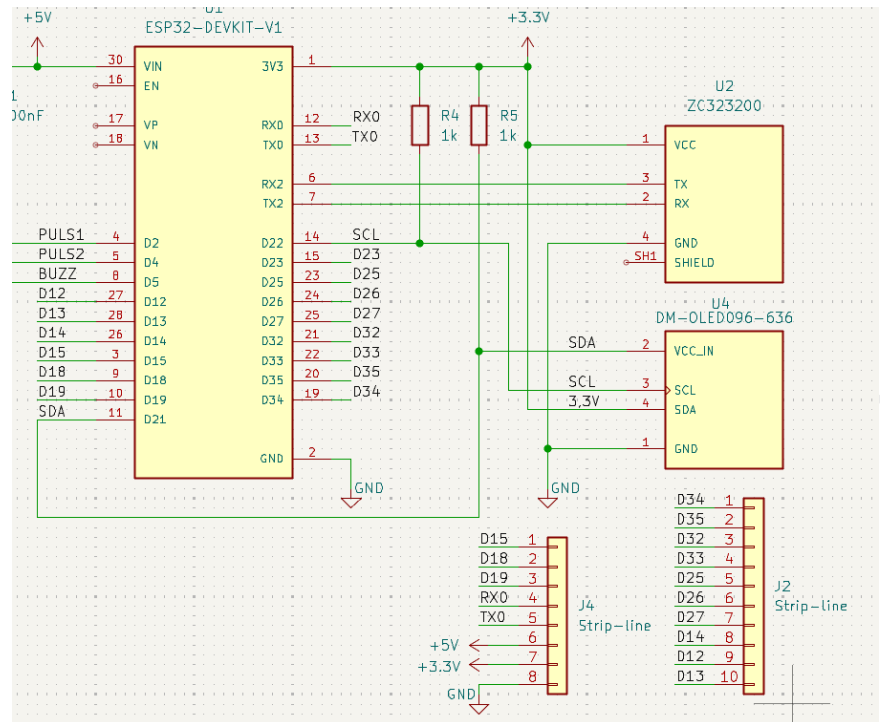
Inserisci	Ispeziona	Strumenti	Preferenze
	Piazza simboli		A
	Piazza simboli di potenza		P
	Disegna fili		W
	Disegna bus		B
	Piazza elementi da filo a bus		Z
	Piazza indicatori N/C		Q
	Piazza giunzioni		J
	Piazza etichette net		L
	Piazza etichette globali		Ctrl+L
	Piazza etichette direttive		QA



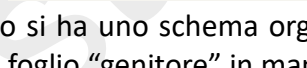
In questo caso le due etichette nominate INPUT, connettono insieme i due punti del circuito ed in questo caso risulta inutile utilizzare questo strumento. Vediamo di seguito un esempio in cui le etichette sono molto utili.

In questa parte di circuito ad esempio, il modulo ESP32 risulta collegato con i due connettori J2 e J4 tramite le etichette, evitando il disegno di linee che andrebbero ad intrecciarsi ed a rendere illeggibile lo schema.

Inoltre il collegamento identificato dalle etichette, avrà lo stesso nome ed anche durante la realizzazione del PCB, avremo la possibilità di riconoscerlo con il nome indicato nell'etichetta.



Esistono 3 tipi di etichette:

- Etichette net.** Quelle viste nello schema precedente, queste valgono all'interno del singolo foglio, se lo schema è composto da più fogli, l'etichetta con lo stesso nome disposta in fogli differenti non indica un collegamento tra i due punti.
 
- Etichette globali.** A differenza delle precedenti, le etichette globali consentono il collegamento tra fogli differenti appartenenti allo stesso progetto.
 
- Etichette direttive.** Vengono utilizzate quando si ha uno schema organizzato su più fogli gerarchici, si utilizzano per collegare un foglio "figlio" con il foglio "genitore" in maniera strutturata.
 

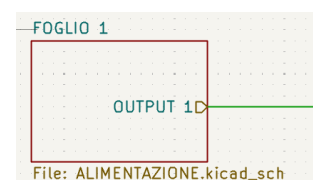


Per essere utilizzate occorre prima creare un foglio gerarchico tramite lo strumento **DISEGNA FOGLI GERARCHICI** disponibile sul menù **INSERISCI**.

Seguendo le seguenti istruzioni inseriamo un foglio ed un pin gerarchico:

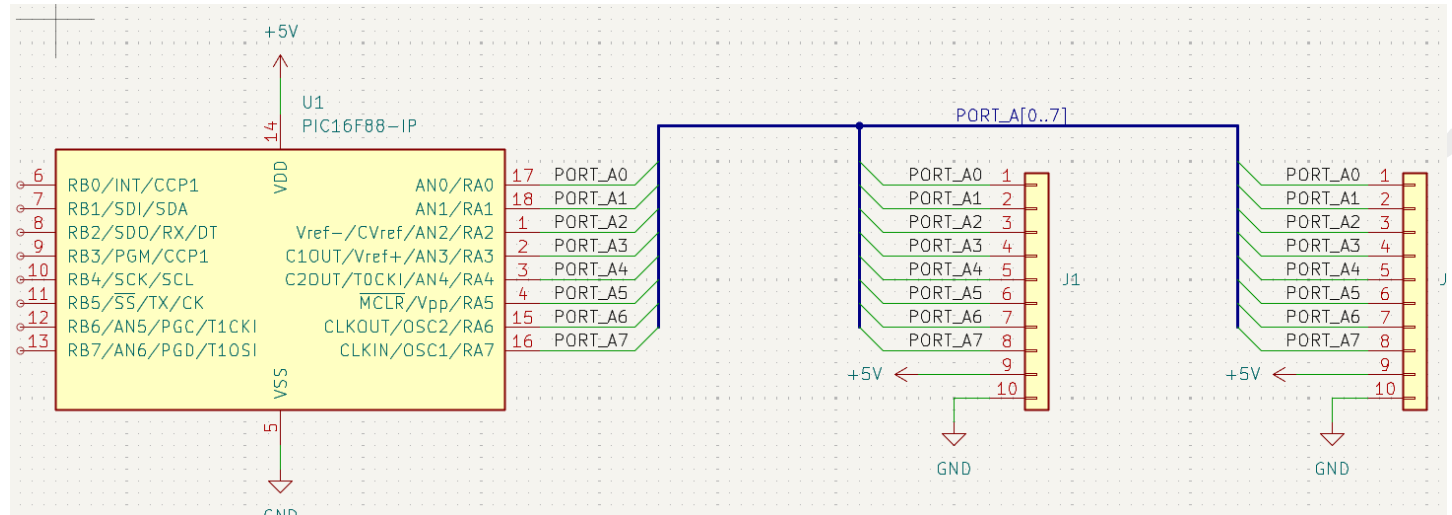
- Selezionare lo strumento DISEGNA FOGLI GERARCHICI (icona con il foglio e il simbolo "+" o scorciatoia S).
- Cliccare sullo schema e trascinare per disegnare un rettangolo.
- Dare un nome al file (es. Alimentazione.kicad_sch) e un nome al foglio (es. FOGLIO 1).
- Entrare nel foglio creato facendo sopra di esso un doppio click.
- Selezionare lo strumento PIAZZA ETICHETTA DIRETTIVA
- Posizionare l'etichetta e collegarla nello schema.
- Scegliere il tipo di etichetta in base alla direzione del segnale tra le seguenti:
 - **Input:** Per segnali che entrano nel foglio.
 - **Output:** Per segnali che escono dal foglio.
 - **Bidirectional/Tri-state:** Per bus dati o linee di comunicazione.
- Tornare al foglio superiore con la freccia in alto al centro o con il tasto ESC.
- Selezionare il foglio e fare clic col pulsante destro, poi selezionare lo strumento SINCRONIZZA PIN DAL FOGLIO SELEZIONATO.
- A questo punto comparirà l'etichetta che potrà essere collegata nel foglio attualmente aperto.

Inserisci	Ispezione	Strumenti	Preferenze
	Piazza simboli		A
	Piazza simboli di potenza		P
	Disegna fili		W
	Disegna bus		B
	Piazza elementi da filo a bus		Z
	Piazza indicatori N/C		Q
	Piazza giunzioni		J
	Piazza etichette net		L
	Piazza etichette globali		Ctrl+L
	Piazza etichette direttive		
	Disegna aree regola		
	Piazza etichette gerarchiche		H
	Disegna fogli gerarchici		S
	Piazza pin dal foglio		
	Sincronizza pin di tutti i fogli...		
	Importa foglio...		

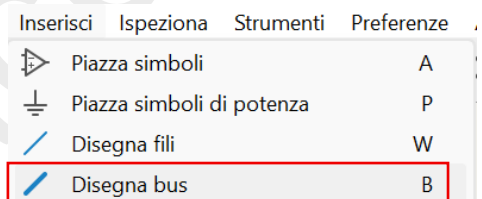


Collegamenti a BUS.

Un BUS di collegamento che raggruppa più segnali, si utilizza in genere per il collegamento delle linee DATI o INDIRIZZI dei Microprocessori, ma può essere utilizzato anche in altri casi. Nell'immagine sotto l'insieme dei segnali appartenenti alla PORTA del microcontrollore (RA0, RA1, RA2... RA7) si collegano a due connettori. Invece di collegare singolarmente ogni terminale, si può utilizzare questo metodo.



Per eseguire il collegamento a BUS occorre prima disegnare la linea del BUS (una linea più spessa del semplice collegamento) tramite il comando DISEGNA BUS, presente nel menù INSERISCI.



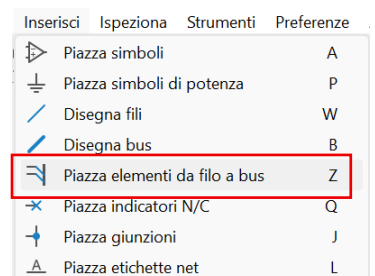
Una volta disegnato il BUS, va inserita sopra di esso un'etichetta NET con il comando PIAZZA ETICHETTE NET visto prima. Al nome del BUS va aggiunto tra parentesi quadre il numero dei collegamenti con il seguente formato: **NOME[0..16]**

Ad esempio si potrebbe creare un BUS chiamato DATI composto da 8 linee: DATI[0..7]

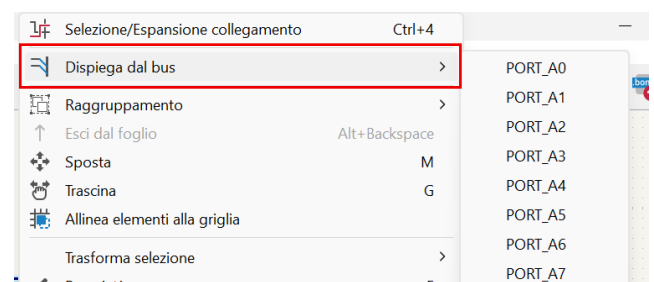
In questo caso i singoli segnali si chiameranno DATI0, DATI1, ecc...

Nell'immagine sopra il BUS si chiama PORT_A ed i segnali sono PORT_A0, PORT_A1, ecc...

Una volta disegnato il BUS ed inserita l'etichetta, bisogna realizzare i collegamenti sui terminali con il comando PIAZZA ELEMENTI DA FILO A BUS, presente sempre nel menù INSERISCI.



Cliccando con il destro sul BUS si può generare automaticamente il singolo collegamento con il comando DISPIEGA DAL BUS.



7 Fase – ABBINAMENTO DEI FOOTPRINT

Ad ogni simbolo va abbinata la forma reale del componente in modo che si possa passare dallo schema elettrico al circuito stampato.

Ad esempio il simbolo di una resistenza è il seguente.

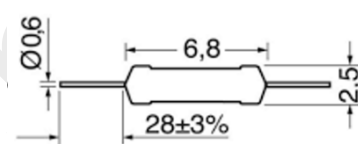


Nella realtà la resistenza può avere diverse forme in base alla tipologia scelta ed alla sua potenza. Inoltre bisogna scegliere se utilizzare componenti SMD (Surface Mounting Device) o THT (Through Hole Technology).

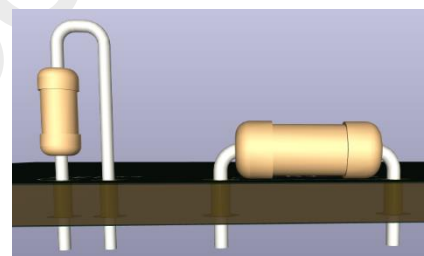
Nel caso di componenti THT una delle tipologie di resistenze più utilizzate è quella a strato di carbone.



Le dimensioni delle resistenze a strato di carbone dipendono dalla loro potenza massima (Wattaggio) in figura le dimensioni di una resistenza da ¼ di Watt.



Questa tipologia di componente ha due terminali assiali e può essere posizionata sul circuito nelle due modalità rappresentate nell'immagine. Il modo più comune è quello a destra con il componente in orizzontale, ma in caso di problemi di spazio il componente può essere montato anche verticalmente.

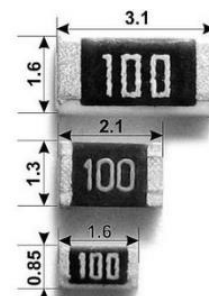


Nel caso di componenti a foro passante (Through-Hole), il corpo del componente viene posizionato sul lato superiore del circuito (lato componenti), mentre la saldatura dei suoi terminali avviene sul lato opposto (lato saldature) sulla piazzola con il foro dove sono inseriti i terminali del componente.

Le due tipologie di montaggio riportate in figura sono identificate da due IMPRONTE differenti. L'IMPRONTA in inglese FOOTPRINT, **rappresenta la sagoma del componente sul circuito stampato**, è pertanto importante conoscere la sua forma e le sue dimensioni.

Nel caso di componenti SMD ad esempio la resistenza ha una forma diversa e diverso sarà il modo di saldarla sul circuito e differente sarà la sua IMPRONTA.

Nell'immagine sono riportate le dimensioni delle 3 resistenze SMD di diverso Wattaggio. Come si può vedere sono molto più piccole e non hanno dei terminali ma due parti conduttive ai lati che vanno saldate sul PCB dallo stesso lato dove viene posizionato il componente, pertanto nel circuito non ci saranno dei fori passanti dove posizionare la resistenza.



Nell'immagine ci sono componenti SMD, a due o tre terminali, saldati su un circuito stampato.

Il componente in pratica viene appoggiato sul circuito dove ci sono due piazzole di rame stagnato, e con un flusso di aria calda lo stagno va a saldare e fermare il componente sul circuito stampato.



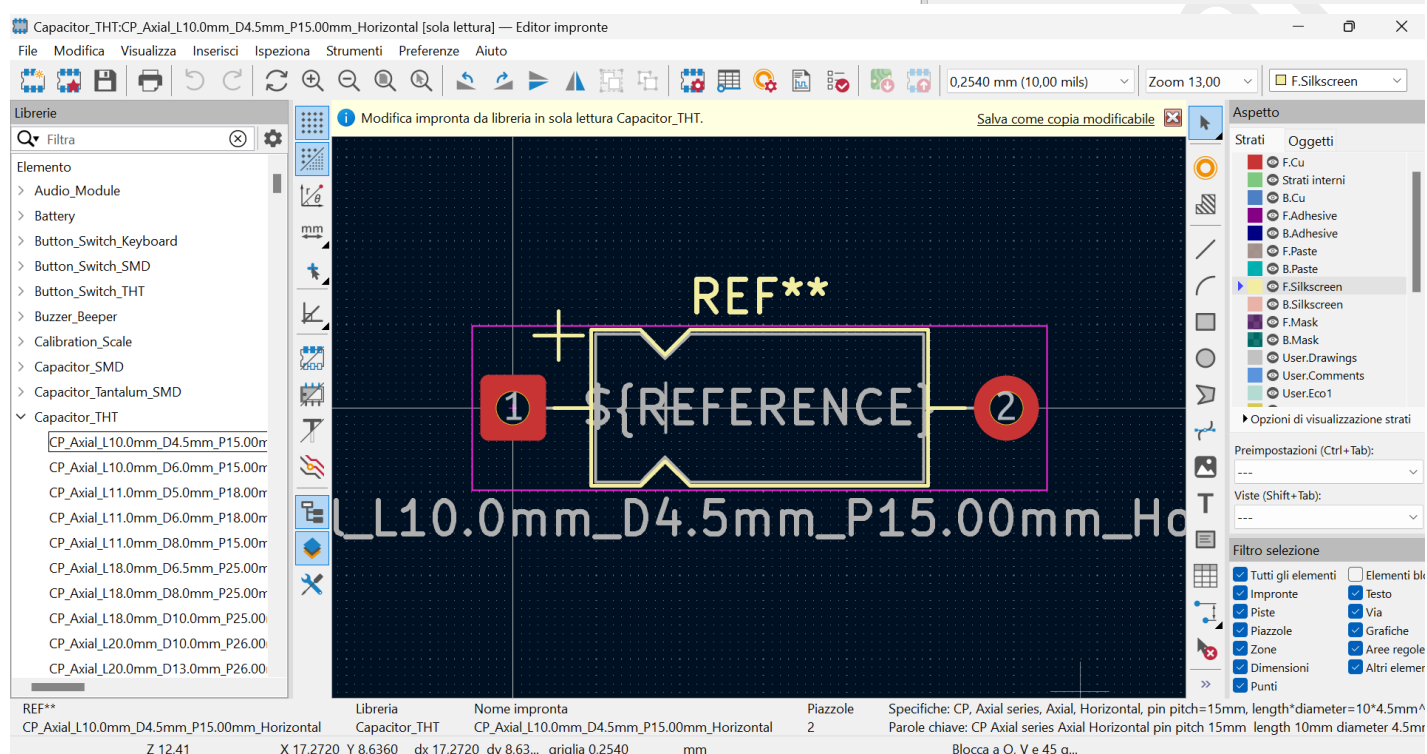
IMPRONTE-FOOTPRINT

Come detto sopra, l'IMPRONTA rappresenta la sagoma del componente, il suo ingombro con i suoi terminali, pertanto è fondamentale che tra il simbolo e la sua impronta ci sia una corrispondenza di pin.

Se un simbolo ha 3 pin, la sua impronta dovrà avere per forza 3 terminali con gli stessi numeri dei pin.

Per verificare le impronte disponibili si può aprire l'Editor impronte.

A sinistra troveremo tutte le famiglie di impronte ed aprendo ogni famiglia troveremo le singole impronte che verranno visualizzate al centro dello schermo.



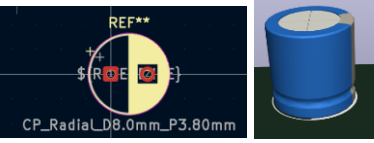
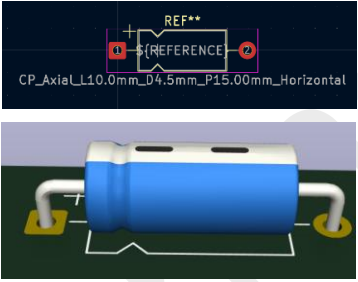
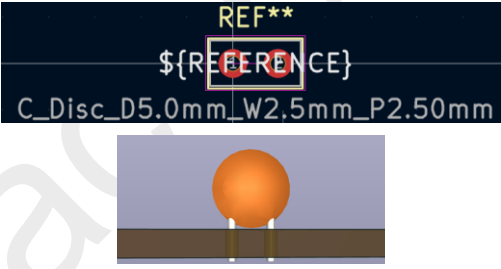
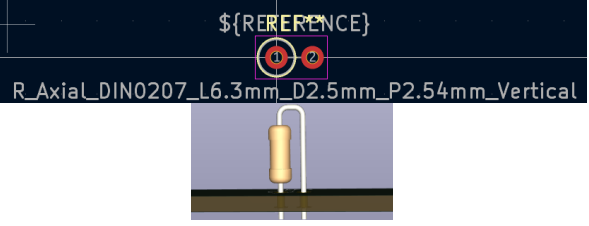
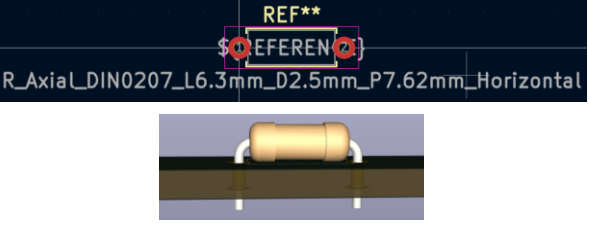
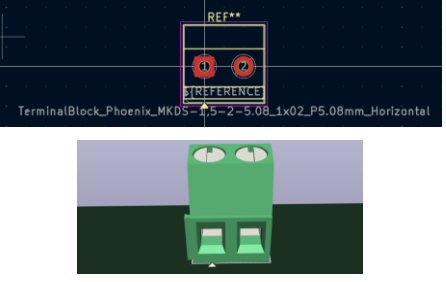
Di seguito le famiglie di componenti più utilizzate con la loro descrizione:

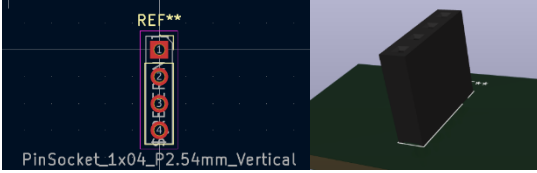
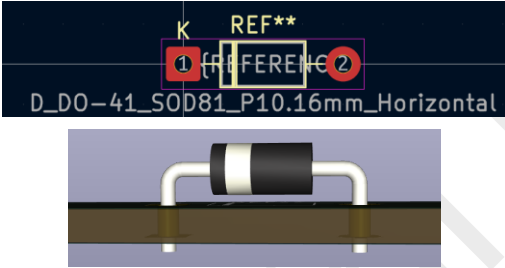
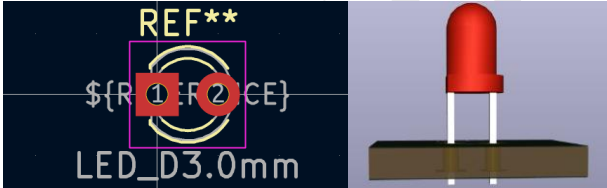
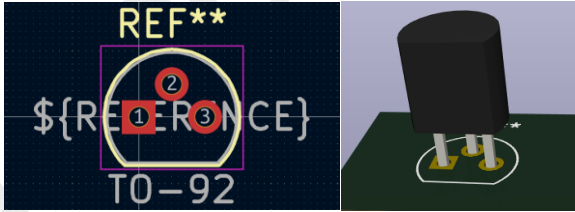
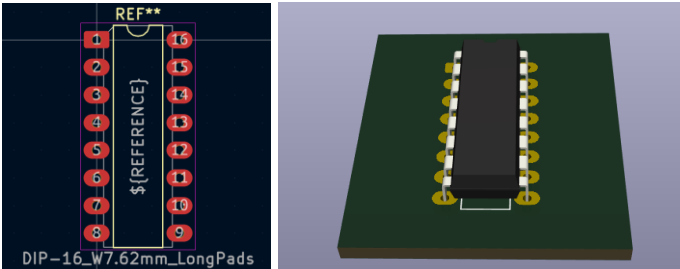
- Button Switch - Pulsanti di vario tipo
- Capacitor - Condensatori
- Connector - Connettori
- Diode - Diodi
- Package DIP - Circuiti integrati o componenti con doppia fila di contatti. DIP sta per Dual in Package denominato anche DIL Dual In Line.
- Package SIP - Circuiti integrati o componenti con singola fila di contatti. SIP sta per Singol in Package denominato anche SIL Singol In Line.
- Package DIP - Circuiti integrati o componenti con doppia fila di contatti. DIP sta per Dual in Package denominato anche DIL Dual In Line.
- Package TO - TO sta per Transistor Outline, qui troviamo le impronte dei Transistor e componenti simili.
- Resistor - Resistenze.

Come detto prima se nella descrizione troviamo THT si intende un componente con terminali che vanno montati su foro passante e saldati dalla parte opposta della scheda, se invece troviamo SMD si intendono i componenti a montaggio superficiale.

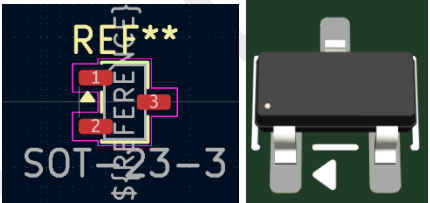
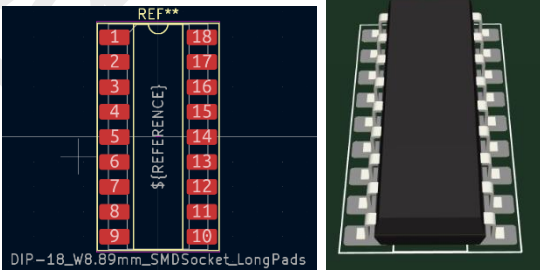
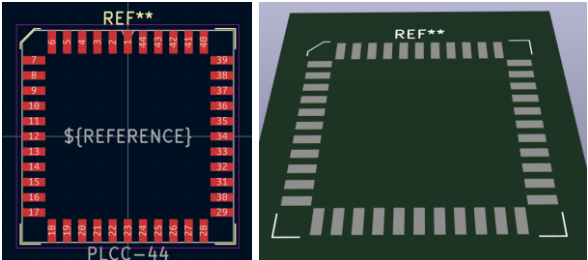
Aprendo le singole famiglie, possiamo trovare nella descrizione dell'impronta le sue caratteristiche come ad esempio le dimensioni e la distanza tra i pin.

Di seguito le impronte più comuni di componenti THT.

Condensatore elettrolitico, diametro 8mm distanza tra i pin 3,8mm, montaggio verticale.	
Condensatore elettrolitico, diametro 4,5 mm lunghezza 10mm, distanza tra i pin 15mm, montaggio orizzontale.	
Condensatore a disco, diametro 5 mm larghezza 2,5mm, distanza tra i pin 2,5mm, montaggio verticale.	
Resistenza a strato di carbone lunghezza 6,3mm, diametro 2,5mm, distanza tra i pin 2,54mm, montaggio verticale.	
Resistenza a strato di carbone lunghezza 6,3mm, diametro 2,5mm, distanza tra i pin 7,62mm, montaggio orizzontale.	
Connettore a vite 2 poli distanza tra i pin 5,08mm.	
Connettore strip maschio passo 2,54mm.	

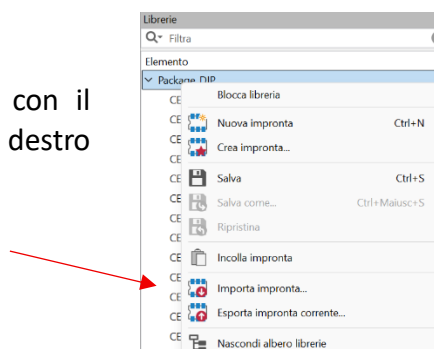
Connettore strip femmina passo 2,54mm.	
Diodo contenitore DO41 (famiglia 1N40XX) distanza tra pin 10,16mm, montaggio orizzontale.	
Led diametro 3mm, distanza tra pin 2,54mm, montaggio verticale.	
Contenitore TO92. (Transistor di segnale, regolatori di tensione).	
Contenitore TO220. (Transistor di potenza, regolatori di tensione).	
Circuito integrato DIP (Dual In Package) 16 pin, distanza tra file di pin 7,62mm, pad lunghi.	

Stesso discorso per i componenti SMD.

Resistenza a montaggio superficiale, i numeri indicati 0805 rappresentano le misure (lunghezza larghezza) in pollici, inverte i successivi numeri 2012 rappresentano le stesse misure in mm. In questo caso il componente è lungo 0,08" o 2,0mm e largo 0,05" o 1,2mm.	
Condensatore Elettrolitico (CP sta per condensatore polarizzato) diametro 5mm altezza 5,7mm.	
Condensatore non polarizzato, come nel caso della resistenza, le misure indicano lunghezza e larghezza in pollici e millimetri, in questo caso lungo 0,12" o 3,2mm e largo 0,06" o 1,6mm.	
Contenitore SOT 23. (Transistor di segnale, regolatori di tensione).	
Circuito integrato DIP (Dual In Package) SMD 16 pin, distanza tra file di pin 8,89mm.	
Circuito integrato contenitore PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier) SMD 44 pin.	

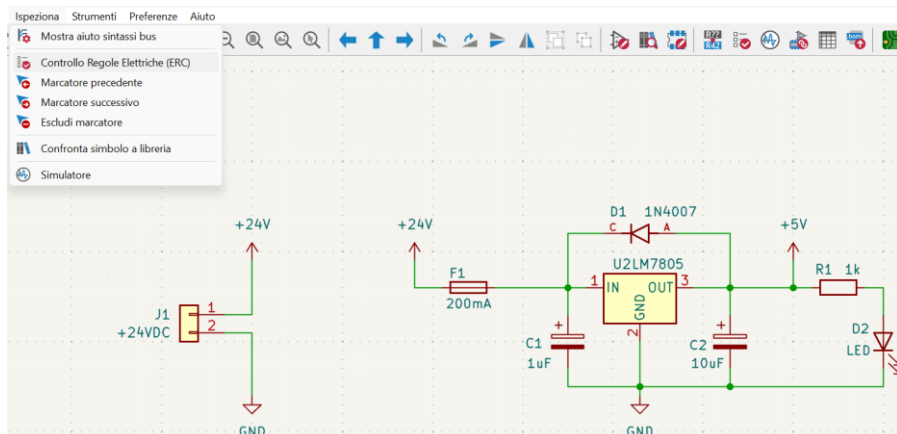
Nella panoramica di footprint visti sopra non ci sono ovviamente tutti i componenti, che andranno ricercati nelle varie librerie.

E' possibile aggiungere eventualmente componenti in libreria con il comando "Importa Impronta" disponibile dopo il click col pulsante destro sulla libreria dove si sceglie di importare l'impronta.

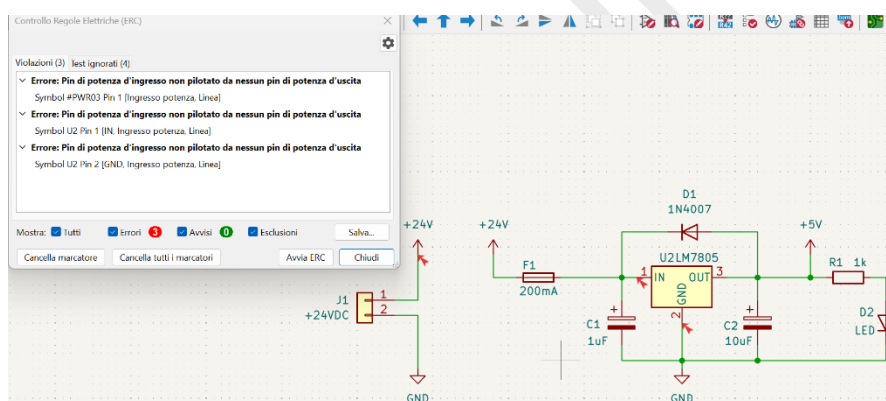


8 Fase – CONTROLLO REGOLE ELETTRICHE E PASSAGGIO AL CIRCUITO STAMPATO

Il controllo delle regole elettriche (ERC Electrically Rules Check) è uno strumento disponibile sul menù ispezione, che consente di verificare eventuali errori.



Lo strumento potrebbe fornire degli errori o dei warning, nel nostro caso sono stati rilevati i 3 errori in figura.

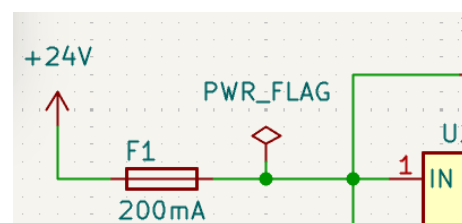


Gli errori vengono descritti nell'apposita finestra ed indicati con una freccia sullo schema.

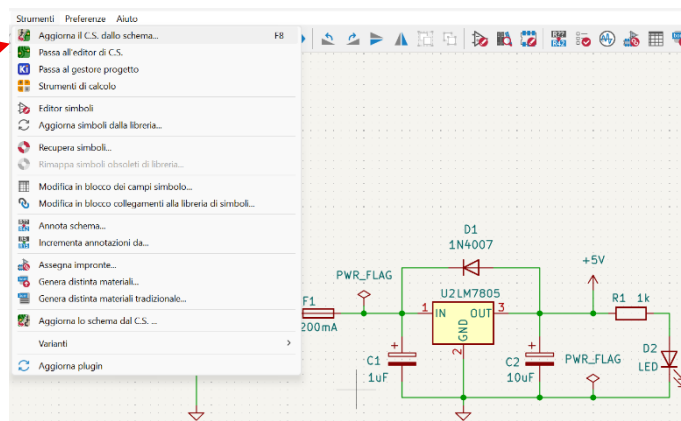
Nel nostro caso ad esempio ci viene indicato ad esempio che il pin 1 del circuito integrato LM7805 è un ingresso che non è collegato a nessuna uscita, così come negli altri due casi indicati.

Questo perché il pin di ingresso del 7805 è configurato come "**Ingresso Potenza**" (Power Input) e KiCad si aspetta che, da qualche parte nel circuito, ci sia un componente configurato come "**Uscita Potenza**" (Power Output, solitamente un simbolo di alimentazione o un connettore specifico).

Questi errori possono anche non essere corretti in quanto non influenzano la realizzazione del circuito stampato, ma volendo farli sparire è sufficiente inserire un PWR_FLAG sui terminali dove viene rilevato l'errore in modo da indicare a KiCad che quel pin viene comunque alimentato.



Una volta risolti gli errori ed i warning, o dopo aver considerato che possono rimanere come nel nostro caso, è possibile passare alla realizzazione del circuito stampato con il comando "**Aggiorna CS dallo schema**" disponibile sul menù **Strumenti**.



Per la realizzazione del circuito stampato, seguiamo la seconda parte del tutorial di seguito riportata.

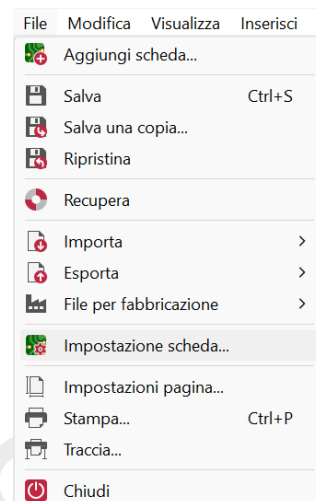
REALIZZAZIONE PCB CON KICAD

Manuale al link: <https://docs.kicad.org/9.0/it/>

La prima operazione da effettuare è quella di impostare le caratteristiche della scheda da realizzare, mediante il pulsante IMPOSTAZIONI SCHEDA presente nel menù FILE.

In questa sezione sarà possibile impostare il numero di layer, le regole di progettazione del PCB ed altre caratteristiche.

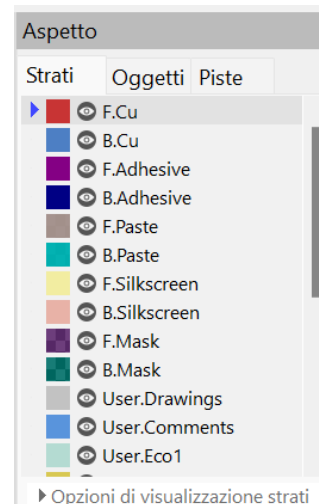
Nel nostro caso limitiamoci ad impostare il numero di Layer a 2, pertanto andremo a modificare solo questa sezione.



I layer sono suddivisi in Front (F) e Bottom (B) i layer presenti sono i seguenti:

- F.Cu Lato superiore di rame, dove si posizionano i componenti normali e SMD
- B.Cu Lato inferiore di rame
- F.Mask Maschera di saldatura lato superiore
- B.Mask Maschera di saldatura lato inferiore
- F.Silkscreen Testo riferimento e contorni componenti lato superiore
- B.Silkscreen Testo riferimento e contorni componenti lato inferiore
- F.Adhesive Lato superiore per il deposito materiale adesivo per i componenti SMD
- B.Adhesive Lato inferiore per il deposito materiale adesivo per i componenti SMD
- F.Paste Lato superiore per il deposito di pasta saldante
- B.Paste Lato inferiore per il deposito di pasta saldante
- F.Fab Lato con dimensioni reali del componente, usato nel montaggio pick&place
- B.Fab Lato con dimensioni reali del componente, usato nel montaggio pick&place
- F.Courtyard Lato con le aree minime di ingombro dei componenti, usato dal DRC
- B.Courtyard Lato con le aree minime di ingombro dei componenti, usato dal DRC
- Edge.Cuts Contorno della scheda
- Margin Margine di sicurezza dal bordo, zona da non usare per rame e componenti
- User.Drawings Disegni e annotazioni personali
- User.Comments Note e testi che non influiscono sulla produzione della scheda
- User.Eco1
- User.Eco2
- User.1, User.2, User.3, User.4. Layer aggiuntivi

I layer possono comunque essere resi visibili o invisibili tramite il menù ASPETTO presente a destra.



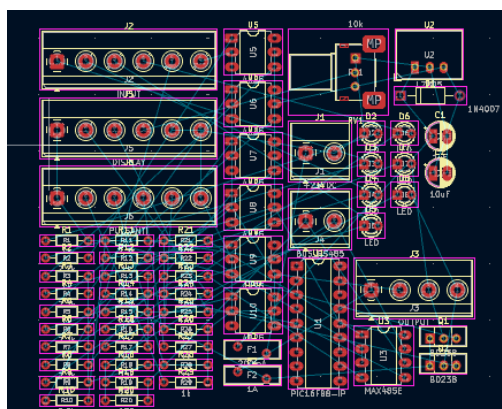
La prima operazione dopo aver inserito i vari footprint nello schema elettrico, è quella di passare all'editor PCB ed importare i footprint mediante il comando:

STRUMENTI – AGGIORNA C.S. DALLO SCHEMA

Strumenti Preferenze Aiuto
 Aggiorna il C.S. dallo schema... F8

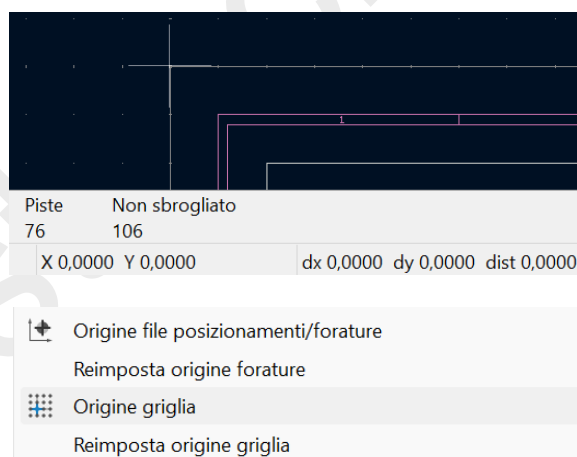
Se i footprint sono stati impostati correttamente troveremo i vari componenti presenti sull'editor. Si possono vedere tra i componenti i vari elastici di collegamento tra i pin che rappresentano i NET cioè i collegamenti fisici da realizzare tra i vari pin.

In figura è riportato un esempio differente da quello visto precedentemente.



1 Fase - ORIGINE DEGLI ASSI

L'origine degli assi di default è sull'angolo del riquadro in alto a sinistra, posizionando il cursore sopra a quel punto infatti leggeremo in basso le coordinate X=0, Y=0.



Potrebbe essere utile invece avere l'origine in basso a sinistra dove disegneremo poi l'ingombro della scheda. Per fare questo dobbiamo cliccare sul comando ORIGINE GRIGLIA, presente sulla voce del menù INSERISCI, scegliendo poi un punto in basso a sinistra all'interno del foglio di lavoro.

La stessa operazione la dobbiamo fare con ORIGINE FILE POSIZIONAMENTI/FORATURE, sempre presente sotto la voce INSERISCI.

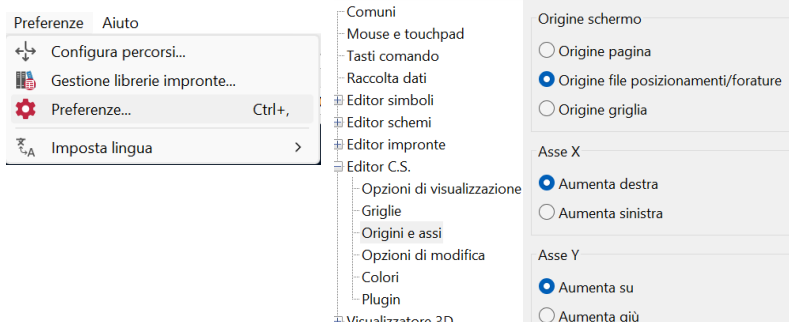
Le due origini rappresentano quanto segue:

- **ORIGINE GRIGLIA**
- **ORIGINR FILE POSIZIONAMENTI/FORATURE**

L'origine di riferimento nel mio foglio di lavoro.

L'origine del sistema cartesiano per il file Gerber che verrà generato ed inviato in produzione

Successivamente per attivare queste nuove origini occorre andare nel menù preferenze ed impostare l'origine schermo come in figura, inoltre è consigliabile mettere AUMENTA SU sull'asse Y, in modo che le coordinate incrementeranno andando in alto col cursore.



2 Fase - DISEGNO INGOMBRO SCHEDA

L'ingombro della scheda rappresenta la sua forma e dimensione reale, quello che verrà tagliato dalla fresa una volta prodotto il circuito stampato. Per disegnarlo eseguire le seguenti operazioni:

- Sul menù dei Layer a destra selezionare il Layer EDGE CUTS.
- Disegnare il rettangolo o la forma che si desidera con uno strumento di disegno come ad esempio il rettangolo.
- Disegnare il quadrato con la dimensione scelta.

Le dimensioni standard dei PCB sono le seguenti:

Misure inglesi

- 18x24" (457x610 mm)
- 18x12"
- 9x24"
- 9x12"
- 20x20" (508x508 mm)
- 21x24" (533x610 mm)
- 24x24" (610x610 mm)

Misure europee

- Standard Eurocard singolo 100x160 mm
- Standard Eurocard doppio 233,4x160 mm
- Standar Eurocard mezzo 80x100 mm

Una volta disegnato l'ingombro della scheda posso selezionarlo e col pulsante destro accedere alle funzioni di modifica tramite il comando FORMA MODIFICHE.

Lo spessore in questa fase non ha importanza, ma a titolo informativo lo standard di spessore più comune per i PCB è di 1,6mm. In base alle necessità come leggerezza, robustezza o numero di strati, esistono altri spessori disponibili che vanno da 0,4 a 3mm.

3 Fase - INSERIMENTO DEI FORI DI FISSAGGIO

I fori di collegamento sono disponibili nel menù footprint, pertanto andiamo nel menù di scelta ed inserimento dei footprints, con INSERISCI-PLACE FOOTPRINTS

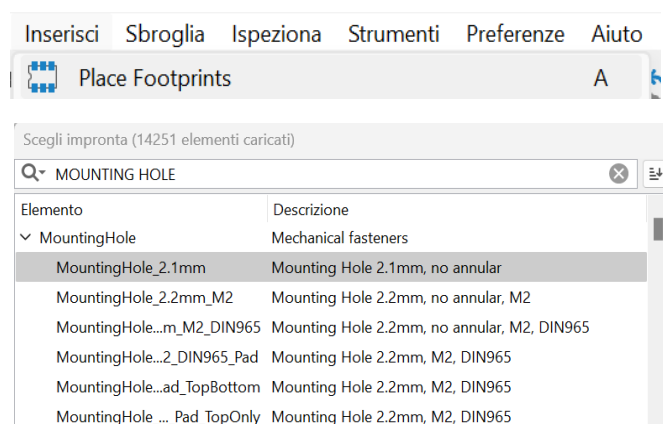
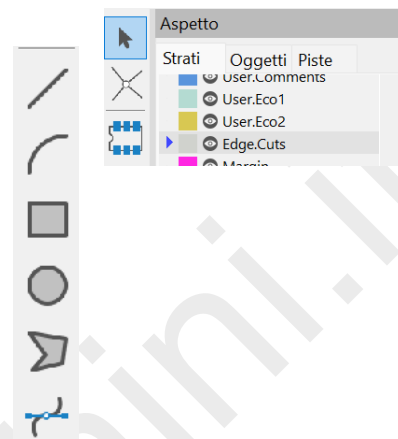
Occorre poi cercare i fori di fissaggio mettendo sul filtro di ricerca la parola MOUNTING HOLE, appariranno diverse tipologie di fori di fissaggio.

Per ogni foro viene indicato il diametro e la tipologia:

- *MountingHole* *foro non metallizzato*
- *MountingHole_PAD* *foro con PAD metallico*
- *MountingHole_PAD_VIA* *foro con PAD metallico con VIA di collegamento su entrambi i lati.*

Il PAD rappresenta una parte di rame intorno al foro che in genere viene collegata alla GND del circuito per fare in modo che il contenitore stesso tramite la vite di fissaggio sia connesso alla GND.

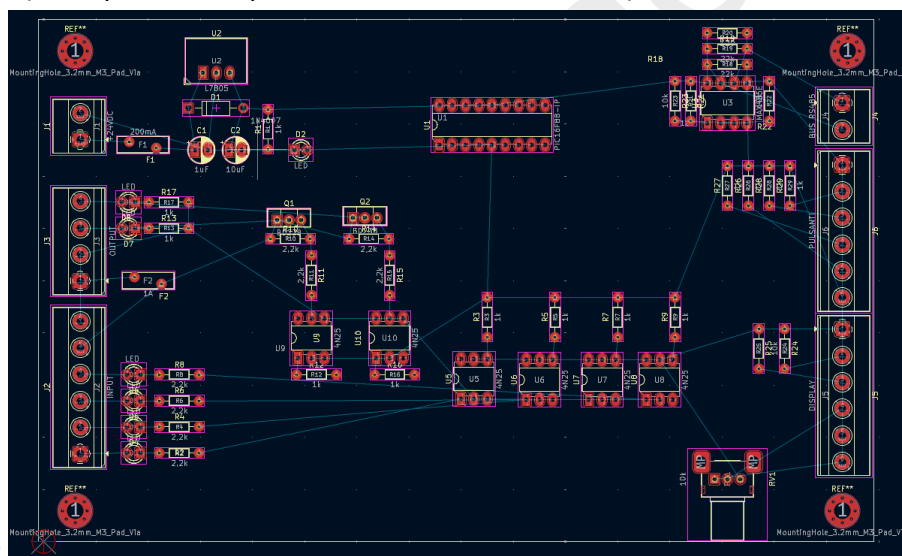
La VIA di collegamento rappresenta una metallizzazione interna al foro che connette i PAD presenti su entrambi i lati della scheda.



4 Fase - POSIZIONAMENTO DEI COMPONENTI

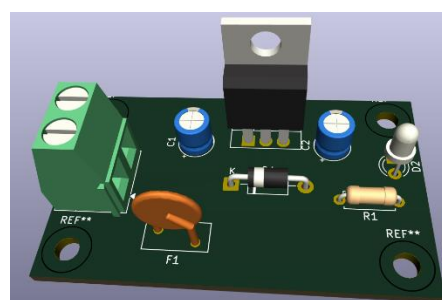
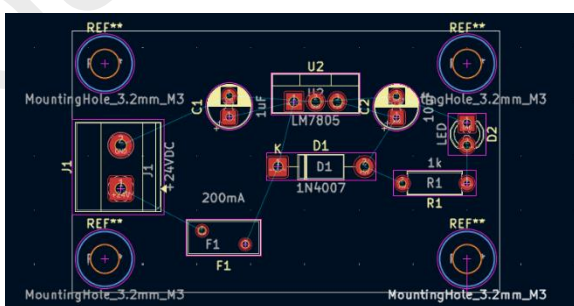
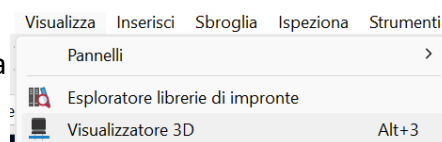
I componenti andranno spostati all'interno dell'ingombro considerando la tipologia di componente, pertanto occorre cercare di rispettare sempre le seguenti regole:

- Posiziona prima i fori di fissaggio.
- Posiziona i connettori all'esterno della scheda.
- Dividi la scheda in aree: alimentazione, segnali digitali, analogici, RF In/Out e posiziona i relativi componenti nelle varie aree.
- I componenti analogici sensibili vanno lontano da quelli di potenza o da digitali ad alta velocità, per evitare interferenze.
- Tranne particolari necessità i connettori vanno disposti ai bordi.
- I dispositivi che necessitano di dissipatori di calore vanno disposti considerando la presenza del dissipatore e soprattutto non vanno posizionati vicino ad altri dispositivi sensibili al calore.
- Ridurre la lunghezza delle tracce critiche posizionando i componenti in modo che le tracce di alimentazione o quelle che portano segnali a frequenze alte non facciano percorsi lunghi.
- Posizionare i condensatori di accoppiamento vicino ai circuiti integrati.
- I componenti simili vanno orientati nella stessa direzione.
- Mantenere una spaziatura adeguata tra i componenti e tra i componenti ed il bordo.
- Prevedi dei test point per le operazioni di debug, ad esempio un test point dove connettere la GND di un'eventuale sonda di oscilloscopio o dei test point per visualizzare determinati segnali utili per le fasi di ricerca guasti (i test point sono presenti nella libreria simboli).



In figura è riportato un esempio differente da quello visto precedentemente, di seguito i componenti dell'esempio del tutorial differente.

Scegliendo **visualizza 3D** sul menù **VISUALIZZA** abbiamo la visualizzazione della scheda e dei componenti.



5 Fase – NETCLASS Regole di sbroglio

Le NETCLASS sono un insieme di regole da applicare al PCB in riferimento alla realizzazione delle piste di collegamento e dei PAD. Nel menù di impostazione scheda è possibile definire più profili di netclass, in modo da utilizzare le stesse regole per tipologie di collegamenti differenti, es. regole per le alimentazioni, regole per segnali logici ecc...



Si possono aggiungere le NETCLASS mediante il pulsante +, e successivamente i campi che dovremo impostare sono i seguenti:

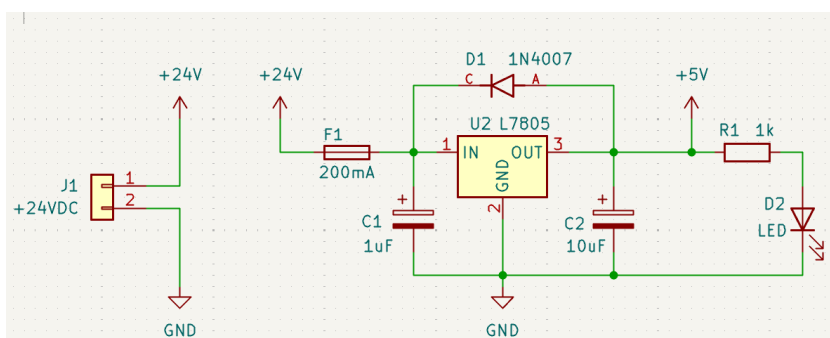
- Distanza: Spazio minimo tra piste o pad appartenenti a net diverse.
- Larghezza piste: Larghezza della traccia di rame.
- Dimensioni via: Diametro esterno totale del via (rame incluso).
- Foro via: Diametro del foro interno del via.
- Dimensione uVia: Diametro esterno del microvia (la microvia sono delle via piccole per collegare layer vicini).
- Foro uVia: Foro del microvia.
- Larghezza CD: Larghezza delle due piste di una coppia differenziale (es. USB, RS-485, CAN, Ethernet).
- Spazio CD: Distanza tra le due piste della coppia differenziale.

6 Fase - SBROGLIO – Realizzazione delle piste per il collegamento dei componenti

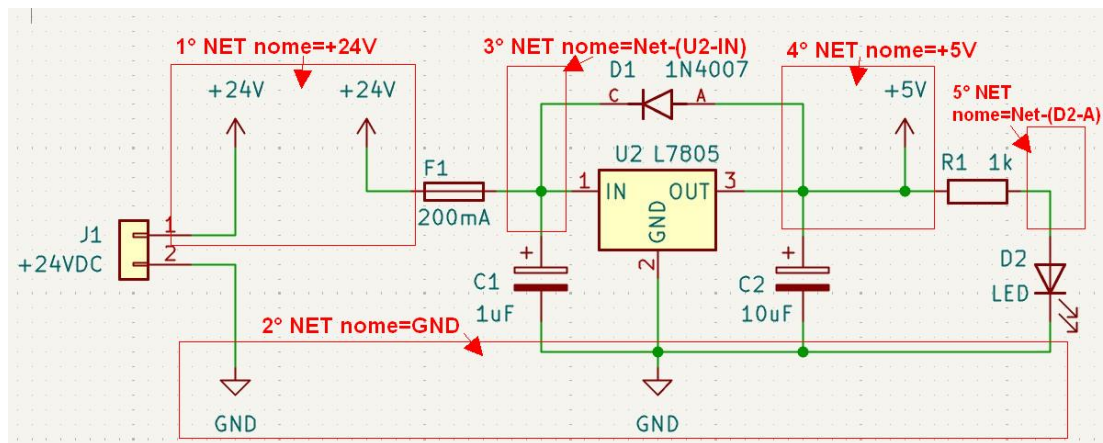
Lo sbroglio del circuito è la fase in cui vengono realizzati i collegamenti tra i pin dei vari componenti. Questa fase è fortemente dipendente dal corretto posizionamento descritto in precedenza.

Durante lo sbroglio il software ci viene in aiuto mostrandoci sempre gli “elastici di collegamento” che rappresentano le varie NET.

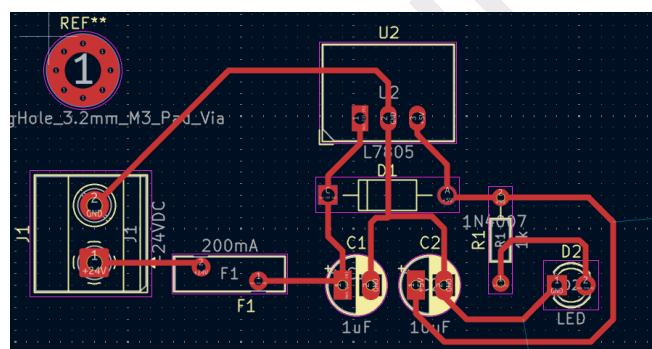
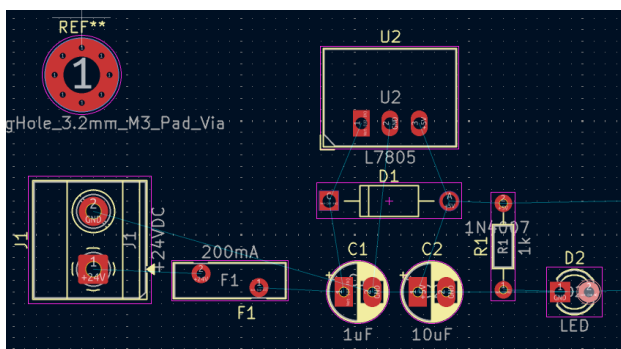
Per meglio comprendere il significato di NET, andiamo ad analizzare il caso del circuito visto precedentemente. Analizziamo ad esempio solamente la parte di alimentazione presente nello schema che è lo stesso circuito visto nel primo tutorial.



I collegamenti (NET) in questa parte di circuito sono 5:

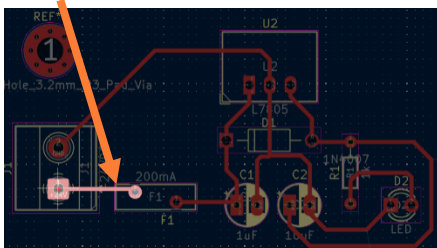


La parte di PCB relativa allo schema sopra è la seguente, a sinistra un possibile sbroglio:

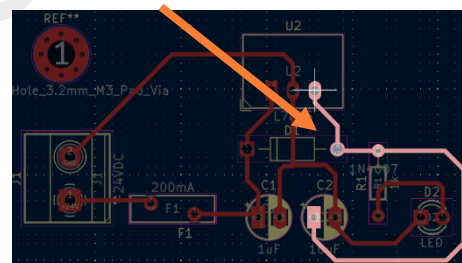


I vari elastici rappresentano i NET che, come visto sopra, sono 5.

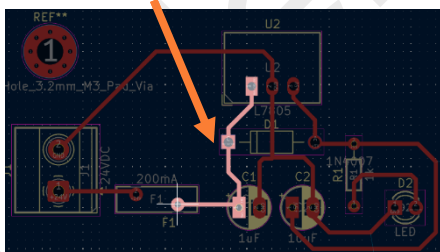
1° NET nome = +24V



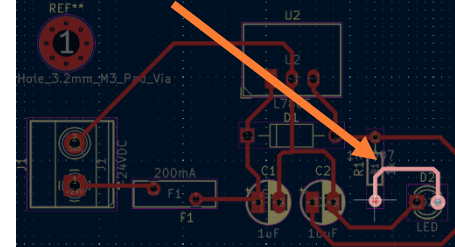
4° NET nome = +5V



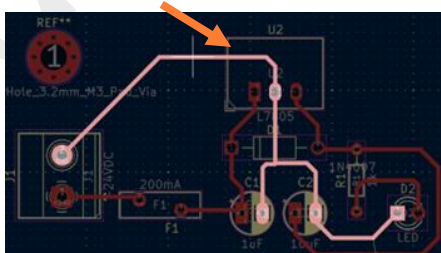
2° NET nome = Net-(U1-IN)



5° NET nome = Net-(U1-IN)

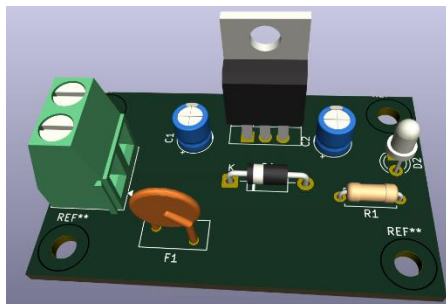
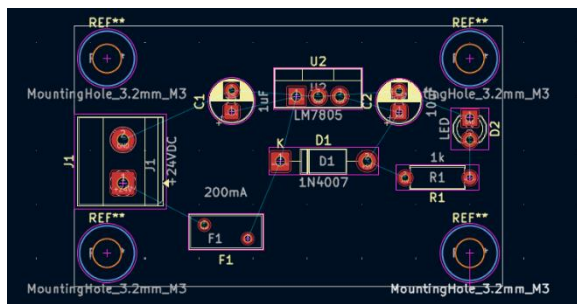


3° NET nome = GND



REGOLE PER IL DISEGNO DELLE PISTE

Per semplificare la spiegazione andiamo ora a considerare uno schema semplificato come quello descritto nel primo tutorial.



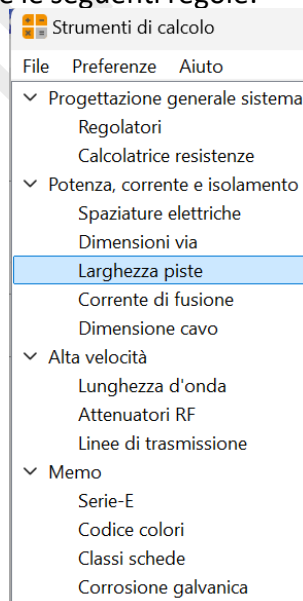
Una volta posizionati i componenti il disegno delle piste (sbroglio del circuito) deve rispettare le seguenti regole:

- **Larghezza delle piste adeguata.** Tra gli **strumenti di calcolo** di Kicad, disponibili nella finestra principale, c'è quello che consente di dimensionare la larghezza di una pista conoscendo la corrente che la attraversa e l'aumento di temperatura massimo ammissibile. Ad esempio per una pista lunga 50mm su cui scorre una corrente di 1Ampere, con lo spessore di rame di 35μm, volendo avere un aumento massimo di temperatura di 5°C, è sufficiente realizzare una pista di 0,5mm.

Parametri			Piste strati esterni		
Corrente (I):	1	A	Larghezza pista (W):	0,457483	mm
Incremento temperatura (ΔT):	5	°C	Spessore pista (H):	35	μm
Lunghezza conduttore:	50	mm	Area sezione trasversale:	0,0160119	mm ²
Resistività rame:	1,72e-08	Ω·m	Resistenza:	0,0537101	Ω
			Caduta di tensione:	0,0537101	V

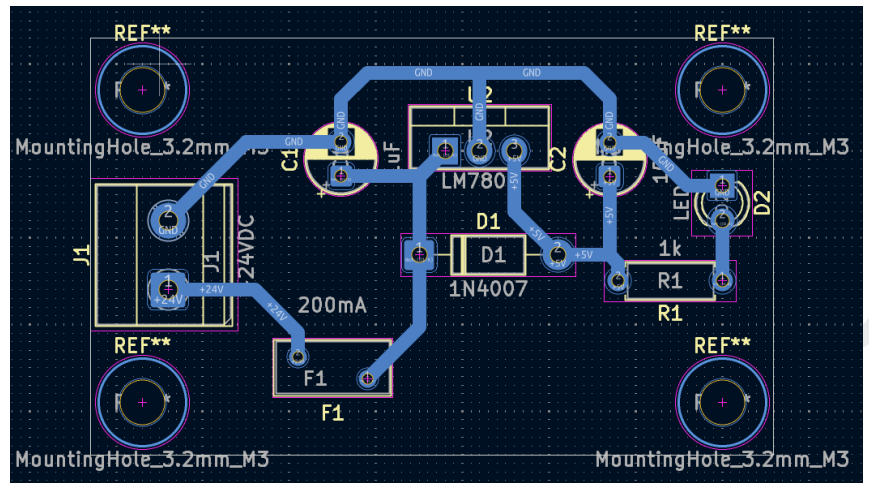
Tra gli strumenti ci sono anche quelli per calcolare lo spazio tra le piste o le dimensioni dei VIA passanti (fori metallizzati per passare da un layer all'altro). Generalmente per circuiti digitali le piste che portano i segnali possono essere di 0,3mm e quelle che portano l'alimentazione 0,8-1,0mm.

- **Spaziatura delle piste adeguata (Clearance).** Per ridurre l'effetto di capacità parassita che si crea tra piste parallele o vicine, è opportuno mantenere una distanza adeguata tra le piste, in genere per circuiti digitali che non lavorano a frequenze elevate è sufficiente una distanza minima di 0,2mm.
- **Uguale lunghezza nelle piste dei bus di comunicazione.** Se si lavora a frequenze elevate, i bus di collegamento che portano dei segnali che devono essere sincronizzati tra di loro, devono avere le piste della stessa lunghezza. Ad esempio l'I2C bus che porta il segnale Dati SDA ed il Clock SCL, dovrebbe avere le piste dei due segnali uguali tra di loro in modo che i segnali siano maggiormente sincronizzati tra di loro.
- **Evitare angoli a 90°.** Per ridurre il possibile riscaldamento della parte di rame sulla punta dell'angolo di una pista a 90° o per ridurre le capacità parassite, è opportuno evitare piste con angoli acuti e con angoli retti. L'angolo deve essere di 45°. Per gli stessi motivi vanno evitati anche gli angoli acuti interni. Anche se per la maggior parte dei circuiti a bassa frequenza e con basse correnti non ci sarebbero comunque problemi bisogna abituarsi a rispettare la seguente regola.
Evitare angoli retti e acuti per prevenire criticità termiche, capacità parassite e difetti di incisione. È opportuno utilizzare angoli a 45° o raccordi arrotondati, evitando categoricamente anche qualsiasi angolo interno acuto, che rappresenterebbe un punto di concentrazione di stress meccanico e instabilità elettrica.



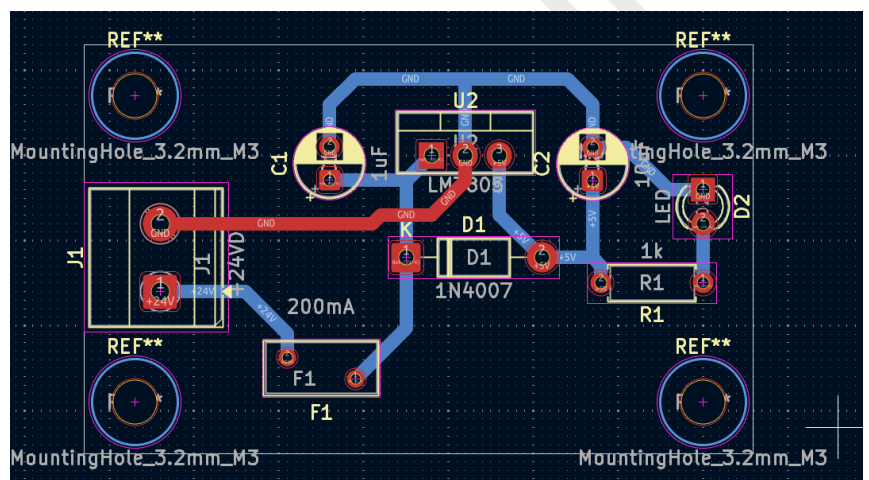
Alla luce di quanto sopra detto il circuito potrebbe essere sbrogliato nel seguente modo.

In questo caso lo sbroglio è avvenuto utilizzando un unico lato, il lato B.Cu Bottom Side.

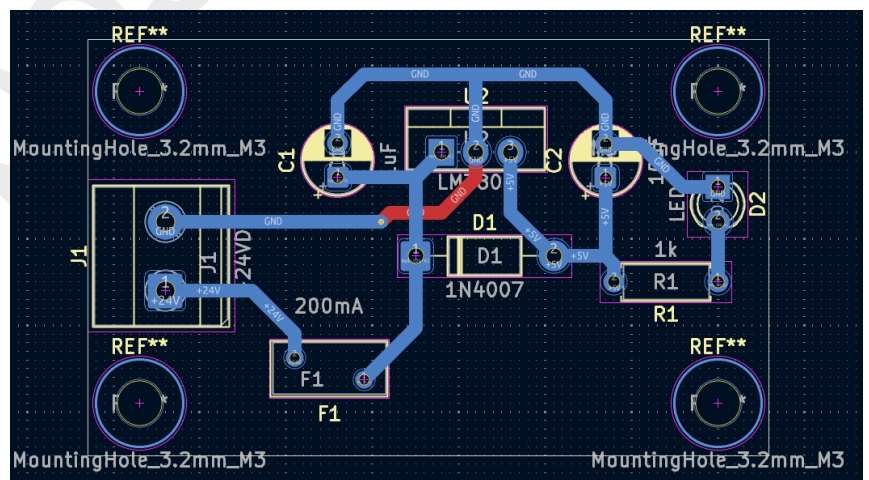


In questo caso lo sbroglio è avvenuto utilizzando anche il lato rosso F.Cu insieme al lato B.Cu.

Ovviamente l'utilizzo del Layer rosso in questo caso è del tutto inutile.



Anche in questo caso lo sbroglio è avvenuto utilizzando anche il lato rosso F.Cu insieme al lato B.Cu, ma la pista che prima era interamente nel Layer rosso in questo caso è partita dal layer Blu per poi passare al rosso tramite una VIA (foro metallizzato passante tra i due lati).

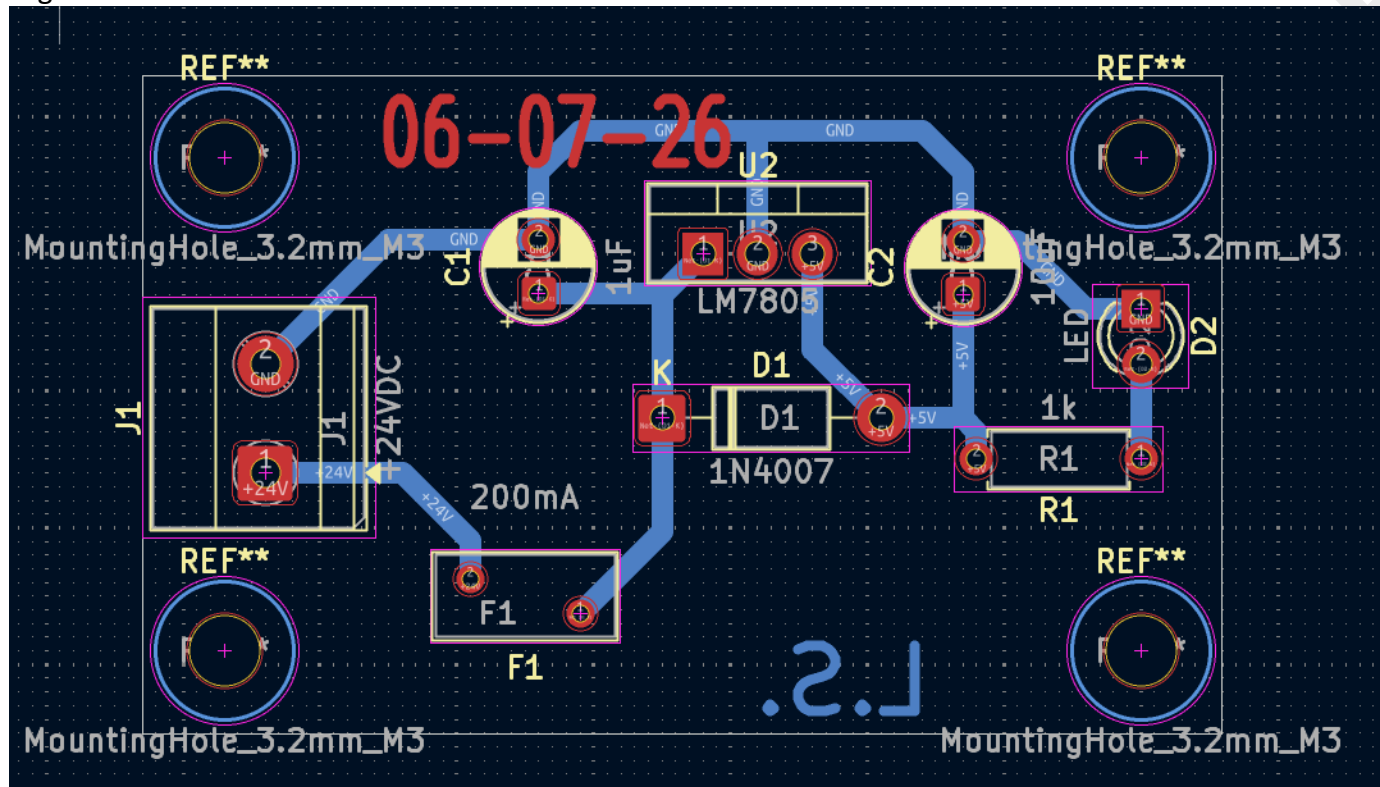


Il consiglio è comunque quello di realizzare per quanto possibile tutte le piste sul Layer Blu B.Cu, e realizzare le piste di collegamento sul Layer rosso solo quando necessario.

7 Fase – INSERIMENTO DI SCRITTE

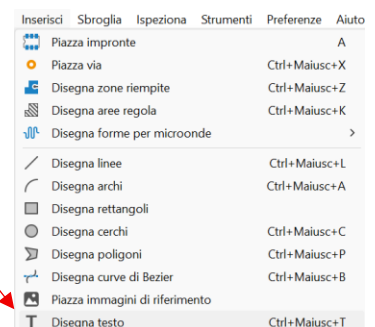
Nei layer F.Silkscreen e B.Silkscreen si possono inserire delle scritte oltre a quelle già presenti ed al disegno degli ingombri dei componenti. Se si decide di stampare sulla scheda queste scritte, è opportuno spostarle adeguatamente in modo che non siano sovrapposte o illeggibili.

Se invece non si stampa il Silkscreen, si potrebbero anche realizzare delle scritte utilizzando il rame della scheda. Ad esempio l'indicazione L.S. (Lato saldatura) o la data di costruzione si potrebbero inserire nel seguente modo.

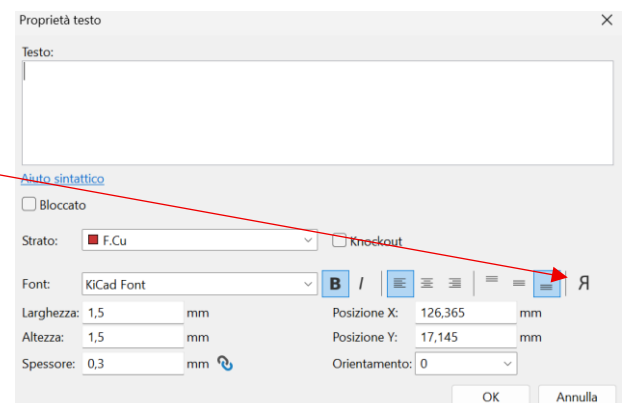


Come si può notare la scritta L.S. è specchiata perché realizzata nel lato Bottom, invece la data verrà realizzata nel lato Front perciò non viene specchiata.

Per inserire le scritte occorre utilizzare il comando **DISEGNA TESTO** sul menù **INSERISCI**.



Con la finestra successiva si possono impostare tutte le caratteristiche della scritta, come lo spessore del tratto, le dimensioni del carattere ed il fatto che sia specchiata o meno.



8 Fase – REALIZZAZIONE DEL PIANO DI MASSA

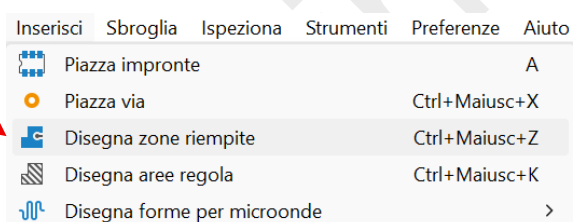
Il **piano di massa** (Ground Plane) è un'area estesa di rame, solitamente collegata al potenziale di riferimento del circuito (GND), che copre gran parte o l'intera superficie di uno strato del PCB.

La realizzazione di un piano di massa offre i seguenti vantaggi:

- **Percorso di Ritorno a Bassa Impedenza:** La corrente elettrica cerca sempre la strada che offre la minima impedenza. Un piano solido offre un percorso di ritorno brevissimo per le correnti di segnale, riducendo l'area dei loop (anelli di corrente), il che minimizza le emissioni elettromagnetiche (EMI).
- **Schermatura:** Il piano di massa agisce come una barriera fisica che aiuta a proteggere i segnali sensibili (analogici) dal rumore generato da componenti digitali ad alta velocità o sorgenti esterne.
- **Gestione Termica:** Essendo un'ampia distesa di rame, aiuta a dissipare il calore generato dai componenti montati sulla scheda, distribuendolo su una superficie maggiore.

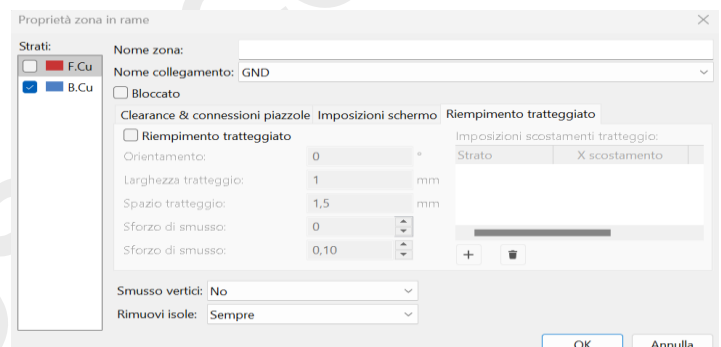
Il piano di massa viene realizzato al termine di tutto il procedimento di sbroglio e di inserimento delle scritte.

Per realizzarlo bisogna utilizzare lo strumento **DISEGNA ZONE** **RIEMPITE** disponibile sul menù **INSERISCI**.



Nella finestra che si aprirà occorre indicare in quale Layer vogliamo realizzarlo (si possono anche selezionare entrambi i Layer) ed a quale NET collegarlo, in genere si collega alla GND.

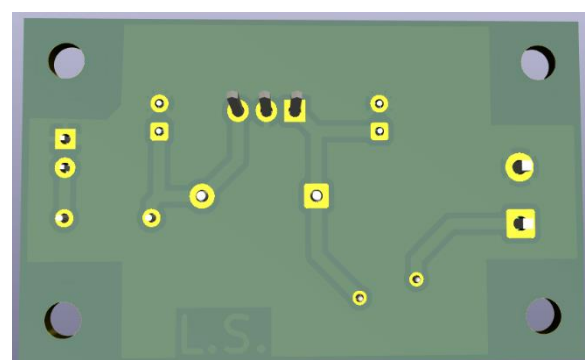
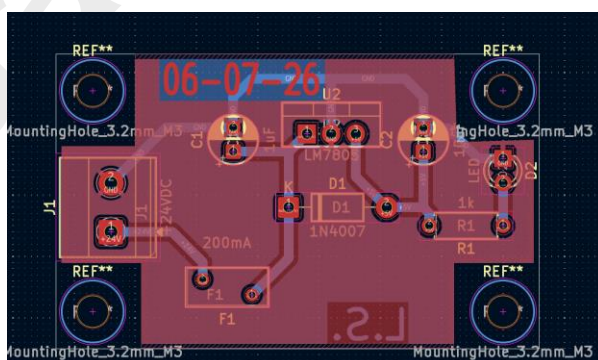
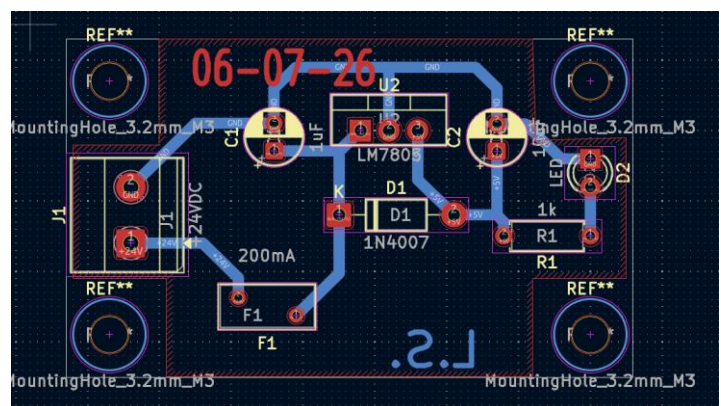
Cliccando su Clearance, posso inoltre impostare la distanza del piano di massa dalle piste.



Successivamente con il cursore si disegna l'area chiusa dove verrà poi realizzato il piano di massa. In genere i fori di fissaggio vengono lasciati fuori dal piano di massa.

Al termine nel menù **MODIFICA** c'è il comando **RIEMPI TUTTE LE ZONE** che disegnerà il piano di massa, si può utilizzare anche il tasto B.

Per svuotare le zone sempre in **MODIFICA** c'è l'apposito comando, anche in questo caso si può utilizzare la scorciatoia **CTRL+B**.

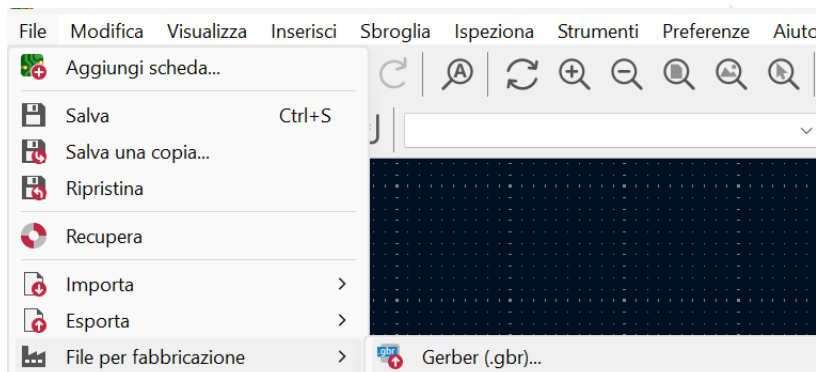


9 Fase – CREAZIONE FILE GERBER

Prima di passare alla creazione dei file Gerber che verranno utilizzati per la produzione, nel menù ISPEZIONA c'è il comando DRC (Design Rules Check) per verificare il rispetto delle regole impostate, anche in questo caso ci sarà un report dettagliato con le indicazioni dei punti in cui viene rilevato il problema.

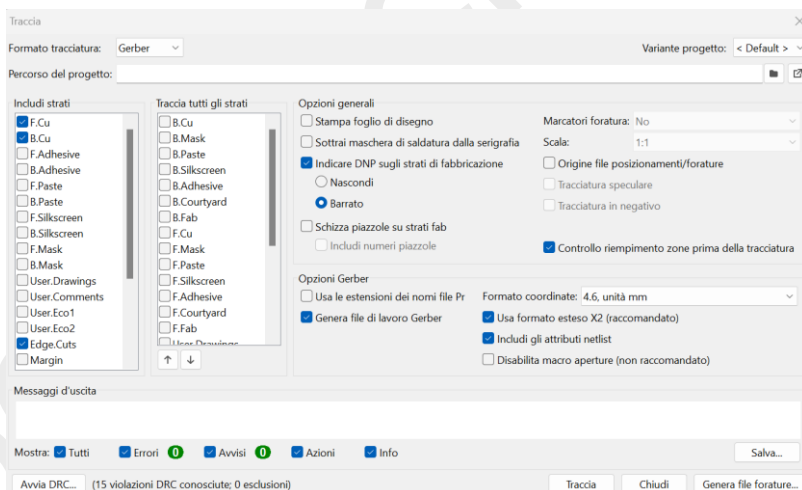
L'ultimo passaggio è quello di creare il file Gerber che verrà poi utilizzato da chi realizzerà il circuito stampato.

Sul menù FILE, si seleziona il sotto menù FILE PER FABBRICAZIONE e successivamente GERBER.



A questo punto si selezionano i Layer da realizzare, nel nostro caso F.Cu e B.Cu insieme al Layer EDGE CUTS.

Prima di generare i file scegliere la cartella dove salvarli sulla riga PERCORSO DEL PROGETTO in alto, poi cliccare sul pulsante GENERA FILE FORATURE in basso a destra, confermando alla finestra successiva. Al termine cliccare sul pulsante TRACCIA.



I file generati nella cartella selezionata andranno compressi ed inviati al costruttore.

Prima di farlo è sempre opportuno aprire tutti i file gerber generati con lo strumento VISUALIZZATORE GERBER presente sulla finestra principale, per controllare ogni singolo file.

Questo tutorial ha fornito le informazioni basilari per la realizzazione di uno schema e del relativo circuito stampato, per approfondire e conoscere le tantissime potenzialità dell'ambiente KICAD si consiglia la lettura di tutta la documentazione a disposizione sul sito.