

Il presente documento, elaborato dal [Consorzio ECOSIGN](#), è concesso in licenza secondo [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](#).

Ecodesign per dispositivi elettronici

UNITA' 11: CAD per dispositivi elettronici

Autore: Simon Pevec.

- 11.1. CAD per dispositivi elettronici 1
- 11.2. Progettazione di circuiti stampati..... 4
- 11.3. Esempi di utilizzo del programma Altium Designer..... 13

Riassunto capitolo:

- Strumenti CAD
- Utilizzo di strumenti CAD per circuiti stampati
- Strumenti CAD per la modellazione 3D



11.1. CAD per dispositivi elettronici

La progettazione CAD è presente in molte aree industriali. Progettazione CAD significa che utilizziamo gli strumenti delle tecnologie dell'informazione IT nel processo di progettazione. La progettazione CAD comprende hardware, software specifico e dispositivi esterni e interfacce. Il nucleo del design CAD è il pacchetto di programmi che utilizza la grafica per la visualizzazione, diversi datasocket e driver per periferiche. La progettazione CAD non modifica il processo di progettazione, ma lo facilita e accelera in modo significativo. Questi strumenti sono molto efficienti soprattutto nella progettazione di dispositivi che devono essere ecologicamente efficienti. Molti strumenti contengono già elementi che consentono di analizzare e valutare se il design è ecologico. Alcuni strumenti contengono anche datasockets con elementi e materiali che fanno parte del design. L'essenza del design CAD è riassunta nei seguenti punti:

- Precisa presentazione grafica del prodotto. È anche più facile analizzarlo, modificarlo o aggiornarlo. Enables complex design in very short time.
- Consente la simulazione di diversi eventi, come elettrico, chimico, termico e meccanico.
- Con gli strumenti di simulazione, è più facile fornire un approccio ottimale alla progettazione e al prodotto stesso.

I primi strumenti CAD sono stati sviluppati per l'industria spaziale e automobilistica. In seguito, si sono estesi ad altre aree di progettazione, come l'industria elettronica e tessile, l'imballaggio, ecc.

Gli strumenti CAD sono stati pensati originariamente per l'automatizzazione dei processi di progettazione e modellazione di sistemi. I moderni strumenti CAD supportano la maggior parte delle attività in fase di progettazione. Contengono informazioni sulle caratteristiche del prodotto e sui materiali utilizzati. Questi strumenti fungono anche da piattaforma comune per lo scambio di dati tra diversi gruppi di progettazione e team. Possono contenere informazioni sulla produzione e sono spesso denominati strumenti CAD / CAM (produzione assistita da computer). L'immagine 1 presenta il processo di progettazione ordinaria e CAM / CAD. Lo strumento CAD riduce i tempi di progettazione, il che significa che il prodotto sarà disponibile sul mercato in un periodo di tempo più breve e lo sviluppo del prodotto sarà più economico. Gli strumenti CAD consentono inoltre di salvare il processo di progettazione, consentendo un aggiornamento più rapido e semplice della versione iniziale. L'immagine 2 presenta il tempo medio trascorso per la progettazione del prodotto e il suo utilizzo. Più il tempo di progettazione è breve, più lunga è l'utilità del dispositivo sul mercato. Questa condizione è valida solo se il design è eseguito correttamente.



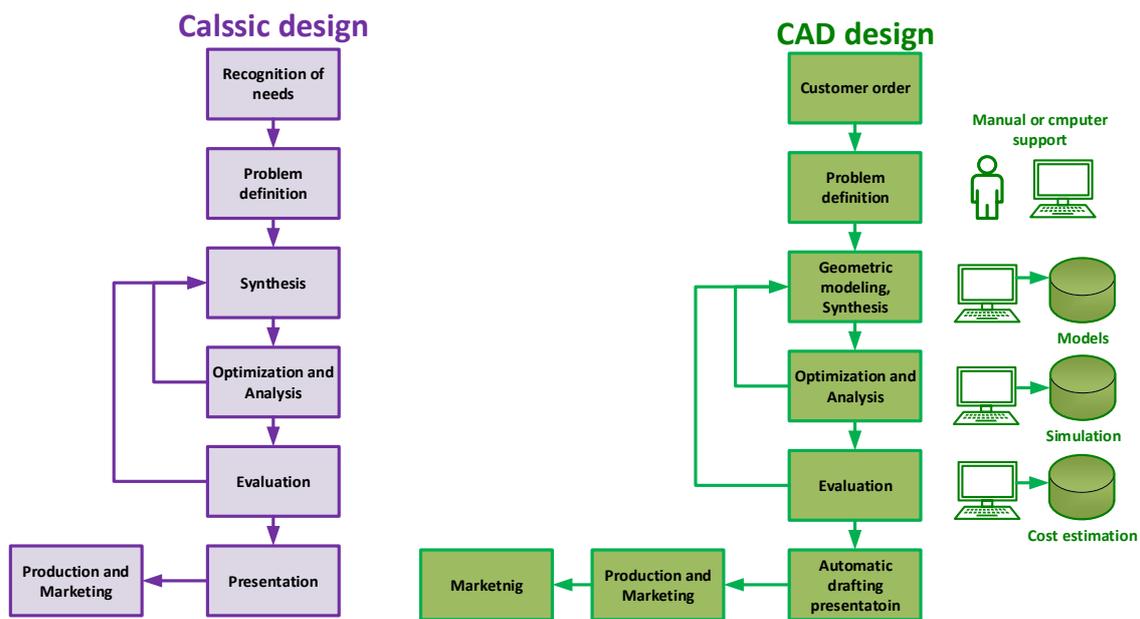


IMMAGINE 1: ESEMPIO DI DESIGN CLASSICO E CAD/CAM.

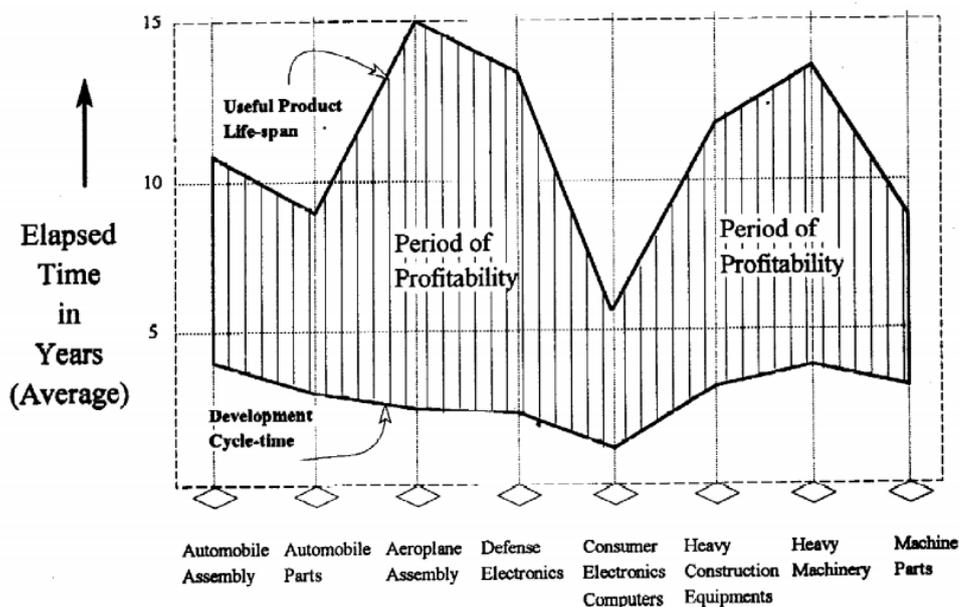


IMMAGINE 2: TEMPO MEDIO DI PROGETTAZIONE E USO DEL PRODOTTO.

Nel prossimo capitolo verranno presentati gli strumenti CAD destinati alla progettazione di dispositivi elettronici.



11.2. Progettazione di circuiti stampati

La progettazione di circuiti stampati PCB è il compito chiave di ogni processo di sviluppo. Il circuito ben progettato e la stampa stessa influenzano la qualità e l'affidabilità del dispositivo. Con il processo di progettazione, si determinano tutti gli elementi e le dimensioni del circuito. Quando si scelgono componenti e dimensioni del materiale stampato, si possono soddisfare molte linee guida ecologiche. Di solito, vengono utilizzati componenti di dimensioni ridotte, consumano meno energia e circuiti di progettazione che richiedono meno spazio. Oggi conosciamo molte tecnologie avanzate che consentono di stampare su più livelli. Questi consentono una superficie del circuito più piccola e di conseguenza un minor consumo di materiale. D'altra parte, la tecnologia di produzione è molto più costosa e utilizza più energia, il che la rende meno eco-compatibile. Quando progettiamo stampati, dobbiamo trovare un compromesso tra gli elementi scelti e le dimensioni del materiale stampato che avrà un impatto ecologico inferiore nella fase di produzione. Oltre a questi aspetti, dobbiamo prendere in considerazione alcune linee guida e regolamenti sulla progettazione di materiale stampato con l'intento di ottenere un'elevata affidabilità e qualità dei materiali stampati e del dispositivo finale.

Gli standard per la progettazione di materiale stampato sono monitorati dall'associazione IPC che gestisce la standardizzazione della produzione di materiale stampato e l'uso del materiale. Il documento principale che riguarda la progettazione dei circuiti stampati è il documento ICP-2221 - Generic Standard on Printed circuit Board Design..

I passaggi standard nella progettazione di materiale stampato sono:

- Specifiche del progetto.
- Progettazione di schemi elettrici.
- Progettazione del circuito.
- Prototipizzazione.
- Analisi.
- Produzione.

Attualmente, ci sono molti strumenti sul mercato che consentono la progettazione di circuiti stampati. Ecco alcuni di quelli più usati:

- **AutoTRAX** (Schema, progettazione PCB con simulatore Spice integrato)
- **Advanced Design System** (destinato all'elettronica RF: telefoni cellulari, rete WiFi, comunicazione satellitare, radar, circuito VF - simulatori VF)
- **Eagle** (Schema, progettazione PCB, versione gratuita disponibile per progetti più piccoli, ambiente accademico, visualizzazione 3D, ecc.).
- **Altium designer** (schemi, PCB, supporto per FPGA - Field Programmable Gate Array, con opzione di programmazione, visualizzazione 3D)
- **OrCAD tools** (Schemi, PCB)



- **CADSTAR** (Schema, diagrammi, PCB, versione gratuita disponibile con funzioni di base CADSTAR Express)
- **KICAD** (ambiente a codice aperto, schema, PCB e visualizzazione 3D)

11.2.1 Progettare schemi elettronici

Quando si progettano schemi elettronici, è importante che lo schema sia organizzato e che vi siano relazioni logiche. Un buon schema è anche progettato in modo molto simile al materiale che verrà stampato. Ad esempio, se si vuole posizionare un condensatore vicino a un determinato componente elettronico, lo si disegna anche nello schema vicino al simbolo o al componente. Ci atterremo alla regola non scritta che tutti gli input sono sulla sinistra e tutti gli output sul lato destro dello schema. Se necessario, utilizzeremo anche commenti e note. Nei circuiti complessi, definiremo le aree dello schema in modo da migliorarne la visibilità. Tutte le aree insieme costituiscono lo schema completo del dispositivo. Le aree sono solo sezioni di schema virtuali che arrotondano le parti dei circuiti. Ad esempio, disegniamo la parte dell'alimentatore separatamente o su una certa area dello schema. La parte di controllo è anche progettata sulla propria area, ecc. L'immagine 3 presenta lo schema classico per la progettazione di circuiti stampati.

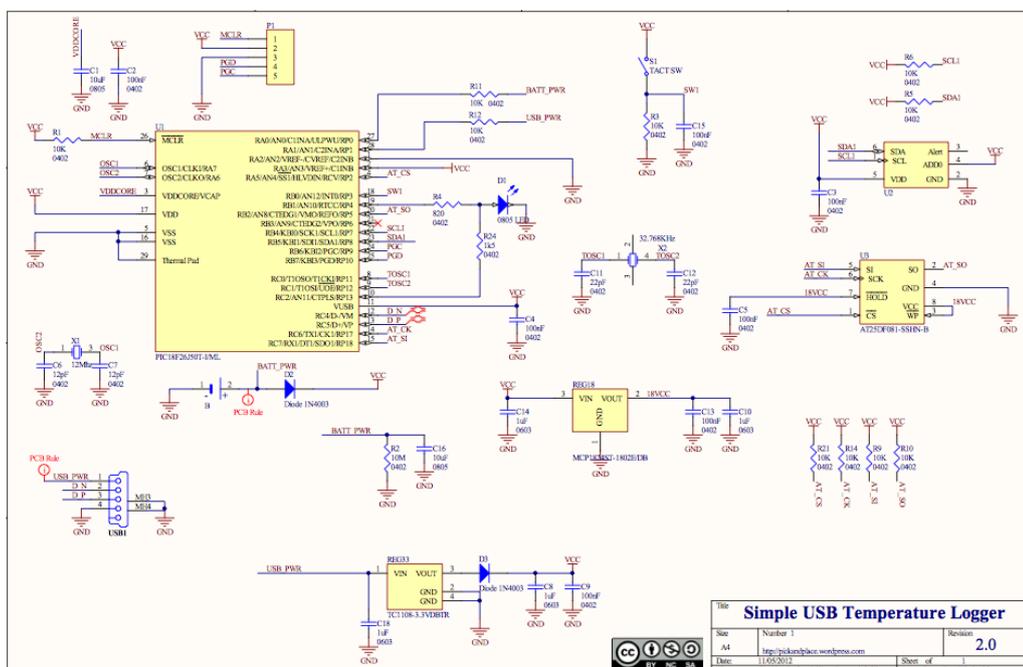


IMMAGINE 3: SCHEMA PER LA PROGETTAZIONE DI UNA SCHEDA DEL CIRCUITO STAMPATO.



11.2.2 Progettazione di circuiti stampati

Altrettanto importante è fare lo schema per il passo successivo nella produzione di materiale stampato. La progettazione dei circuiti stampati consiste nella disposizione degli elementi e nelle connessioni tra di essi. Con la produzione di stampati, determiniamo l'aspetto finale degli stampati. Nella produzione, è molto importante utilizzare le librerie di elementi. In questi, possiamo trovare le caratteristiche e le dimensioni dell'elemento, nonché i nomi dei morsetti collegati. Nella produzione di materiale stampato dobbiamo considerare le seguenti regole:

- Scelta del materiale stampato (materiale, larghezza).
 - Numero di strati di materiale stampato.
 - Disposizione dei livelli.
 - Disposizione dei circuiti su stampati.
 - Considerazione degli impatti parassiti.
- La disposizione dei componenti su stampati.

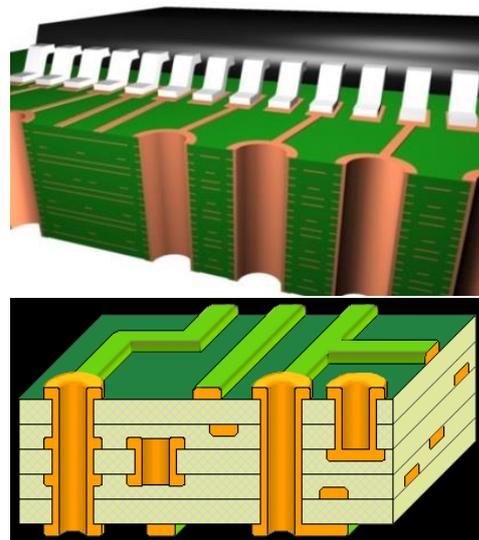


IMMAGINE 4: CIRCUITI STAMPATI - PCB.

Nella produzione di circuiti stampati, spesso si incontrano sistemi metrici diversi. I componenti elettronici di solito hanno dimensioni e disposizione di piedini di collegamento presentati in unità di pollice. In Europa, vengono utilizzate più spesso le unità metriche. L'unità in pollici viene utilizzata per le dimensioni di connessioni, connettori in rame e pad. Le unità metriche vengono utilizzate per determinare la dimensione del foro, le dimensioni del materiale stampato e le dimensioni dell'alloggiamento del circuito.

Linee di rame

Lo spessore della linea di rame viene scelto in base alle esigenze elettriche e allo spazio stampato. Le linee più spesse danno risposte più veloci e risultati migliori. Linee



più larghe e più spesse hanno una resistenza inferiore e una lunghezza più corta, la loro produzione è più facile ed economica, sono più facili da riparare ed esaminare. Quando si sceglie il produttore di circuiti stampati, è necessario sapere quali sono le linee più vicine e le distanze più piccole che il produttore può ancora fornire.

Ad esempio, offrire 10/8 significa che i barattoli delle linee possono essere di almeno 10 mil di larghezza e la distanza tra loro può essere di almeno 8 mil. Le offerte tipiche sono 10/10 o 8/8. Generalmente, gli stampati con 12/12 possono essere prodotti da quasi tutti i produttori. Lo standard IPC consiglia il limite più basso fino a 4/4. Distanze più piccole possono significare che i costi di produzione di materiale stampato sono significativamente più alti. Un esempio di buona pratica dell'uso di una linea più ampia e del suo restringimento nei punti in cui è necessario è presentato nell'immagine 5. In questo modo, possiamo mantenere un'impedenza totale inferiore.

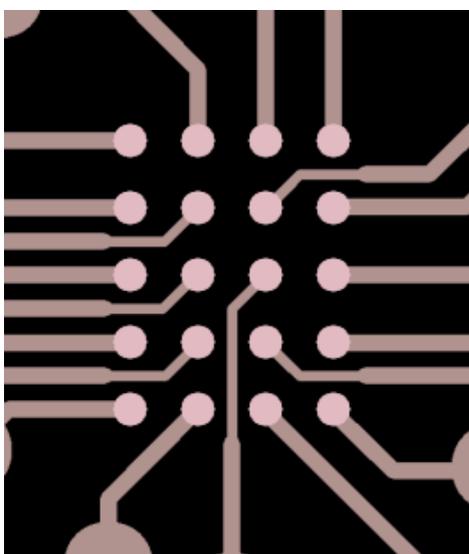


IMMAGINE 5: ESEMPIO DI LINEA STRETTA .

La larghezza e la lunghezza del filo sono determinate dalla corrente elettrica e dalla frequenza del segnale elettrico. Per correnti più elevate, si consiglia di utilizzare come linee spesse il più possibile. Linee più strette hanno una maggiore resistenza, che causa perdite e riscaldamento indesiderato dei conduttori. La seguente tabella 1 presenta la larghezza della linea consigliata in base alla corrente con un aumento di temperatura di 10 ° C.

Corrente [A]	Larghezza linea preferita (mil) 1mil=0.0254mm	
	1oz larghezza (µm)	2oz larghezza (µm)
1	350	175
2	1050	525
3	1750	875
4	2800	1400
5	3850	1925
6	5250	2625
7	6300	3150
8	7700	3850



9	9100	4550
10	10500	5250

TABELLA 1: LARGHEZZA DELLA LINEA DI RAME IN CIRCUITI STAMPATI DA CORRENTE.

La resistenza del filo di rame è calcolata con la formula:

$$R = \frac{\rho_{Cu} l}{S}, \quad \rho_{Cu} = 1.724 \times 10^{-6} \Omega cm,$$

Dove R è la resistenza, lunghezza l , sezione trasversale S e resistività di rame specifica ρ_{Cu} . La lunghezza della linea è condizionata dalla frequenza del segnale prevista. Esempio di buona pratica fornisce una stima sulla lunghezza della linea in base alla frequenza del segnale:

$$L = \frac{1}{20} \lambda = \frac{1c}{20\nu},$$

dove L è la lunghezza della linea ammissibile, λ è la lunghezza d'onda, ν è la frequenza d'onda, c è la velocità della luce. Nei segnali ad alta frequenza, la condizione non può essere soddisfatta, quindi è necessario considerare il tempo di propagazione del segnale sulla linea data, che causa un ritardo di tempo. Nei conduttori paralleli, è importante che siano più corti e di lunghezza uguale. La maggior parte dei pacchetti di programmi corregge le lunghezze dei conduttori critici. Alle linee ad alta frequenza, evitiamo anche i connettori RF, che causano disturbi e perdita di segnale.

Accesso Verticale di Interconnessione

Le VIA sono linee di rame metallizzate con diversi strati. Sono molto simili ai pad di connessione con cui non vanno confusi. Il pad di connessione fa parte del socket del componente e VIA collega solo le connessioni tra diversi strati di materiale stampato. L'immagine 6 presenta VIA in materiale stampato multistrato

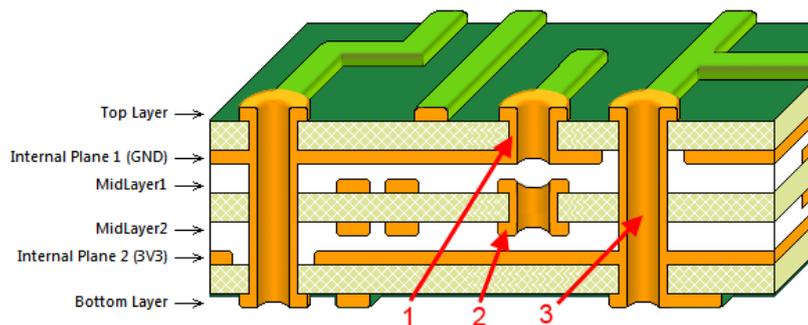
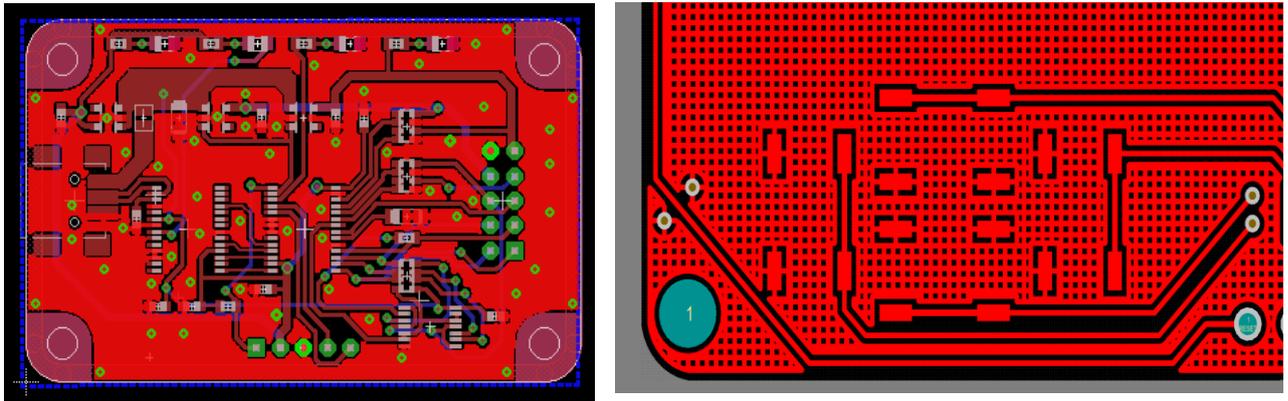


IMMAGINE 6: VIA IN MATERIALE STAMPATO MULTISTRATO.

Poligoni

I poligoni vengono utilizzati per riempire aree più grandi con una trama di rame o rame puro, come mostrato nell'immagine 7. I poligoni sono interconnessi dai pad di connessione e dai VIA. Solitamente, sono usati per sostituire le basi di messa a terra e di alimentazione. Li installeremo alla fine dopo che tutte le altre linee di rame sono già state tracciate.





a)

b)

IMMAGINE 7: POLIGONI STAMPATI; A) STRATO SUPERIORE, B) TEXTURE IN RAME.

Quando si tracciano poligoni e linee, è necessario considerare lo spazio vuoto tra le linee o il poligono. Meglio non avere distanze troppo ravvicinate perché possono causare cortocircuiti sulla linea sottile che possono verificarsi in fase di produzione. Dobbiamo anche considerare il limite inferiore per la produzione di stampati. Dipende dal produttore e dalla tecnologia di produzione. La regola comune è 15 mil per i componenti del filo e da 8 a 10 mil come limite inferiore per gli elementi montati sulla superficie. Per i circuiti che funzionano a una tensione di rete di 230 V / 110 V, è necessario considerare gli standard di sicurezza validi per una determinata area geografica. La regola di base è che tra fase e corrente zero deve esserci una distanza di almeno 3,2 mm. La distanza minima tra parti ad alta tensione e parti con le quali l'utente può entrare in contatto è di 8 mm. Una semplice linea guida è che le distanze dovrebbero essere il più ampie possibile rimanendo all'interno delle dimensioni concesse!

Per dimensioni, dobbiamo anche considerare l'isolamento galvanico. Queste distanze sono definite dallo standard IPC. Le distanze variano a seconda che si trovino all'interno o all'esterno di stampati e dell'area in cui verrà utilizzato il componente elettronico (ambiente umido, altitudine, ecc.). Spesso proteggiamo il materiale stampato con un rivestimento laccato che aumenta la resistenza alla corrosione galvanica e protegge il circuito dagli effetti esterni. La Tabella 2 presenta le distanze e gli strati standard per i diversi componenti di un circuito stampato per tensione. L'isolamento galvanico è determinato dalla tensione di rottura. La forza di rottura è una caratteristica materiale che è data dalla seguente formula:

$$E_p = \frac{U_p}{d} \left[\frac{V}{m} \right],$$

dove E_p è la forza di sfondamento elettrica, la tensione elettrica U_p e d è una dimensione isolante. Isolanti diversi presentano diverse resistenze elettriche, riportate nella tabella 3.



Tensione	Strati interni	Conduttori esterni non rivestiti	Conduttori esterni rivestiti
[V]	[mm]	[mm]	[mm]
15	0.05	0.1	0.05
20	0.05	0.1	0.05
50	0.1	0.6	0.13
100	0.1	0.6	0.13
150	0.2	0.6	0.4
170	0.2	1.25	0.4
250	0.2	1.25	0.4
300	0.2	1.25	0.4
500	0.25	2.5	0.8
1000	1.5	5	2.33
4000	9	20	11.48
5000	11.5	25	11.53

TABELLA 2: DISTANZE PRESCRITTE PER L'ISOLAMENTO GALVANICO DELEL LINEE MATERICHE STAMPATE.

Isolante (20C)	$E_p \left[\frac{V}{m} \right] \times 10^6$
Aria	3
Carta	10
Gomma	10
Olio trasformatore	15
Porcellana	20
Cloruro di Polivinile-PVC	50
Polistirolo	80

TABELLA 3: RESISTENZA ELETTRICA DI ALCUNI MATERIALI.

Regole di base per il collegamento di componenti di materiale stampato

La connessione di componenti implica l'installazione di linee di rame su materiale stampato tra i connettori dei componenti. Le connessioni elettriche tra due o più pad di connessione sono chiamate rete di segnali elettrici. Cerchiamo una rete di segnali elettrici più corti perché linee più lunghe causano effetti parassiti più gravi. Le linee dovrebbero rompersi a 45 °, oppure possiamo usare linee arrotondate. Le linee in rame sono collegate al centro dei pad di connessione, per i quali utilizziamo la rete di lavoro o la funzione "snap to object", che dipende dal pacchetto del programma. La connessione tra due punti può essere composta da una sola riga. Per correnti più elevate è necessario utilizzare VIA più grandi, che riducono l'impedenza e aumentano l'affidabilità. Tra i pad di connessione sulla distanza 100mil, diminuiamo la larghezza della linea. Le linee di alimentazione e di messa a terra devono essere più larghe per carichi di corrente più elevati. Le linee di alimentazione e di messa a terra devono essere impostate il più vicino possibile, il che può essere efficacemente bloccato da elementi di capacità. Non ci dovrebbero essere "isole" di rame senza connessioni. Queste isole devono essere fissate saldamento o eliminate. L'immagine 8 presenta diversi modi di collegare elementi.



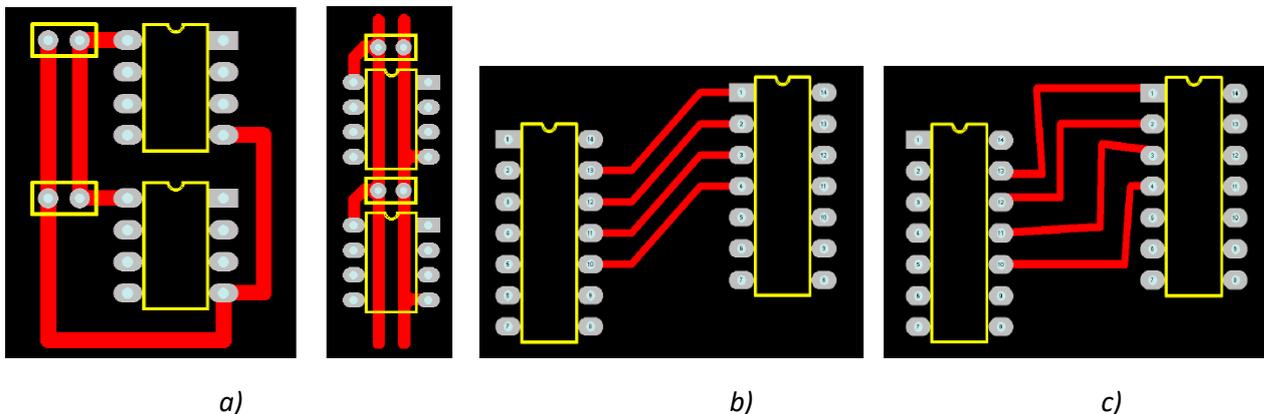


IMMAGINE 8: CONNESSIONI DEGLI STAMPATI: A) APPROPRIATE, B) APPROPRIATE, C) NON APPROPRIATE.

Scegliere gli stampati

Quando si scelgono i materiali per gli stampati, abbiamo diverse possibilità che differiscono in diverse caratteristiche, come ad esempio: sicurezza antincendio, stabilità della temperatura, assorbimento dell'umidità. Queste caratteristiche sono definite dall'associazione internazionale NEMA - National Electrical Manufacturers Association. La Tabella 4 presenta una panoramica dei materiali per la produzione di stampati.

Materiale	Commenti
FR-1	<i>Bachelite: a temperatura ambiente scarsa resistenza all'umidità.</i>
FR-2	<i>Bachelite: adatto per PCB a strato singolo, buona resistenza all'umidità.</i>
FR-3	<i>Resine epossidiche: un materiale bilanciato con buone proprietà meccaniche ed elettriche.</i>
FR-4	<i>Fibre di vetro: eccellenti proprietà meccaniche ed elettriche.</i>
FR-5	<i>Fibre di vetro: alta resistenza alle alte temperature, autoestinguente.</i>
G10	<i>Vetro e resina epossidica: alta resistenza di isolamento, massima resistenza meccanica, elevata resistenza all'umidità.</i>
G11	<i>Vetro e resina epossidica: resistente alla flessione ad alte temperature, estrema resistenza ai solventi.</i>
CEM-1	<i>Carta di cotone e resina epossidica.</i>
CEM-2	<i>Carta di cotone e resina epossidica.</i>
CEM-3	<i>Non-tessuto e resina epossidica</i>
CEM-4	<i>Tessuto di vetro e resina epossidica.</i>
CEM-5	<i>Tessuto di vetro e poliestere.</i>
PTFE	Pura - costosa, bassa perdita dielettrica, per applicazioni ad alta frequenza, assorbimento di umidità molto basso (0,01%), meccanicamente morbido. Difficile da laminare, usato raramente in applicazioni multistrato.
RF-35	PTFE caricato con fibra di vetro rinforzato. Relativamente meno costoso, buone proprietà meccaniche, buone proprietà ad alta frequenza.
Allumina	Ceramica: dura, fragile, molto costosa, molto performante, buona conduttività termica.



Poliimmideide	Un polimero ad alta temperatura: costoso, ad alte prestazioni, maggiore assorbimento d'acqua (0,4%). Può essere utilizzato per temperature criogeniche superiori a 260 ° C.
---------------	---

TABELLA 4: TIPOLOGIE DI MATERIALI PER STAMPATI.

L'etichetta FR significa materiale ritardante di fiamma. Lo spessore del rivestimento di rame su materiali stampati è di 0,5oz (18 μm), 1oz (35 μm) o 2oz (70 μm). Esistono anche altri standard meno utilizzati (12 μm) e (105 μm). I materiali stampati con anima in alluminio o metallo hanno un rivestimento in rame da 70 μm a 400 μm . Il materiale più utilizzato negli ambienti industriali è FR-4. Questo materiale è la scelta ottimale per quanto riguarda prezzo e causalità.

Quando progettiamo stampati, scegliamo anche un numero di livelli. L'elevato numero di strati generalmente aumenta i costi di produzione, ma consente anche la produzione di stampati più piccoli e resistenti.

- **Scheda stampata su un lato:** È adatto per circuiti a bassa frequenza semplici, come mostrato nell'immagine 9. Il circuito può essere prodotto con molti ponti. Tali circuiti hanno una resistenza peggiore ai disturbi elettromagnetici. La progettazione di circuiti complessi su un PCB a uno strato richiede molto più sforzo e innovatività. Solitamente, vengono utilizzati per i dispositivi pilota e per i primi test dei componenti.
- **Scheda stampata sui due lati:** Spesso sono realizzati in materiale FR-4, come mostrato nell'immagine 10. Il circuito è più facile da collegare. Se possibile, la superficie inferiore è destinata alla messa a terra e altri collegamenti sono lasciati sulla superficie superiore. I vantaggi della superficie di messa a terra sono l'aumento della stabilità meccanica dei materiali stampati e l'impedenza ridotta di tutte le connessioni di messa a terra (riduzione del rumore). Aggiunge capacità distribuita a ciascuna connessione sullo strato superiore, che aiuta a prevenire i disturbi elettromagnetici. Agisce come uno scudo dal rumore elettromagnetico.
- **Stampe a più lati:** Possono essere utilizzati 4, 6, 8, 10 fino a 38 strati. Questi sono più adatti per dispositivi ad alta frequenza sensibili. Il solito spessore di stampati fronte-retro è di 1,5 mm, il che è eccessivo. A una distanza minore tra lo strato superiore e quello inferiore, otteniamo una migliore capacità distribuita. È anche più semplice collegare l'alimentazione e le connessioni di messa a terra (alimentazione e strati di messa a terra). La connessione è facilmente realizzabile tramite VIA. Altre linee di segnale hanno molto spazio su tutti gli altri livelli, il che semplifica notevolmente la connessione. Maggiore capacità di distribuzione tra l'alimentazione e gli strati di messa a terra che riducono il rumore ad alta frequenza. Inoltre, blocca meglio i disturbi EMI / RFI. La produzione di materiale stampato multistrato è significativamente più costosa rispetto ai circuiti con meno strati.



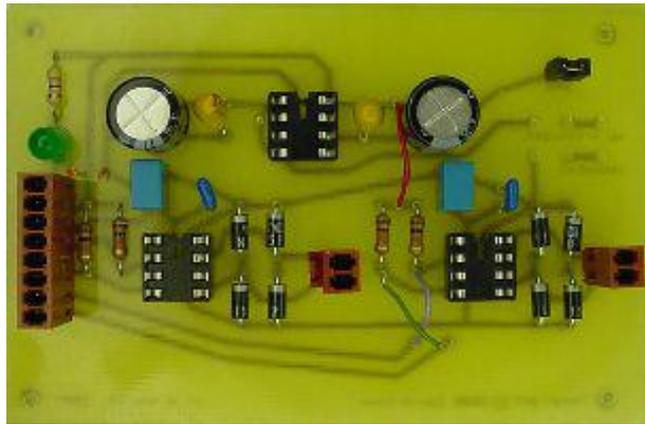


IMMAGINE 9: SCHEDA STAMPATA SU UN LATO.

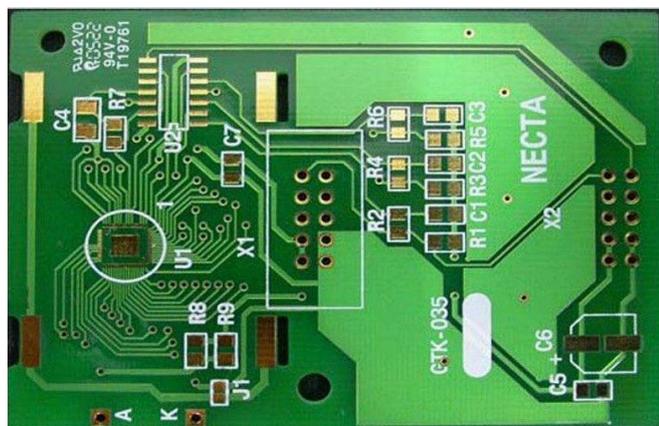


IMMAGINE 10: SCHEDA STAMPATA SU DUE LATI.

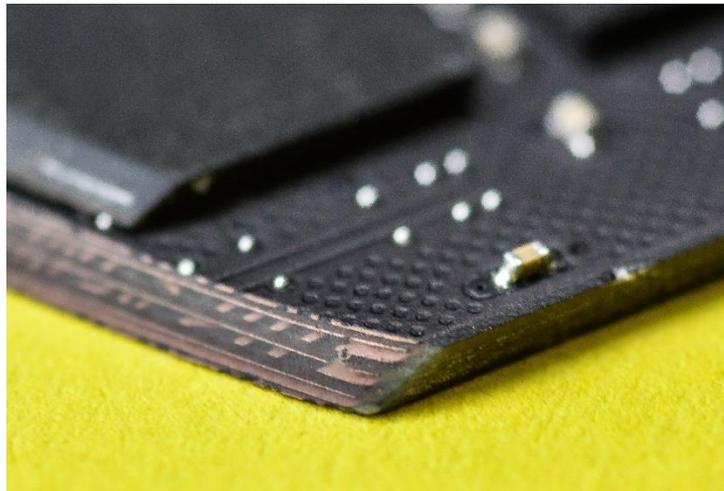


IMMAGINE 11: STAMPA A PIÙ LATI.

11.3. Esempi di utilizzo del Programma Altium Designer



Programma Altium-Designer è un ambiente professionale per la progettazione di circuiti stampati in tutte le fasi, quali:

- Progettazione di diagrammi di flusso e schemi a blocchi.
- Progettazione di circuiti stampati-PCB.
- Progettazione di software per FPGA (Field Programmable Gate Array).
- Soluzioni di sistema per FPGA e debug (quando si lavora con schede di sviluppo appropriate, come Altium NanoBoard).
- Progettazione di sistemi integrati.
- Strumenti di simulazione per circuiti digitali e analogici.
- Analisi della qualità del segnale.
- Gestione dei processi di produzione di PCB.

Altium include editor e interfacce di programma per tutte le fasi della progettazione di dispositivi elettronici. La scrittura e la modifica del codice del programma insieme alla traduzione avvengono all'interno dell'ambiente Altium Designer. Nel nostro caso, presteremo maggiore attenzione al disegno e alla progettazione del circuito stampato per un dispositivo elettronico. Il contenuto è progettato in modo da offrire una panoramica delle diverse fasi di progettazione del PCB. La prima fase di progettazione include un contorno dello schema elettrico. La seconda fase include la traduzione dello schema in circuito stampato. In questa fase, determiniamo le dimensioni del materiale stampato, la disposizione degli elementi e le connessioni. Nella terza fase, mostreremo come presentare gli stampati in un ambiente 3D e le possibilità di utilizzarlo in altri programmi CAD. In questo caso, daremo un'occhiata al circuito del generatore attuale, visto nell'immagine 12.

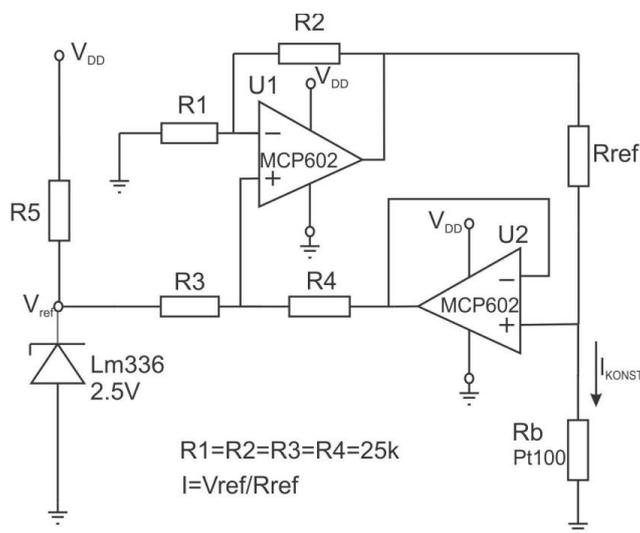


IMMAGINE 12: SCHEMA DEL GENERATORE DI CORRENTE.

11.3.1 Creare un nuovo progetto



Per ogni nuovo materiale stampato, si consiglia di creare un nuovo progetto perché in un progetto sono stati salvati tutti i documenti e le impostazioni correlate al processo di progettazione. Il file di progetto xxx.PrjPCB è un file ASCII in cui sono scritti tutti i documenti e le impostazioni di output, come le impostazioni di stampa e CAM. I documenti che non sono correlati al progetto sono chiamati documenti gratuiti. Aggiungiamo anche collegamenti a schemi elettrici, PCB, FPGA, VHDL (linguaggio di descrizione dell'hardware Verilog) integrato e librerie. Quando il progetto è completato, tutti i disegni sono sincronizzati all'interno dei documenti nel progetto. Il progetto viene creato con il seguente set di comandi:

- Scegliere **File → Nuovo → Progetto → Progetto PCB**, immagine 13.

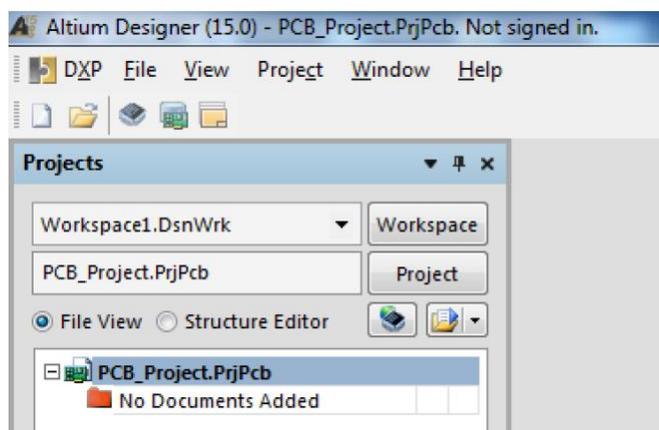


IMMAGINE 13: CREARE UN NUOVO PROGETTO.

- Possiamo vedere la finestra **Progetti**, dove il progetto **PCB_Projects.PrjPcb** viene elencato senza documenti allegati.
- Rinomina il progetto, nel nostro caso **Current_generator.PrjPcb**, in modo da salvarlo nella posizione su disco a nostra scelta con il comando successivo. **File → Salva il Progetto come → Current_generator.PrjPcb**.

Quindi creare un nuovo file per la progettazione dello schema elettrico 'schematic'. Crea nuovo schema.

- Scegliere **File → Nuovo → Schematico**. Possiamo notare il file **Sheet1.SchDoc** che viene aggiunto automaticamente al progetto creato in precedenza, visto nell'immagine 14.
- Rinomina lo schema **Current_generator.SchDoc**. Salvare lo schema, **File → Salva come → Current_generator.SchDoc**.



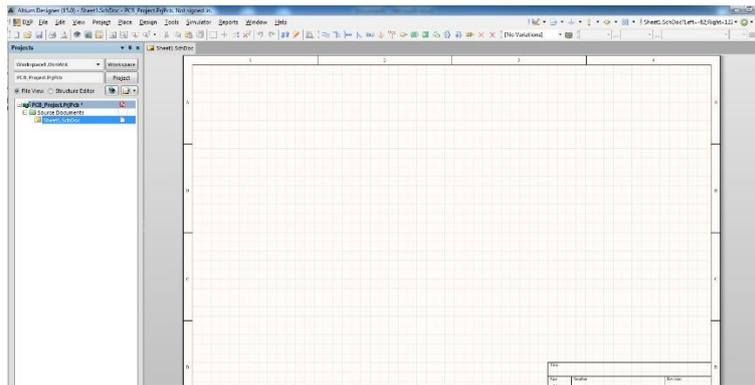


IMMAGINE 14: CREARE UNO SCHEMA DI CIRCUITO.

Quando viene aperto uno schema vuoto, possiamo vedere una visualizzazione completamente cambiata con diversi tasti, menu, ecc. Ora siamo nell'editor per schemi elettrici. Se vogliamo aggiungere lo schema già delineato di un altro progetto allo schema creato, quindi scegliere **Aggiungi l'esistente al Progetto**.

Prima di iniziare a progettare schemi elettrici, dobbiamo impostare quanto segue:

- Impostazione del formato per foglio di lavoro: **Design** → **Documento**, Opzione – scegliere formato A4.
- Il foglio di lavoro può essere ingrandito con una combinazione di tasto CTRL + rotella di scorrimento; la vista può anche essere adatta allo schermo intero con il comando **Visualizza** → **Adatta Documento** [scorciatoia: V, D].
- Vi sono molte impostazioni alle quali è possibile accedere dal menu **Strumenti** → **Preferenze schematiche** [scorciatoia: T, P], in cui le impostazioni influenzeranno tutti gli schemi nel progetto di lavoro.
- Cliccare sullo schema e selezionare **Default Primitives** e attivare l'opzione **Permanente**, che offre valori preimpostati di base quando selezioniamo un elemento elettrico dalla libreria e non le impostazioni che abbiamo impostato nel passaggio precedente.

La progettazione dello schema inizia con la scelta di un elemento, visto nell'immagine 12. Nella libreria di elementi, cerchiamo tutti gli elementi, a partire dall'amplificatore operativo MCP602. Altium ha un forte supporto per le librerie di componenti elettrici, come schemi, prese e modelli 3D. Queste librerie non sono ancora installate, ma possiamo scaricarle gratuitamente dal sito web di Altium (<https://designcontent.live.altium.com/>.) Se abbiamo una licenza valida. Possiamo anche scaricare librerie liberamente accessibili dal 2004 ed estendere la cartella in cui abbiamo già installato la libreria di base di Altium.

Per cercare l'amplificatore corretto MCP602, fare clic su **Librerie** e poi **Cerca** (o cliccare su **Strumenti** → **Trova Componenti**) e quindi aprire la finestra di dialogo **Ricerca Librerie**.



Si deve prestare attenzione al fatto di aver selezionato tutti i componenti e cercare in modalità **Librerie sul percorso** in cui dobbiamo aver scritto il percorso corretto per le librerie installate. Per la maggiore possibilità di risultati durante la ricerca, non inserire tutti i segni, ma solo quelli principali perché diversi produttori hanno prefissi e suffissi diversi. Per fare ciò, inserire la stringa di ricerca tra due asterischi (nel nostro caso: * 602 *). Se scegliamo un componente dalla lista che non è ancora stato installato, allora abbiamo la possibilità di confermare che possiamo installarlo immediatamente oppure che può essere eseguito in uno step successivo. Per MCP602 è necessario installare in precedenza la libreria per produttore Microchip (Microchip Linear Devices.IntLib), quindi è disponibile MCP602, ed è possibile selezionarlo come mostrato nell'immagine 15.

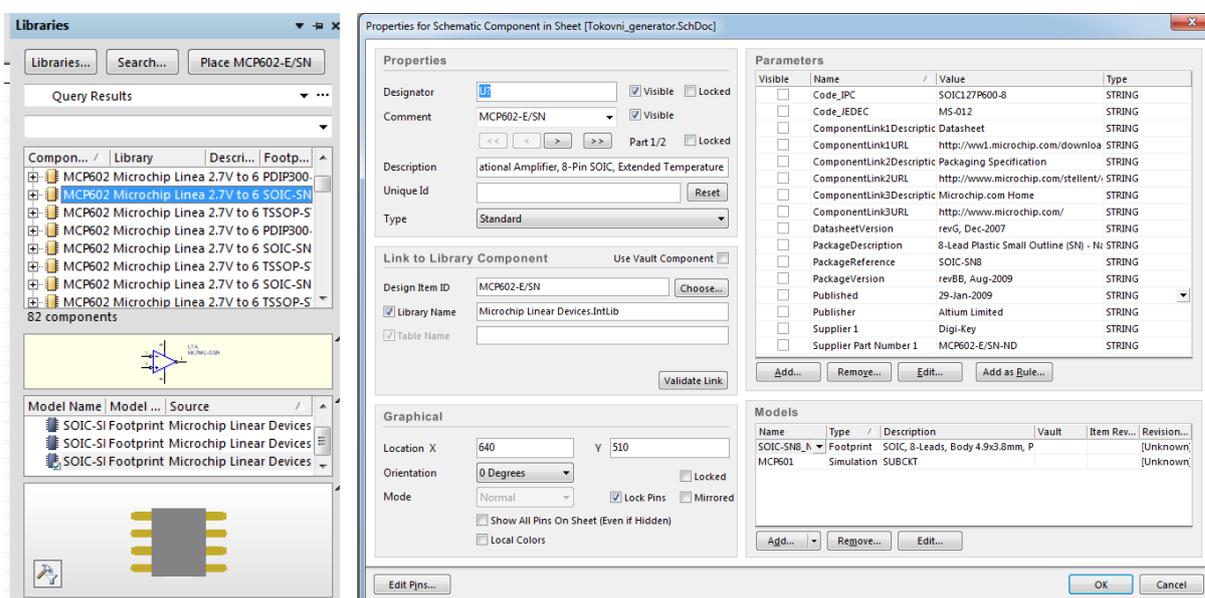


IMMAGINE 15: SCEGLIERE MCP602 DALLA LIBRERIA.

Per inserire, fare doppio clic sul componente che consente lo spostamento dell'elemento nell'area di lavoro con il cursore. Prima di spostarlo in un determinato luogo, possiamo modificare etichette e proprietà che possono essere attivate premendo il tasto Tab. Quindi nel campo Designatore inserisci un'etichetta componente che vedremo nello schema (nel nostro caso: U1A). Al controllo del modello, se il componente ha una presa corretta (nel nostro caso: SMD SOIC - 8 connettori). Una volta impostato tutto il necessario, si può iniziare con l'inserimento di componenti nello schema. Il componente può essere impostato sulla posizione desiderata facendo clic o premendo INVIO. Quindi sposta il cursore e vedi che con il prossimo clic possiamo inserire un altro OPA da cui l'etichetta U1A viene automaticamente aumentata a U1B, e altre proprietà preimpostate rimangono invariate. L'ambiente Altium consente l'inserimento multiplo di componenti dello stesso tipo che viene revocato dal tasto ESC.

Nel prossimo passaggio inseriremo 7 resistori. Per l'inserimento, useremo una libreria di base che è installata in ambiente Altium sotto il nome **Miscellaneous**



Devices.IntLib. Digitare ***Res*** nel motore di ricerca e quindi selezionare il resistore con socket SMD tipo 2010 etichettato come **Res3**. Selezionare il valore 25k che è il valore più comune e può essere successivamente modificato a determinati resistori. Reimpostare Designator sul valore più basso R1 e iniziare con l'immissione dei valori, come mostrato nell'esempio precedente. Quindi rinominare due resistori su Rref e Rb facendo clic su ciascuno separatamente e modificare il nome nel campo Designator, come mostrato nell'immagine 16.

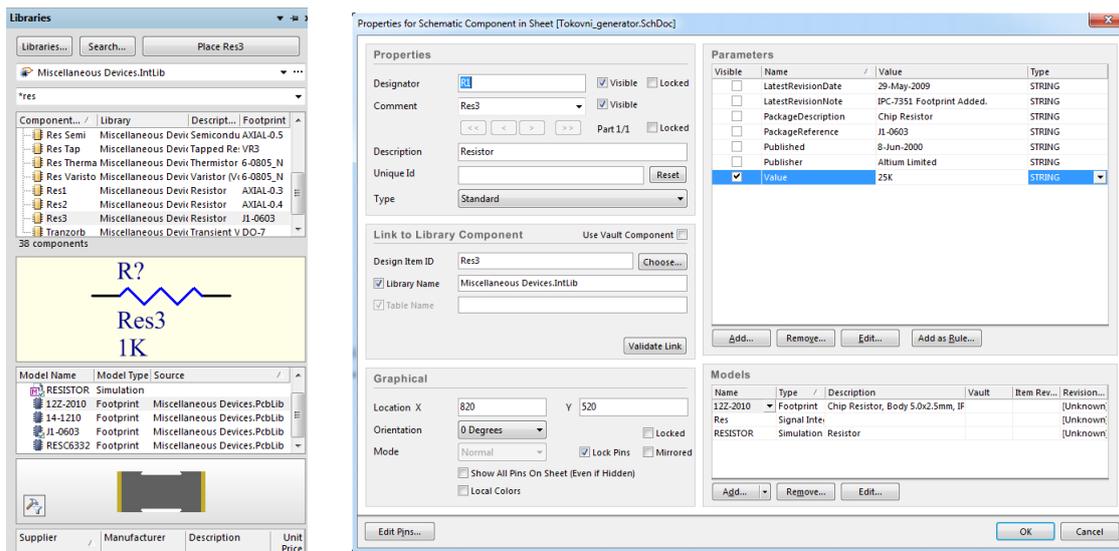


IMMAGINE 16: SCEGLIERE RESISTORE DALLA LIBRERIA.

Fare lo stesso con lo stabilizzatore di tensione LM336 (2,5 V, custodia TO92) della libreria **ST-Electronics 'Power Mgt Voltage Reference.IntLib'** condensatori (stringa di ricerca ***Cap***) e terminali del connettore (stringa di ricerca ***Header***) che si possono trovare nella libreria **Miscellaneous Devices.IntLib**, visti nell'immagine 17.



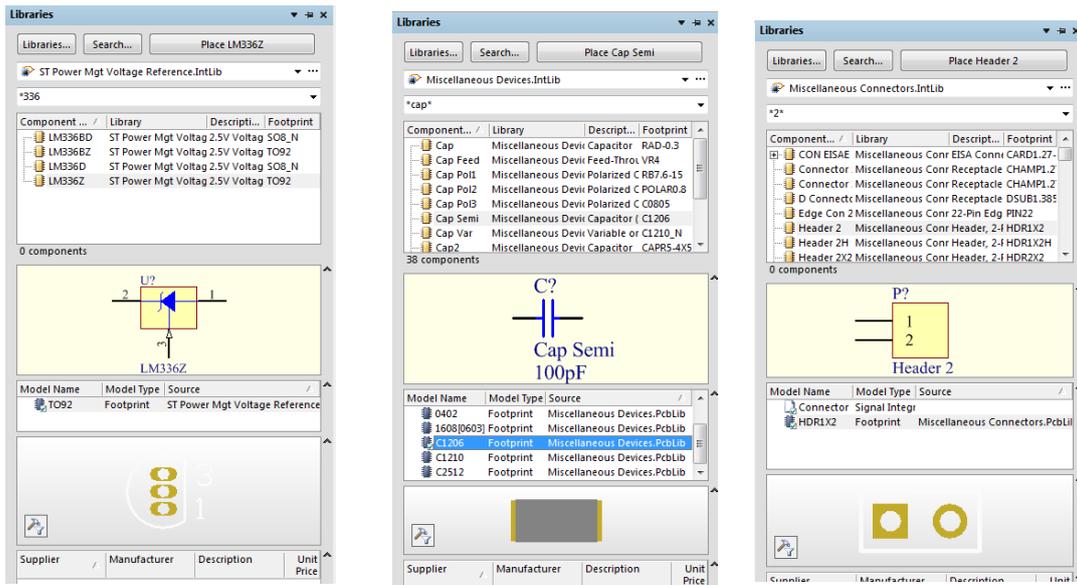


IMMAGINE 17: SCELTA DEI TERMINALI LM336, CONDENSATORI E DI CONNESSIONE.

Quindi, disporre i componenti correttamente nello schema considerando gli input delle regole a sinistra e gli output nel sito corretto. Dobbiamo fare attenzione che ci sia abbastanza spazio tra i componenti per le connessioni perché se colleghiamo la connessione elettrica tramite i pin di connessione, il programma lo collegherà automaticamente con il connettore incrociato, immagine 18.

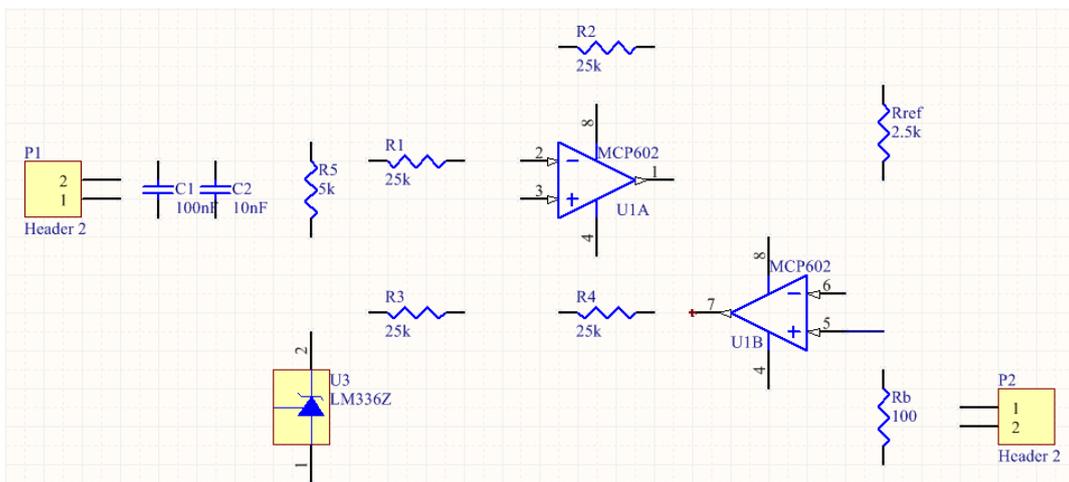


IMMAGINE 18: DISPOSIZIONE DELL'ELEMENTO.

Ai componenti esistenti, dobbiamo anche aggiungere potenziali di tensione, come messa a terra zero GND e alimentazione elettrica Vdd . A scopo di test, inseriremo GND e alimentatore Vdd (inserirli in più punti per mantenere una migliore visibilità dello schema). Quando si collegano i componenti, è necessario considerare le seguenti regole:



- Abbiamo bisogno di avere una buona panoramica dello schema completo.
- Disegnare connessioni con lo strumento  **Posizionare il filo** [scorciatoia: P,W]. Prestare attenzione alle interconnessioni per evitare cortocircuiti.
- Se vogliamo spostare i componenti dopo averli collegati, dobbiamo eliminare le connessioni attuali, spostare i componenti e ricollegarli di nuovo. Possiamo anche utilizzare la combinazione CTRL + sposta con il mouse, che consente lo spostamento di componenti insieme alle connessioni precedentemente crea.

Lo schema di cablaggio finito viene riportato nell'immagine 19.

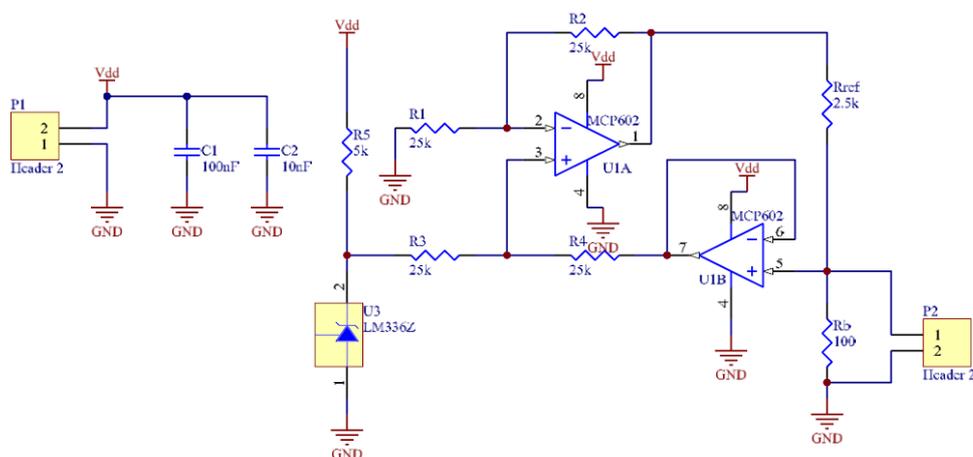


IMMAGINE 19: SCHEMA DI GENERATORE DI CORRENTE.

Abbiamo anche bisogno di aggiungere ai nomi degli schemi di connessioni individuali (reti e etichette di rete) che possono essere successivamente utilizzati negli stampati. I nomi delle connessioni non sono essenziali per il funzionamento del circuito, ma servono come note o riferimenti durante la revisione del circuito finalizzato o per riparazioni successive. I connettori dei componenti sono collegati con le reti. Alcune connessioni con maggiore importanza e potenzialità nello schema elettrico possono essere nominate con il nome della nostra scelta. Usando i simboli per GND e Vdd abbiamo automaticamente impostato due nomi. Quando si sceglie Menu → Posiziona → Net label [scorciatoia P, N] abbiamo la possibilità di impostare il nome su qualsiasi connessione. Premendo TAB, possiamo modificare le impostazioni, come colore, disposizione e tipo di carattere per l'etichetta di rete, prima di definire a quale connessione imposteremo il nuovo nome, come mostrato nell'immagine 20.



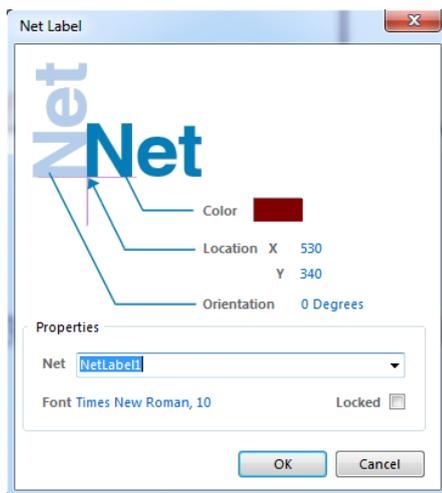


IMMAGINE 20: FINESTRA PER L'IMPOSTAZIONE DEL NOME DI CONNESSIONE, TIPO DI CARATTERE, COLORE, DIMENSIONE, ECC.

Nel nostro circuito, useremo il nome del collegamento per la tensione di riferimento V_{ref} mostrata nell'immagine 21.

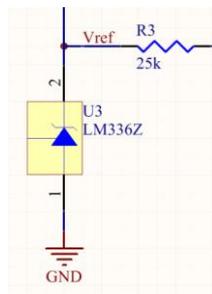


IMMAGINE 21: NOME DEFINITO PER LA CONNESSIONE V_{REF} .

Con questo, abbiamo finito di disegnare e progettare schemi elettrici, che sono la base per passare alla progettazione del circuito stampato. Prima di iniziare a tradurre lo schema in materiale stampato, si consiglia di configurare le impostazioni del progetto. Ciò include le impostazioni per il rilevamento di errori, matrice di connessione, generatore di classi, impostazioni per il comparatore, generazione di messaggi di avviso, impostazioni per la stampa, ecc. Altium usa tutte queste impostazioni quando traduce un progetto. Quando il progetto viene tradotto, vengono controllati il progetto completo e le regole elettriche impostate. Dopo aver risolto tutti gli errori, lo schema viene nuovamente tradotto e caricato nel progetto di destinazione, ad esempio con un documento PCB. Il comparatore di progetto consente di cercare le differenze tra i file di origine e di destinazione che vediamo e può essere confermato o rifiutato (sincronizzato) da entrambe le direzioni. Tutte le impostazioni sono disponibili nel menu **Progetto** → **Opzioni Progetto**.



11.3.2 Determinazione di stampati

Dopo che lo schema di cablaggio è terminato e le impostazioni sono corrette, possiamo iniziare a tradurre lo schema di cablaggio in stampati. Nella fase della transazione, tutte le regole di progettazione degli schemi elettronici vengono verificate con il possibile rilevamento degli errori e l'opzione di riparazione. Per tradurre un determinato progetto **Current_generator.PrjPcb** si deve scegliere **Progetto → Compila Progetto PCB**. Al termine della traduzione, il messaggio del traduttore è visibile nella finestra del messaggio. Per accedere a questa finestra, dobbiamo scegliere **Visualizza → Pannelli ambiente di lavoro → Systema → Messaggi**. I documenti tradotti verranno registrati nella finestra **Visualizza → Pannelli ambiente di lavoro → Design Compiler → Navigator**, dove possiamo monitorare la struttura del documento, l'elenco dei componenti e i tipi di connessione (quando si fa clic sulla connessione possiamo anche vederlo con linee marcate nello schema). In caso di errori e traduzione non riuscita, questi eventi sono registrati nella finestra **Messaggi di errore**. Se la traduzione ha successo, possiamo passare a un nuovo documento in cui possiamo progettare stampati con lo schema elettrico dato. Innanzitutto, creiamo PCB vuoto. Il modo più semplice è utilizzare l'interfaccia PCB Board Wizard con la quale possiamo scegliere tra formati industriali standardizzati o dimensioni proprie. Più tardi queste impostazioni possono essere modificate. **La procedura Guidata per la scheda PCB** si trova nel menu **File**, che deve essere abilitato per essere visibile, come mostrato nell'immagine 22. Se la scelta del file non è abilitata, abbiamo una riga di scorciatoie per determinate funzioni nella parte inferiore destra della schema, e sotto la scheda **Sistema**, possiamo selezionare **File**.

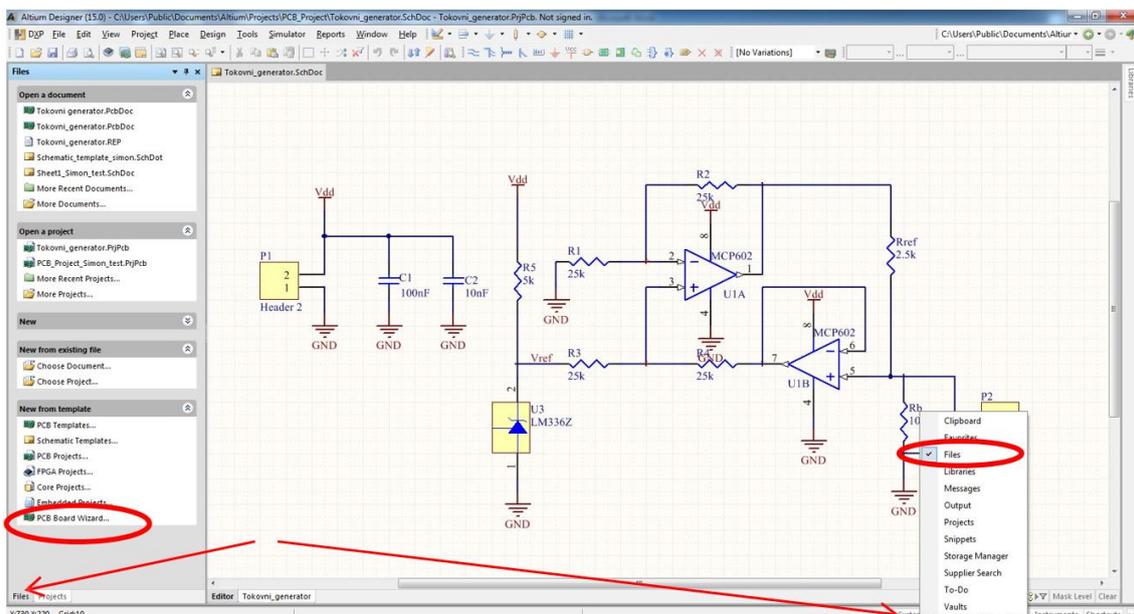


IMMAGINE 22: SCEGLIERE LE SCORCIAIOIE PER I FILE.

La preparazione dei documenti segue questi passaggi:



1. Innanzitutto fare click su **PCB Board Wizard** e nella seconda finestra selezionare le unità metriche **Metric**, immagine 23.

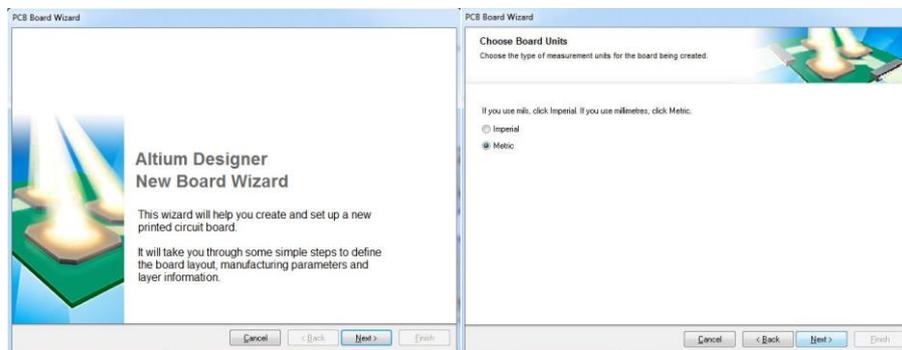
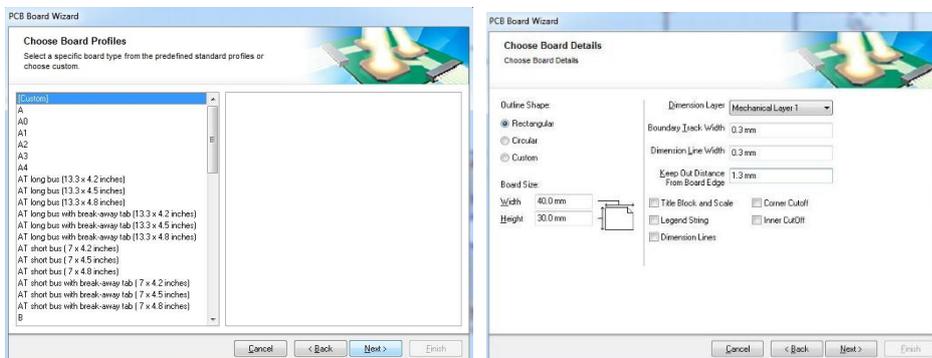


IMMAGINE 23: WIZARD PER CREARE PCB.

2. Nella terza finestra scegli tra i formati PCB. Si può scegliere **Custom** e quindi inserire le dimensioni $W = 40$ mm, $H = 30$ mm. Per la designazione del bordo PCB, selezionare il tipo di linea **Mechanical Layer1**.
3. Nelle prossime due finestre scegliere un numero di strati e il tipo di VIA che attraversano l'intero spessore del PCB.
4. Quindi selezionare il tipo di componente che installeremo per lo più su PCB (SMD, PDIP, ecc., A seconda del socket) e su quanti lati. La maggior parte dei componenti sono montati in superficie e sono installati solo su un lato.
5. Nella seguente finestra selezionare le impostazioni raccomandate per connessioni e VIA:
 - a) Il più piccolo spessore di connessione = 0,25 mm
 - b) La larghezza di VIA più piccola = 1 mm
 - c) Il diametro di VIA più piccolo = 0,6 mm
 - d) The smallest distance between connections = 0,25 mm

L'immagine 24 presenta due finestre wizard per le impostazioni di materiale stampato.



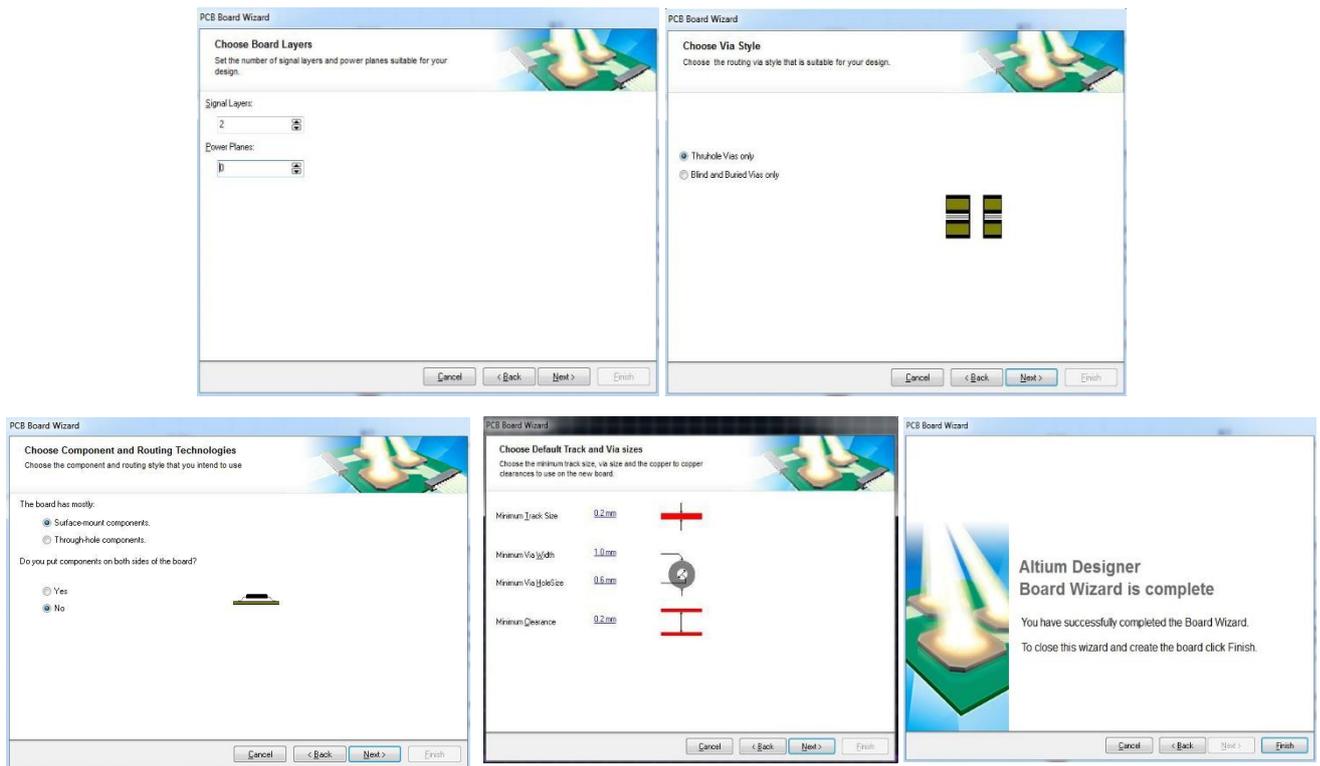
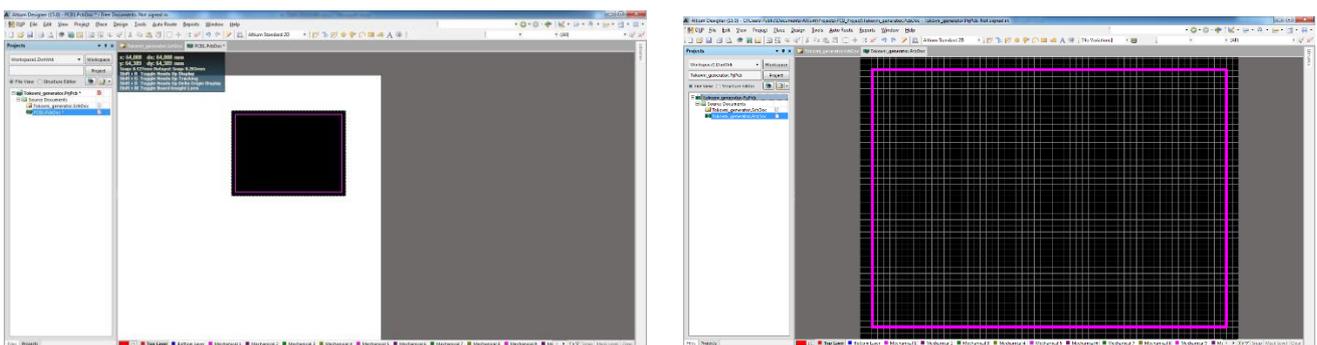


IMMAGINE 24: PASSAGGI NELLE IMPOSTAZIONI DEGLI STAMPATI DA 2 A 5.

Dopo aver creato con successo gli stampati, vediamo una finestra con le dimensioni selezionate. Per non avere lo sfondo della pagina bianca, rimuoverlo nelle impostazioni facendo clic **Design** → **Board options** → **Display sheet**. La visualizzazione PCB può essere regolata con il comando **View** → **Fit board** o scorciatoia [V,F], vista nell'immagine image 25.



a)

b)

IMMAGINE 25: REGOLAZIONE VISUALIZZAZIONE STAMPATI A) CON BACKGROUND, B) SENZA BACKGROUND.

Le dimensioni del PCB possono essere successivamente modificate. Il modo più semplice è disegnare la forma del telaio desiderata che può essere utilizzata per



determinare i bordi del PCB. Questo può essere fatto facendo clic su tutte le linee che definiscono i bordi PCB con il mouse e quindi selezionare la funzione dal menu **Design** → **Board Shape** → **Define from selected objects**, per tagliare il PCB alla forma desiderata, immagine 26.

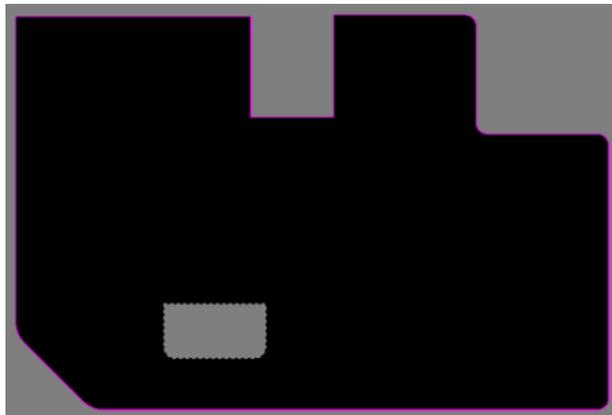


IMMAGINE 26: FORMA PCB SU MISURA.

11.3.3 Traduzione del progetto - Compilazione

Come prima cosa andare nell'ambiente dello schema elettrico e tradurre **Design** → **Update PCB**. Cliccare **Validate Changes**, dove viene verificata la probabilità di errore. Se tutto è corretto, ci saranno i segni di spunta di conferma in stato. Se le modifiche non sono corrette, dobbiamo tornare indietro, controllare i messaggi di errore e risolvere gli errori. Quando il controllo degli errori ha avuto successo, cliccare **Execute Changes**, che trasferisce componenti e connessioni al PCB nel progetto, immagine 27.

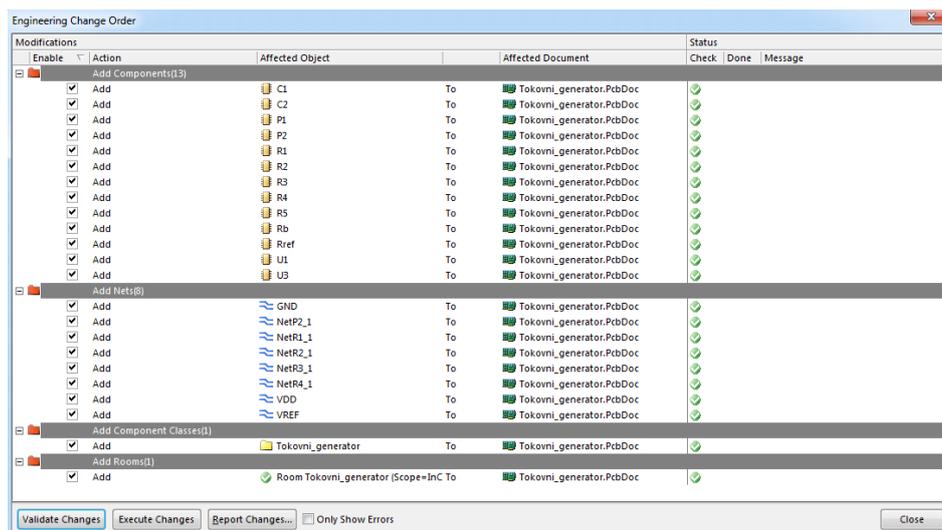


IMMAGINE 27: CONTROLLO DELLO SCHEMA DURANTE LA COMPILAZIONE.

Trasferimento di componenti su stampati PCB, immagine 28.



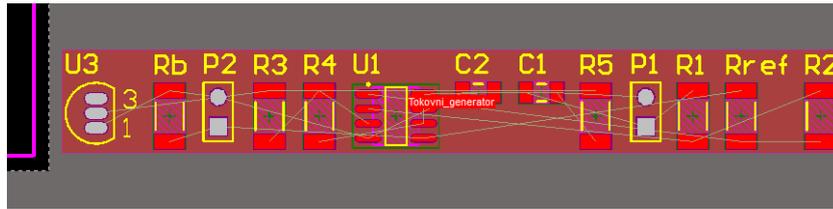


IMMAGINE 28: FORMA DI ELEMENTI PER STAMPATI.

Dall'immagine 28 possiamo vedere che la disposizione degli elementi negli stampati dipende dal designer. In questo caso, è opportuno prendere in considerazione le linee guida e le istruzioni per una buona progettazione di stampati. Nella fase successiva segue la disposizione dei componenti agli stampati. I componenti sono disposti facendo clic sul componente e spostandolo nella posizione corretta (fare clic con il pulsante sinistro e premerlo mentre si sposta il componente). Rispettare i limiti del PCB. Con la barra spaziatrice possiamo ruotare il componente durante il trasferimento. Anche il testo collegato ai componenti può essere spostato allo stesso modo dei componenti.

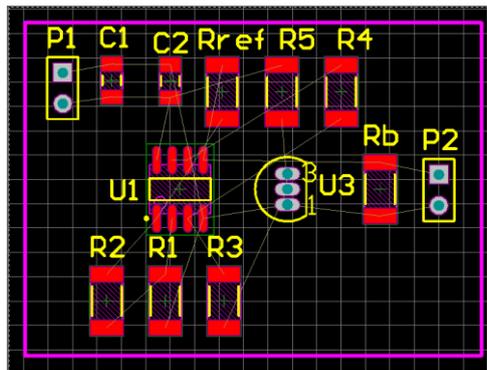


IMMAGINE 29: COMPONENTI DISPOSTI SU STAMPATI.

L'ambiente Altium ha un supporto funzionale per la disposizione dei componenti più semplice. Diversi componenti possono essere allineati orizzontalmente, verticalmente, con diversi bordi o linea centrale. Possono anche essere allineati con spaziatura uniforme. È possibile accedere a queste funzioni se selezioniamo il gruppo di componenti, dove usiamo il tasto MAIUSCOLO o attorno ai componenti che vogliamo selezionare. Quindi fare clic con il tasto destro del mouse e scegliere **Align → Align** [abbreviazione: A, A] e contrassegna le funzioni desiderate sull'asse X e Y. Inoltre, quando selezioniamo uno o più componenti, possiamo spostarli con il mouse o utilizzare la combinazione di tasti: CTRL + MAIUSC e tasti freccia. Ciò significa che una combinazione di un tasto freccia e CTRL causa una mossa più piccola (schiocco griglia x 1) nella direzione desiderata rispetto a quando premiamo entrambi i tasti CTRL + MAIUSC, che fa muovere i componenti per una distanza maggiore (schiocco griglia x 10).

La connessione di elementi disposti può essere effettuata manualmente o automaticamente. Nella connessione manuale, abbiamo una visione migliore delle connessioni e il lavoro richiede più tempo. Il collegamento manuale viene spesso



utilizzato in documenti stampati di grandi dimensioni. Il collegamento automatico è generalmente più utile in circuiti meno complessi.

Collegamento manuale di materiale stampato PCB

Collegamento PCB manuale significa creazione di connessioni e VIA su stampati per collegare tutti i componenti presentati dallo schema elettrico. In modalità manuale, di solito progettiamo argomenti stampati più complessi, dove sono importanti molti aspetti del design, come l'influenza EMI, la progettazione di circuiti RF, i circuiti analogici e digitali combinati, l'elettronica di potenza combinata, i circuiti digitali / analogici, ecc. Molte volte il progettista deve decidere e accettare compromessi tra alcune parti del design. Nel nostro caso, faremo il collegamento manuale, anche se il circuito è semplice. Proveremo a disegnare la connessione del segnale sullo strato superiore, per il livello inferiore useremo la massa GND, cui accederemo tramite VIA e in alcuni casi con i pad di connessione (connettori P1 e P2 e riferimento U3). Le connessioni consistono in segmenti sequenziali. Ad ogni modifica inizia un nuovo segmento di connessione. Generalmente Altium consente la disposizione delle connessioni in verticale, disposizione orizzontale e con angolo di 45 ° (a impostazioni avanzate possiamo anche utilizzare le curve) per ottenere un risultato professionale finale.

Useremo le impostazioni standard. Per prima cosa, sceglieremo la visualizzazione **Top layer**. Utilizzare l'abbreviazione L per raggiungere il menu **View configuration**, dove rimuoveremo il segno di spunta nel livello Bottom e confermeremo la modifica, vista nell'immagine 30.

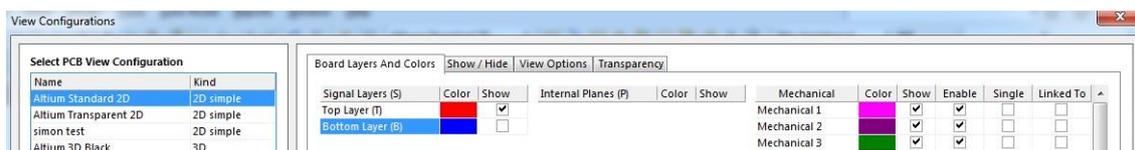


IMMAGINE 30: SCEGLIERE LO STRATO SUPERIORE STAMPATO .

Connessione in corso con . Possiamo collegare solo quei componenti o connettori che sono interconnessi elettricamente nello schema, che è in ambiente PCB presentato da sottili linee rette tra i pad di connessione. Premendo il tasto CTRL e facendo clic su un determinato pad di connessione, possiamo facilmente controllare quali pad sono interconnessi. Quando creiamo una connessione tra due connettori, possiamo completarla con la funzione automatica **Auto-complete**. Questo può essere fatto facendo clic sul primo connettore e poi sul secondo e durante tale operazione premere CTRL e il tasto freccia>. La connessione verrà creata nel modo più breve tra entrambi i connettori. Questa funzione ha successo se il percorso è abbastanza semplice senza grandi ostacoli tra i due punti. Il secondo modo è usando il tasto INVIO quando le connessioni sono terminate gradualmente, con cui diminuiamo il numero di segmenti in



una connessione. Altium consente altri modi di collegamento manuale in cui è possibile premere SHIFT + R durante lo spostamento e selezionare tra diversi metodi:

- **Push** – In questa modalità, la connessione proverà ad attraversare l'altro punto spostando le connessioni già stabilite e le VIA all'interno delle regole.
- **Walkaround** – Il percorso verso il secondo punto sta cercando di trovare disegnando la connessione intorno agli ostacoli senza spostare le connessioni e le VIA esistenti.
- **Hug & Push** – Questa modalità è una combinazione di quelli precedenti.
- **Ignore** – Questo metodo consente di stabilire connessioni ovunque senza violare le regole.

Dobbiamo anche essere consapevoli dei componenti che impostiamo sulla superficie superiore, dove sono anche le connessioni del segnale e quelle che hanno i pad di connessione instradati attraverso il PCB sull'altro lato. Tali componenti sono saldati di seguito, quindi è necessario collegarli con connessioni di segnale sul lato superiore con VIA. Le VIA possono essere trovate con il tasto **Luogo** tramite . Poiché useremo lo strato inferiore per la massa, verranno installati i VIAs ai connettori P1, P2 e il riferimento.

Oltre ai componenti e ai VIA, è anche utile prevedere in che modo il PCB sarà collegato all'alloggiamento perché di solito abbiamo bisogno di fori per le viti. Quelli possono essere creati selezionando **Place Pad** . Non collegarlo a nessuna connessione elettrica. Segna l'opzione **Placcato**, quindi non ci saranno messaggi di errore più avanti durante il controllo del PCB.

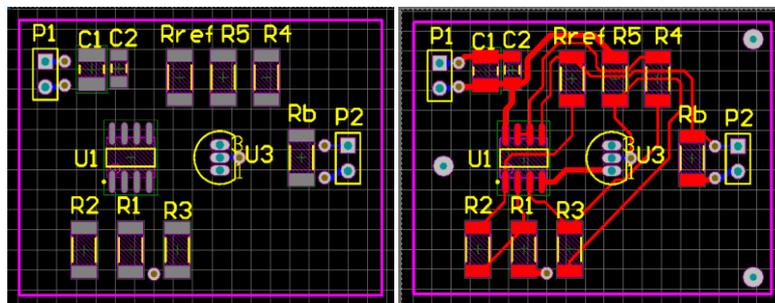


IMMAGINE 31: MATERIALE STAMPATO COLLEGATO.

Ora dobbiamo riempire il lato inferiore degli stampati con la massa GND. Questo può essere ottenuto facendo clic sul pulsante  **Place Polygon Plane** dalla casella degli strumenti, impostare le sue caratteristiche e quindi definire i limiti del poligono disegnandoli in PCB, come mostrato nell'immagine 32 e 33.



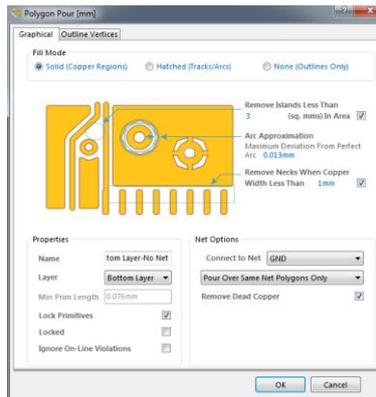


IMMAGINE 32: DETERMINAZIONE DEL POLIGONO PER LA MESSA SULLA PARTE INFERIORE DELLO STAMPATO.

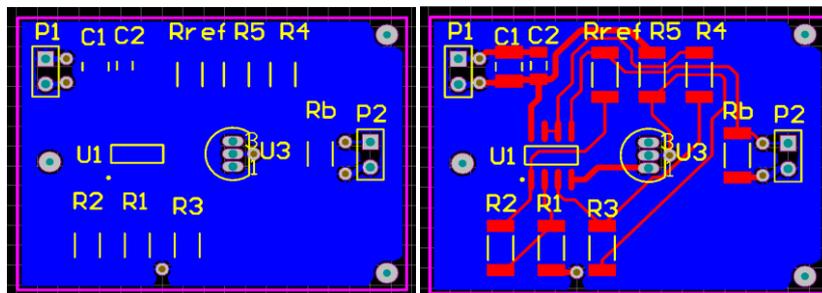


IMMAGINE 33: STAMPATO CON LA MASSA AGGIUNTA GND SULLA PARTE INFERIORE.

Routing automatico

PCB più semplici e meno complessi possono essere collegati con un regime automatizzato in cui tutte le regole sono rigorosamente soddisfatte. Nel nostro caso, vogliamo una linea di segnale sul lato inferiore e il lato inferiore del PCB da riservare al poligono GND. Per questo, abbiamo bisogno di regolare le impostazioni, quindi le connessioni saranno solo sul lato superiore. Questo può essere fatto nelle regole. **Design → Rules** e in **Routing Layers** abilitiamo solo **Top Layer**, immagine 34. Poi selezionare dal menu **Auto Route → All** e cliccare **Route All**.

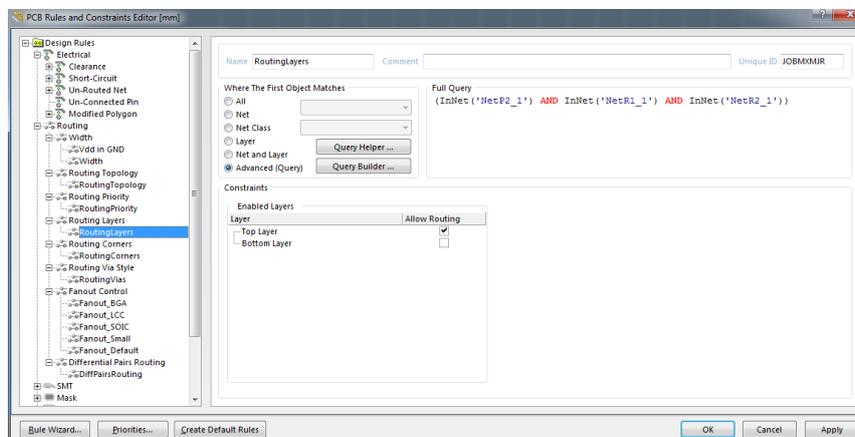


IMMAGINE 34: SCELTA DELLO STRATO SUPERIORE PER IL COLLEGAMENTO AUTOMATICO TRA COMPONENTI.



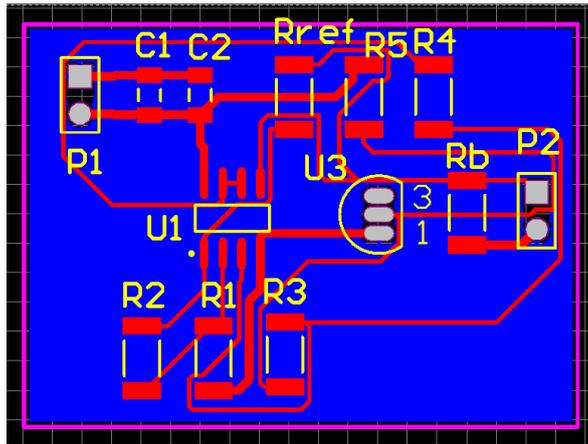


IMMAGINE 35: RISULTATO DEL COLLEGAMENTO AUTOMATICO.

A prima vista, il risultato è simile, ma i dettagli inseriti manualmente fanno la differenza. Ci sono alcuni errori che possiamo trascurare negli stampati. Inoltre, non è considerato che i componenti che sono saldati sul lato inferiore del contatto elettrico solo sul lato inferiore, quindi devono essere collegati con connessioni con VIA sul lato superiore. Le VIA sono benvenute alle connessioni GND perché possiamo renderle più brevi. Se ci colleghiamo automaticamente, è ragionevole usare i gruppi di connessione **Net classes**. Questi possono essere impostati tramite l'interfaccia utente **Design → Classes**. Qui possiamo aggiungere gruppi andando sulla scheda Net classes e facendo clic con il tasto destro del mouse su choose **Add class**. Possiamo vedere una finestra in cui tutte le connessioni elettriche disponibili sono scritte nella colonna **Non-members** e sulla destra c'è lo spazio dove possiamo aggiungere la connessione desiderata / contrassegnata con un clic sulla freccia.

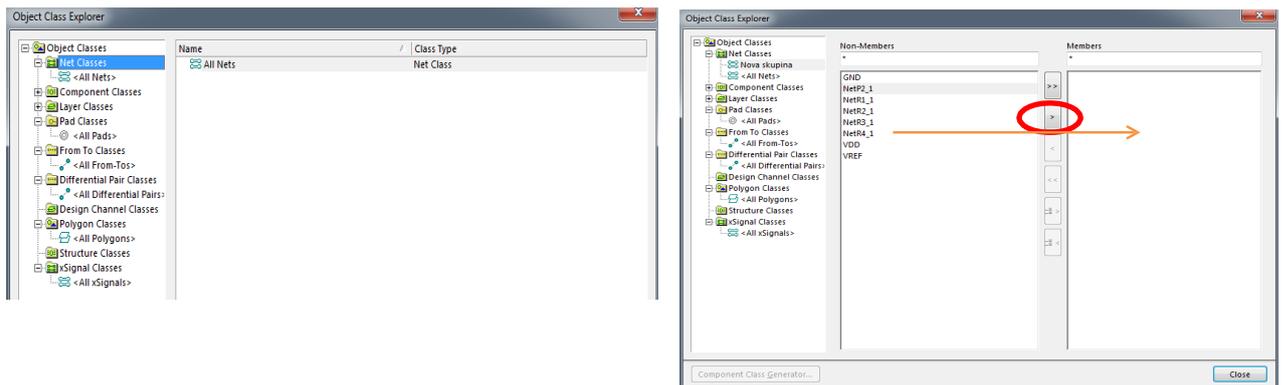


IMMAGINE 36: AGGIUNTA GRUPPI DI CONNESSIONE.

Visualizzazione 3D

La visualizzazione 3D consente di vedere PCB nello spazio da tutti i punti di vista. Possiamo alternare le visualizzazioni 1, 2 e 3. Il numero 3 è una scorciatoia per la vista 3D, vista nell'immagine 37.



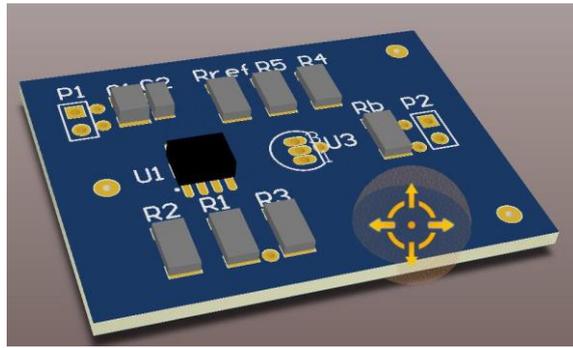


IMMAGINE 37: VISUALIZZAZIONE 3D DI STAMPATI.

- Nella vista 3D possiamo usare le seguenti scorciatoie:
 - Zoom in: CTRL + scorrimento del mouse
 - Spostandosi su / giù: rotella del mouse, spostandosi a sinistra / a destra: MAIUSC + scorrimento del mouse
 - Rotazione: MAIUSC + tasto destro del mouse e trascina nella direzione desiderata che può essere selezionata sulla sfera con le frecce.

Altium consente l'importazione di oggetti 3D da diversi strumenti CAD nel formato *.step *. È anche possibile esportare in formati, quali: step, dwg / dxf. Gli oggetti esportati possono essere utilizzati in altri programmi CAD che supportano i formati menzionati.

Documentazione finale

La documentazione finale o di esportazione può essere suddivisa in 5 gruppi:

1. **Elenco delle parti**
 - a. Piani per la disposizione automatica dei componenti robotici.
 - b. Piani per il posizionamento dei componenti su entrambi i lati del PCB.
2. **Documentazione di output**
 - a. Piani componenti inclusi collegamenti in rame.
 - b. Visualizzazione 3D del PCB.
 - c. Visualizzazione schematica di circuiti elettronici.
3. **Documentazione per la produzione di stampati**
 - a. Composite Drill Drawings - piani per i fori, la loro posizione e le dimensioni, tutto in un unico piano.
 - b. Drill Drawing / Guides - progetta fori e istruzioni per la realizzazione, la loro posizione e le dimensioni in disegni separati.
 - c. Stampe di disegni finali - in un unico piano ci sono molte informazioni di output differenti.
 - d. File Gerber: file Gerber, creati separatamente per ciascun livello PCB.
 - e. NC Drill Files - per controllo numerico (CNC) di trapani.



- f. ODB ++ - Creazione di datasocket per produttore in formato ODB ++, socketd su C ++.
- g. Power-Plane Prints: piani per livelli interni e separati.
- h. Stampe di saldatura / incolla: progetta per i livelli protetti.
- i. Rapporto del punto di prova - rapporto sui punti di prova.

4. Netlist Outputs – elenco di connessioni

- a. Le liste presentano la logica che collega tra componenti (in diversi formati di testo, CSV (valori separati da virgola)).

5. Report di output

- a. Distinta base: elenco dei materiali necessari per la realizzazione del circuito elettrico.
- b. Rapporto di riferimento incrociato dei componenti - elenco dei componenti basato sullo schema elettrico.
- c. Report Project Hierarchy: elenco di tutti i documenti.
- d. Segnala reti con pin singoli: elenco delle connessioni con un solo connettore.

6. Documentazione per esigenze di produzione

Nell'ultima fase, abbiamo bisogno di consegnare tutti i documenti necessari al produttore di PCB che sono necessari prima di realizzare PCB. Per questo, abbiamo bisogno di inviare file di drill Gerber e NC e lista dei materiali.

Salvare i file Gerber – Ogni file Gerber corrisponde a un layer di materiale stampato con tutti i possibili profili di linea (sovrapposizione di componenti, livelli di segnale, strati di mascheratura di saldatura, ecc.). Prima di **inviare** e salvare i file Gerber, si consiglia di consultare il produttore per essere unificati con i loro requisiti.

