Progetto di circuiti stampati: ottimizzazione layout

Federico Terraneo

Politecnico Open unix Labs



Sommario

Con le lezioni precedenti abbiamo imparato

- cos'è un circuito stampato
- le basi di KiCad

Sommario

Con le lezioni precedenti abbiamo imparato

- cos'è un circuito stampato
- le basi di KiCad

Per un principiante, però può essere difficile comprendere come usare un CAD per circuiti stampati in modo <u>efficace</u>.

Sommario

Con le lezioni precedenti abbiamo imparato

- cos'è un circuito stampato
- le basi di KiCad

Per un principiante, però può essere difficile comprendere come usare un CAD per circuiti stampati in modo efficace.

Con la lezione di oggi impareremo

- come disegnare uno schema elettrico comprensibile
- come fare il layout di un circuito
- alcuni modi per ridurre il numero di layer

Cosa NON vedremo oggi

Quello che impareremo oggi è più o meno sufficiente per progettare circuiti stampati per design basati su microcontrollori e/o analogici in bassa frequenza.

Cosa NON vedremo oggi

Quello che impareremo oggi è più o meno sufficiente per progettare circuiti stampati per design basati su microcontrollori e/o analogici in bassa frequenza.

Non vedremo come passare da un'idea a uno schematico.

Cosa NON vedremo oggi

Quello che impareremo oggi è più o meno sufficiente per progettare circuiti stampati per design basati su microcontrollori e/o analogici in bassa frequenza.

Non vedremo come passare da un'idea a uno schematico.

Non vedremo tecniche specifiche per

- circuiti a radio frequenza
- circuiti digitali ad alta velocità
- circuiti ad alta tensione

Uno schema elettrico è una rappresentazione astratta di come i componenti del nostro circuito sono collegati.

Uno schema elettrico è una rappresentazione astratta di come i componenti del nostro circuito sono collegati.

Non dice nulla su come poi sarà realizzato

• breadboard, circuito stampato, etc...

Uno schema elettrico è una rappresentazione astratta di come i componenti del nostro circuito sono collegati.

Non dice nulla su come poi sarà realizzato

• breadboard, circuito stampato, etc...

Trattandosi di una rappresentazione astratta, la cifra di merito da ottimizzare è la leggibilità che dipende principalmente

- dal modo in cui i componenti sono disposti
- dal modo in cui vengono rappresentate le connessioni

A patto che le connessioni siano corrette, il <u>layout</u> di uno schematico non può impattare sul funzionamento del circuito.

A patto che le connessioni siano corrette, il <u>layout</u> di uno schematico non può impattare sul funzionamento del circuito.

Ciò invece non è vero per il layout di un circuito stampato.

A patto che le connessioni siano corrette, il <u>layout</u> di uno schematico non può impattare sul funzionamento del circuito.

Ciò invece non è vero per il layout di un circuito stampato.

È inutile dare troppe linee guida sullo stile, dato che dipende da gusti personali, ma bisogna almeno consocere gli strumenti a disposizione.



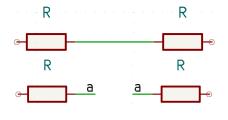
Partiamo da qualcosa di semplice: vogliamo collegare due resistenze nel nostro circuito.



Partiamo da qualcosa di semplice: vogliamo collegare due resistenze nel nostro circuito.

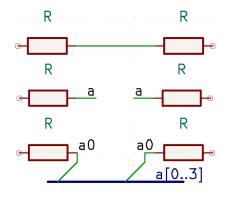
Possiamo usare:

• un filo



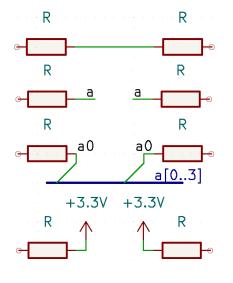
Partiamo da qualcosa di semplice: vogliamo collegare due resistenze nel nostro circuito.

- un filo
- delle label



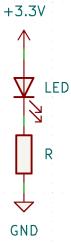
Partiamo da qualcosa di semplice: vogliamo collegare due resistenze nel nostro circuito.

- un filo
- delle label
- un bus

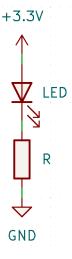


Partiamo da qualcosa di semplice: vogliamo collegare due resistenze nel nostro circuito.

- un filo
- delle label
- un bus
- i power symbol (se le resistenze vanno collegate entrambe a una linea di alimentazione)



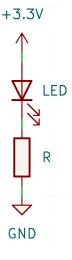
Si usano per etichettare le linee di alimentazione.



Si usano per etichettare le linee di alimentazione.

Perchè usarli?

- le linee di alimentazione tendono ad essere connesse a molti punti del circuito
- se disegnate come semplici fili, tendono a formare un groviglio difficile da seguire

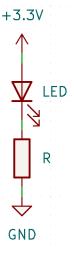


Si usano per etichettare le linee di alimentazione.

Perchè usarli?

- le linee di alimentazione tendono ad essere connesse a molti punti del circuito
- se disegnate come semplici fili, tendono a formare un groviglio difficile da seguire

NOTA: i power symbol sono solo un modo per dare un nome a un segnale.

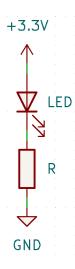


Si usano per etichettare le linee di alimentazione.

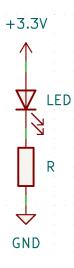
Perchè usarli?

- le linee di alimentazione tendono ad essere connesse a molti punti del circuito
- se disegnate come semplici fili, tendono a formare un groviglio difficile da seguire

NOTA: i power symbol sono solo un modo per dare un nome a un segnale. Non basta chiamare una linea +3.3V perchè magicamente compaiano 3.3V! Lo schematico deve in qualche modo produrre questa tensione.



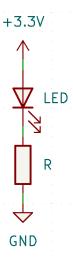
Quando si progetta uno schematico di una certa complessità, ci si possono riconoscere dei sottocircuiti ognuno adibito a una specifica funzione.



Quando si progetta uno schematico di una certa complessità, ci si possono riconoscere dei sottocircuiti ognuno adibito a una specifica funzione.

Questi sottocircuiti sono chiamati stadi

- stadio di alimentazione
- stadio di amplificazione
 - ...

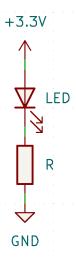


Quando si progetta uno schematico di una certa complessità, ci si possono riconoscere dei sottocircuiti ognuno adibito a una specifica funzione.

Questi sottocircuiti sono chiamati stadi

- stadio di alimentazione
- stadio di amplificazione
- ...

Anche questo circuito, con un po' di forzatura vista la semplicità, potrebbe essere visto come uno "stadio indicatore presenza tensione".

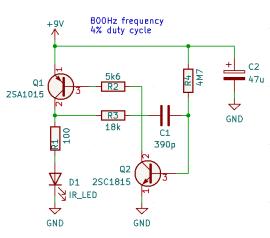


Quando si progetta uno schematico di una certa complessità, ci si possono riconoscere dei sottocircuiti ognuno adibito a una specifica funzione.

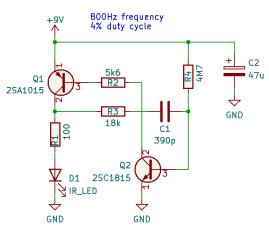
Questi sottocircuiti sono chiamati stadi

- stadio di alimentazione
- stadio di amplificazione
- ...

Anche questo circuito, con un po' di forzatura vista la semplicità, potrebbe essere visto come uno "stadio indicatore presenza tensione". Anche se un circuito così semplice sarebbe di norma accorpato nello stadio di alimentazione.

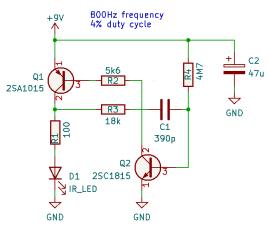


Vediamo uno stadio un po' più complesso.



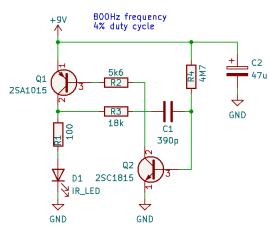
Vediamo uno stadio un po' più complesso.

Quando si disegna uno stadio occorre sforzarsi di disporre i componenti in modo logico.



Vediamo uno stadio un po' più complesso.

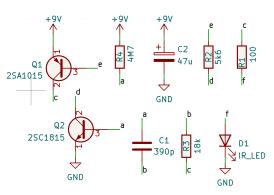
Quando si disegna uno stadio occorre sforzarsi di disporre i componenti in modo logico. E usare i fili il più possibile per le interconnessioni (tranne che per le linee di alimentazione).



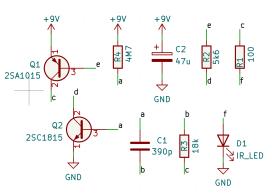
Vediamo uno stadio un po' più complesso.

Quando si disegna uno stadio occorre sforzarsi di disporre i componenti in modo logico. E usare i fili il più possibile per le interconnessioni (tranne che per le linee di alimentazione).

Queste due semplici regole portano a una buona leggibilità dello schema.

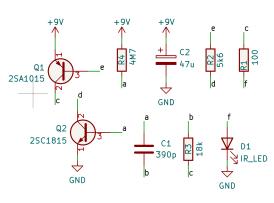


Ecco invece cosa succede se non si seguono queste regole.



Ecco invece cosa succede se non si seguono queste regole.

Questo è lo stesso circuito della slide precedente.

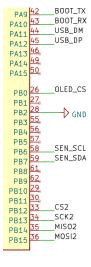


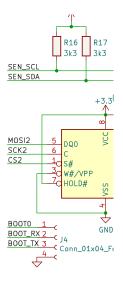
Ecco invece cosa succede se non si seguono queste regole.

Questo è lo stesso circuito della slide precedente.

Ma l'uso di label all'interno di uno stadio e la disposizione disordinata dei componenti tende a rendere più difficile seguire cosa sta succedendo.

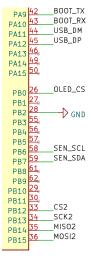
Connettere gli stadi

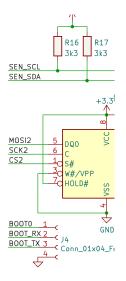




Quando invece dobbiamo interconnettere i vari stadi di un circuito, la regola di disporre gli stadi in modo logico rimane.

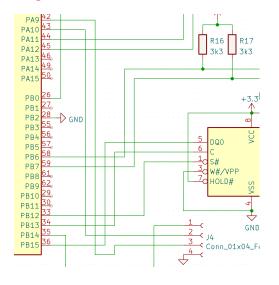
Connettere gli stadi





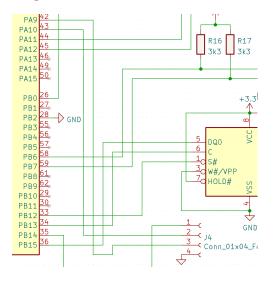
Quando invece dobbiamo interconnettere i vari stadi di un circuito, la regola di disporre gli stadi in modo logico rimane.

Ma è preferibile usare le label per i segnali tra i vari stadi.



Senza label è in generale difficile evitare grovigli di fili.

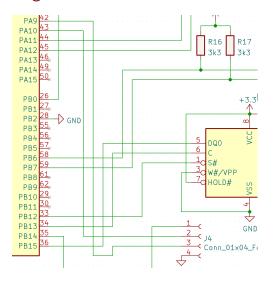
Disegnare uno stadio



Senza label è in generale difficile evitare grovigli di fili.

Questo è lo stesso circuito della slide precedente.

Disegnare uno stadio

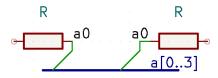


Senza label è in generale difficile evitare grovigli di fili.

Questo è lo stesso circuito della slide precedente.

In questo caso si sarebbe potuto riordinare verticalmente gli stadi a destra, ma non si sarebbe raggiunta la stessa leggibilità delle label.

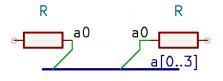
E i bus?



Già, quando si usano i bus?

Anche i bus si usano per interconnettere stadi. La scelta di label o bus dipende dai gusti personali.

E i bus?

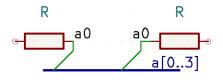


Già, quando si usano i bus?

Anche i bus si usano per interconnettere stadi. La scelta di label o bus dipende dai gusti personali.

L'unico uso specifico dei bus è per i bus verso le memorie esterne e nei progetti basati su microprocessori

E i bus?



Già, quando si usano i bus?

Anche i bus si usano per interconnettere stadi. La scelta di label o bus dipende dai gusti personali.

L'unico uso specifico dei bus è per i bus verso le memorie esterne e nei progetti basati su microprocessori

 i bus introducono negli schemi il concetto di array di segnali, che sono utili per i bus dati e indirizzi delle memorie

Anche se uno schematico descrive in modo non ambiguo le interconnessioni tra i componenti, non contiene tutte le informazioni necessarie a costruire un circuito funzionante.

Anche se uno schematico descrive in modo non ambiguo le interconnessioni tra i componenti, non contiene tutte le informazioni necessarie a costruire un circuito funzionante.

Il processo di layout di un circuito stampato (PCB) non è quindi puramente meccanico.

Anche se uno schematico descrive in modo non ambiguo le interconnessioni tra i componenti, non contiene tutte le informazioni necessarie a costruire un circuito funzionante.

Il processo di layout di un circuito stampato (PCB) non è quindi puramente meccanico.

Implementare le astrazioni semplificative dello schematico introduce una serie di vincoli che possono impattare sulle performance e anche non far funzionare il circuito.

Anche se uno schematico descrive in modo non ambiguo le interconnessioni tra i componenti, non contiene tutte le informazioni necessarie a costruire un circuito funzionante.

Il processo di layout di un circuito stampato (PCB) non è quindi puramente meccanico.

Implementare le astrazioni semplificative dello schematico introduce una serie di <u>vincoli</u> che possono impattare sulle performance e anche non far funzionare il circuito.

Per questo, mentre per poter disegnare uno schematico basta essere ordinati, per disegnare un PCB dobbiamo partire dalla fisica.

I fili non esistono

Come abbiamo visto nel passare dallo schematico al layout

- la rappresentazione schematica di ogni componente viene sostituita dal suo footprint
- spetta a noi disegnare le <u>piste</u> (tracks) in modo che corrispondano ai fili nello schematico

I fili non esistono

Come abbiamo visto nel passare dallo schematico al layout

- la rappresentazione schematica di ogni componente viene sostituita dal suo footprint
- spetta a noi disegnare le <u>piste</u> (tracks) in modo che corrispondano ai fili nello schematico

Le piste sul circuito stampato sono però solo una approssimazione dei fili ideali nello schematico, e questa è la principale causa di non-idealità a cui prestare attenzione.

I fili non esistono

Come abbiamo visto nel passare dallo schematico al layout

- la rappresentazione schematica di ogni componente viene sostituita dal suo footprint
- spetta a noi disegnare le <u>piste</u> (tracks) in modo che corrispondano ai fili nello schematico

Le piste sul circuito stampato sono però solo una approssimazione dei fili ideali nello schematico, e questa è la principale causa di non-idealità a cui prestare attenzione.

Da un problema a un'opportunità

Talvolta queste non-idealità vengono <u>sfruttate</u> dai progettisti. Nelle prossime slide vedremo degli esempi ma non ci dilungheremo nei dettagli di come fare.

Le piste che abbiamo disegnato su un PCB vengono fabbricate in un materiale conduttivo, il rame.

Le piste che abbiamo disegnato su un PCB vengono fabbricate in un materiale conduttivo, il rame.

Per quanto il rame sia uno dei migliori conduttori, non è un superconduttore. Ogni pista in rame sul nostro PCB è quindi una resistenza di basso valore (in genere, $< 1\Omega$).

Le piste che abbiamo disegnato su un PCB vengono fabbricate in un materiale conduttivo, il rame.

Per quanto il rame sia uno dei migliori conduttori, non è un superconduttore. Ogni pista in rame sul nostro PCB è quindi una resistenza di basso valore (in genere, $< 1\Omega$).

Perchè questo è un problema?

 le piste introducono <u>cadute di tensione</u> proporzionali alla corrente

Le piste che abbiamo disegnato su un PCB vengono fabbricate in un materiale conduttivo, il rame.

Per quanto il rame sia uno dei migliori conduttori, non è un superconduttore. Ogni pista in rame sul nostro PCB è quindi una resistenza di basso valore (in genere, $< 1\Omega$).

Perchè questo è un problema?

- le piste introducono <u>cadute di tensione</u> proporzionali alla corrente
- le piste dissipano potenza e si scaldano

Usi creativi delle piste come resistenze

Le stampanti 3D usano un PCB come piastra riscaldante, le cui piste sono usate come resistenza.



Una pista in rame è un'induttanza

Una pista in rame, come tutti i conduttori percorsi da corrente, genera un campo magnetico.

Una pista in rame è un'induttanza

Una pista in rame, come tutti i conduttori percorsi da corrente, genera un campo magnetico.

Questo campo magnetico è in grado di opporsi a variazioni di corrente generando una forza elettromotrice. Ogni pista in rame sul nostro PCB è quindi un'induttore di basso valore (in genere, $< 1 \mu H$).

Una pista in rame è un'induttanza

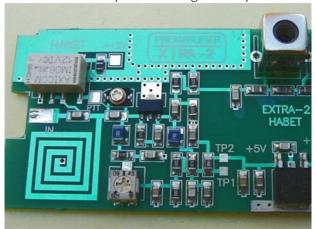
Una pista in rame, come tutti i conduttori percorsi da corrente, genera un campo magnetico.

Questo campo magnetico è in grado di opporsi a variazioni di corrente generando una forza elettromotrice. Ogni pista in rame sul nostro PCB è quindi un'induttore di basso valore (in genere, $<1\mu H$).

L'effetto è in genere <u>trascurabile</u> tranne nel caso di circuiti a radiofrequenza.

Usi creativi delle piste come induttanze

Spesso i circuiti RF usano le piste di un PCB come induttori. L'effetto viene amplificato disegnando spirali sul PCB.



Difficilmente un PCB è composto da <u>una sola</u> pista in rame. Se ne disegnamo più di una, queste interagiscono. Come?

Difficilmente un PCB è composto da <u>una sola</u> pista in rame. Se ne disegnamo più di una, queste interagiscono. Come?

Due piste, specie se vicine tra loro possono essere viste come due conduttori separati da un dielettrico. Ossia, un condensatore.

Difficilmente un PCB è composto da <u>una sola</u> pista in rame. Se ne disegnamo più di una, queste interagiscono. Come?

Due piste, specie se vicine tra loro possono essere viste come due conduttori separati da un dielettrico. Ossia, un condensatore.

Questo può succedere sia tra due piste vicine sullo stesso layer, che tra piste parallele su layer diversi.

Difficilmente un PCB è composto da <u>una sola</u> pista in rame. Se ne disegnamo più di una, queste interagiscono. Come?

Due piste, specie se vicine tra loro possono essere viste come due conduttori separati da un dielettrico. Ossia, un condensatore.

Questo può succedere sia tra due piste vicine sullo stesso layer, che tra piste parallele su layer diversi.

Il valure di questa <u>capacità parassita</u> è in genere <1pF (tranne nel caso della capacità tra interi piani come quello di massa e quello di alimentazione). L'effetto è quindi <u>trascurabile</u> tranne nel caso di circuiti a radiofrequenza.

Usi creativi delle piste come condensatori

Esistono circiti integrati "capacitive sensing" in grado di trasformare dei rettangoli disegnati su PCB in dei pulsanti. L'altro terminale del condensatore è il dito dell'utente.



Due piste in rame sono un trasformatore

Due piste su un PCB possono interagire anche tramite il loro campo magnetico.

Due piste in rame sono un trasformatore

Due piste su un PCB possono interagire anche tramite il loro campo magnetico.

Due piste vicine manifestano una <u>mutua induttanza</u>. Ossia, possono essere viste come due avvolgimenti di un trasformatore.

Due piste in rame sono un trasformatore

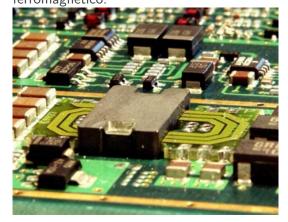
Due piste su un PCB possono interagire anche tramite il loro campo magnetico.

Due piste vicine manifestano una <u>mutua induttanza</u>. Ossia, possono essere viste come due avvolgimenti di un trasformatore.

L'effetto è perlopiù <u>trascurabile</u>, è uno dei casi in cui bisogna progettare apposta il PCB per esaltare questo effetto.

Usi creativi delle piste come trasformatori

Il progetto di "planar transformers" usa induttori a spirale su PCB, con primario e secondario disegnati su layer diversi e un nucleo ferromagnetico.



Well, that escalated quickly

aka

Non ci ho capito un *****, puoi rispiegare?

Torniamo al corso per principianti

Il primo passo per diventare esperti nel progettare PCB consiste nel capire quando le non-idealità possono essere trascurate.

Torniamo al corso per principianti

Il primo passo per diventare esperti nel progettare PCB consiste nel capire quando le non-idealità possono essere trascurate.

Ricordate la premessa all'inizio delle slide?

"Quello che impareremo oggi è più o meno sufficiente per progettare circuiti stampati per design basati su microcontrollori e/o analogici in bassa frequenza."

Torniamo al corso per principianti

Il primo passo per diventare esperti nel progettare PCB consiste nel capire quando le non-idealità possono essere trascurate.

Ricordate la premessa all'inizio delle slide?

"Quello che impareremo oggi è più o meno sufficiente per progettare circuiti stampati per design basati su microcontrollori e/o analogici in bassa frequenza."

Se ci limitiamo a questi tipi di circuiti non serve saper risolvere le <u>equazioni di Maxwell</u> per disegnare un PCB, ma basta conoscere queste semplici regole.

Dimensionare le piste per una data corrente

Concentriamoci sulle resistenze parassite introdotte dalle piste. Questa è la non-idealità

• più semplice da capire (volete diventare ingegneri, no?)

Dimensionare le piste per una data corrente

Concentriamoci sulle resistenze parassite introdotte dalle piste. Questa è la non-idealità

- più semplice da capire (volete diventare ingegneri, no?)
- che non possiamo trascurare neanche in bassa frequenza

Concentriamoci sulle resistenze parassite introdotte dalle piste. Questa è la non-idealità

- più semplice da capire (volete diventare ingegneri, no?)
- che non possiamo trascurare neanche in bassa frequenza

Per ridurre la resistenza dobbiamo incrementare la <u>sezione</u> del conduttore.

Concentriamoci sulle resistenze parassite introdotte dalle piste. Questa è la non-idealità

- più semplice da capire (volete diventare ingegneri, no?)
- che non possiamo trascurare neanche in bassa frequenza

Per ridurre la resistenza dobbiamo incrementare la <u>sezione</u> del conduttore.

• lo spessore però è fissato (in un PCB lo standard è 0.035mm)

Concentriamoci sulle resistenze parassite introdotte dalle piste. Questa è la non-idealità

- più semplice da capire (volete diventare ingegneri, no?)
- che non possiamo trascurare neanche in bassa frequenza

Per ridurre la resistenza dobbiamo incrementare la <u>sezione</u> del conduttore.

- lo spessore però è fissato (in un PCB lo standard è 0.035mm)
- la larghezza della pista è il principale parametro per controllare la resistenza

Concentriamoci sulle resistenze parassite introdotte dalle piste. Questa è la non-idealità

- più semplice da capire (volete diventare ingegneri, no?)
- che non possiamo trascurare neanche in bassa frequenza

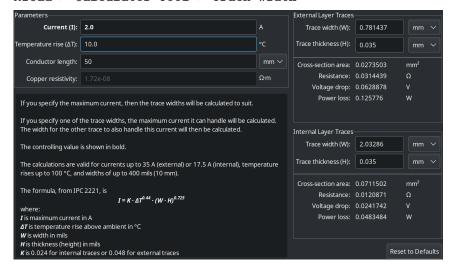
Per ridurre la resistenza dobbiamo incrementare la <u>sezione</u> del conduttore.

- lo spessore però è fissato (in un PCB lo standard è 0.035mm)
- la larghezza della pista è il principale parametro per controllare la resistenza

Normalmente si usa una "track width calculator" per dimensionare le piste in base a vincoli di **caduta di tensione** e/o di **incremento di temperatura**.

KiCad ha una "track width calculator" integrata

KiCad > Calculator Tool > Track Width



Adesso che sappiamo <u>come</u> dimensionare una pista in rame per portare una certa corrente, chiediamoci quando occorre farlo?

In uno schema elettrico i fili che connettono i componenti si possono dividere più o meno in due categorie

Adesso che sappiamo <u>come</u> dimensionare una pista in rame per portare una certa corrente, chiediamoci quando occorre farlo?

In uno schema elettrico i fili che connettono i componenti si possono dividere più o meno in due categorie

Segnali che trasmettono informazione

Adesso che sappiamo <u>come</u> dimensionare una pista in rame per portare una certa corrente, chiediamoci quando occorre farlo?

In uno schema elettrico i fili che connettono i componenti si possono dividere più o meno in due categorie

Segnali che trasmettono informazione

• i GPIO di un microcontrollore

Adesso che sappiamo <u>come</u> dimensionare una pista in rame per portare una certa corrente, chiediamoci quando occorre farlo?

In uno schema elettrico i fili che connettono i componenti si possono dividere più o meno in due categorie

Segnali che trasmettono informazione

- i GPIO di un microcontrollore
- ingressi, uscite e segnali interni di circuiti analogici

Adesso che sappiamo <u>come</u> dimensionare una pista in rame per portare una certa corrente, chiediamoci quando occorre farlo?

In uno schema elettrico i fili che connettono i componenti si possono dividere più o meno in due categorie

Segnali che trasmettono informazione

- i GPIO di un microcontrollore
- ingressi, uscite e segnali interni di circuiti analogici
- ..

Adesso che sappiamo <u>come</u> dimensionare una pista in rame per portare una certa corrente, chiediamoci quando occorre farlo?

In uno schema elettrico i fili che connettono i componenti si possono dividere più o meno in due categorie

Segnali che trasmettono informazione

- i GPIO di un microcontrollore
- ingressi, uscite e segnali interni di circuiti analogici
- ..

Questi segnali portano correnti molto basse $\sim mA$ e per questi possimo usare tutte piste della stessa dimensione, pari al valore minimo del nostro progetto. Un valore comune è 0.2mm.

Segnali che trasmettono potenza

• le linee di alimentazione

- le linee di alimentazione
- uscite degli stadi di potenza

- le linee di alimentazione
- uscite degli stadi di potenza
- segnali connessi ai contatti dei relè

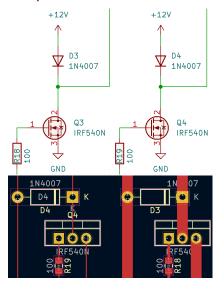
- le linee di alimentazione
- uscite degli stadi di potenza
- segnali connessi ai contatti dei relè
- uscite di amplificatori audio connessi ad altoparlanti

- le linee di alimentazione
- uscite degli stadi di potenza
- segnali connessi ai contatti dei relè
- uscite di amplificatori audio connessi ad altoparlanti
- ..

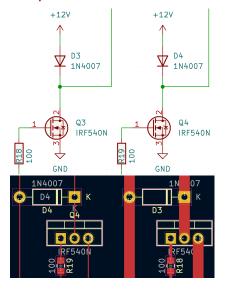
Segnali che trasmettono potenza

- le linee di alimentazione
- uscite degli stadi di potenza
- segnali connessi ai contatti dei relè
- uscite di amplificatori audio connessi ad altoparlanti
- ..

Lo scopo di questi segnali è quello di portare (anche tanta) corrente e quindi sono quelli che vanno dimensionati caso per caso.

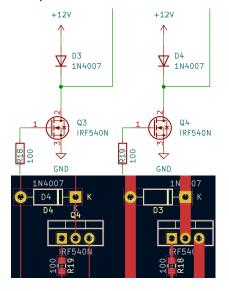


Stesso circuito, due layout differenti.



Stesso circuito, due layout differenti.

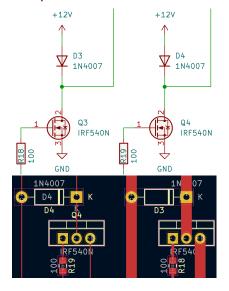
Quello a sinistra è sicuramente inadeguato per uno stadio di potenza.



Stesso circuito, due layout differenti.

Quello a sinistra è sicuramente inadeguato per uno stadio di potenza.

Quello a destra è stato dimensionato per portare 6A con un surrriscaldamento delle piste ragionevole (circa $25^{\circ}C$).



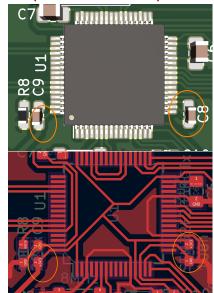
Stesso circuito, due layout differenti.

Quello a sinistra è sicuramente inadeguato per uno stadio di potenza.

Quello a destra è stato dimensionato per portare 6A con un surrriscaldamento delle piste ragionevole (circa $25^{\circ}C$).

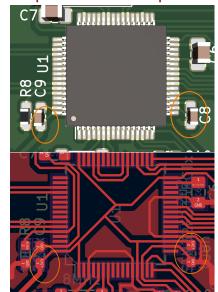
Si noti la pista più sottile per il gate del mosfet.

Casi particolari: componenti SMD



Piste troppo grosse rispetto al footprint del componente: è possibile ridurre la larghezza dell'ultimo tratto.

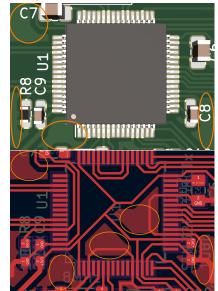
Casi particolari: componenti SMD



Piste troppo grosse rispetto al footprint del componente: è possibile ridurre la larghezza dell'ultimo tratto.

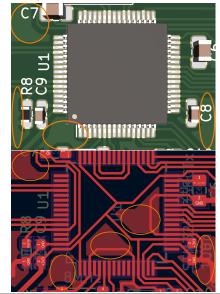
Si crea un tratto a maggiore resistività ma l'incremento della resistenza è limitato dalla ridotta lunghezza.

Casi particolari: alimentazione negativa



E' particolarmente importante assicurare un percorso a bassa resistenza verso l'alimentazione negativa di tutti i componenti.

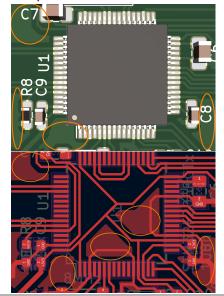
Casi particolari: alimentazione negativa



E' particolarmente importante assicurare un percorso a bassa resistenza verso l'alimentazione negativa di tutti i componenti.

Invece di una pista di massa è meglio fare un <u>piano</u> di massa. Occorre fare il possibile per avere un piano di massa anche su PCB a 1 o 2 layer.

Casi particolari: alimentazione negativa



E' particolarmente importante assicurare un percorso a bassa resistenza verso l'alimentazione negativa di tutti i componenti.

Invece di una pista di massa è meglio fare un <u>piano</u> di massa. Occorre fare il possibile per avere un piano di massa anche su PCB a 1 o 2 layer.

NOTA: Il piano di massa non va disegnato a mano! KiCad ha un tool specifico per riempire le zone libere del PCB con il piano di massa.

Le linee di alimentazione sono una parte del design a cui prestare particolare attenzione

1 di solito portano più corrente di ogni altra in un design (non-idealità resistive)

Le linee di alimentazione sono una parte del design a cui prestare particolare attenzione

- 1 di solito portano più corrente di ogni altra in un design (non-idealità resistive)
- 2 nei circuiti digitali si verificano picchi di assorbimento (non-idealità induttive) new!

Le linee di alimentazione sono una parte del design a cui prestare particolare attenzione

- 1 di solito portano più corrente di ogni altra in un design (non-idealità resistive)
- 2 nei circuiti digitali si verificano picchi di assorbimento (non-idealità induttive) new!
- 3 nei circuiti analogici sono una via di ingresso di rumore new!

Le linee di alimentazione sono una parte del design a cui prestare particolare attenzione

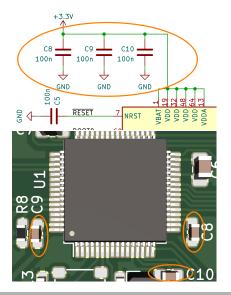
- 1 di solito portano più corrente di ogni altra in un design (non-idealità resistive)
- 2 nei circuiti digitali si verificano <u>picchi di assorbimento</u> (non-idealità induttive) <u>new!</u>
- 3 nei circuiti analogici sono una via di ingresso di rumore new!
- 4 sono prodotte da voltage regulator che hanno limiti di stabilità influenzati dalle non-idealità new!

Le linee di alimentazione sono una parte del design a cui prestare particolare attenzione

- 1 di solito portano più corrente di ogni altra in un design (non-idealità resistive)
- 2 nei circuiti digitali si verificano picchi di assorbimento (non-idealità induttive) new!
- 3 nei circuiti analogici sono una via di ingresso di rumore new!
- 4 sono prodotte da voltage regulator che hanno limiti di stabilità influenzati dalle non-idealità new!

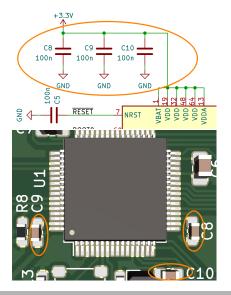
Per risolvere i problemi 2,3,4 si ricorre all'aggiunta di componenti allo schematico: i condensatori di disaccoppiamento.

Condensatori di disaccoppiamento



Uno o più condensatori sulla linea di alimentazione di <u>uno</u> specifico componente (o stadio)

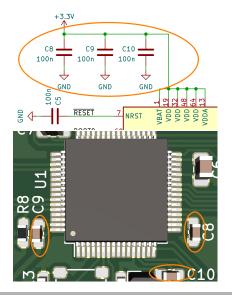
Condensatori di disaccoppiamento



Uno o più condensatori sulla linea di alimentazione di <u>uno</u> specifico componente (o stadio)

Funzionano come sorgente di energia locale per sopperire ai picchi di consumo, nonchè di filtro per prevenire l'ingresso di rumore.

Condensatori di disaccoppiamento

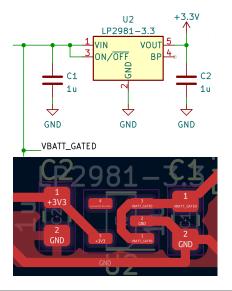


Uno o più condensatori sulla linea di alimentazione di <u>uno</u> specifico componente (o stadio)

Funzionano come sorgente di energia locale per sopperire ai picchi di consumo, nonchè di filtro per prevenire l'ingresso di rumore.

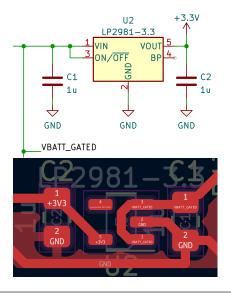
Sono efficaci solo se nel PCB sono connessi con piste molto corte ai pin di alimentazione del componente. Se il componente ha più pin di alimentazione, occorre distribuirli tra i pin.

Disaccoppiamento dei regolatori di tensione



Un caso particolare sono i regolatori di tensione.

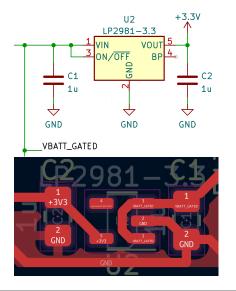
Disaccoppiamento dei regolatori di tensione



Un caso particolare sono i regolatori di tensione.

Sono circuiti integrati che producono una tensione a partire da un'altra. Richiedono condensatori di disaccoppiamento sia per la tensione in ingresso che per quella in uscita.

Disaccoppiamento dei regolatori di tensione



Un caso particolare sono i regolatori di tensione.

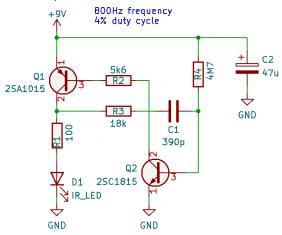
Sono circuiti integrati che producono una tensione a partire da un'altra. Richiedono condensatori di disaccoppiamento sia per la tensione in ingresso che per quella in uscita.

Il valore e il tipo di condensatori tendono ad essere più critici, meglio consultare il loro datasheet.

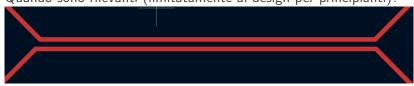
Domanda

Il condensatore C2 è un condensatore di disaccoppiamento.

Come lo posizionereste sul PCB?



Quando sono rilevanti (limitatamente ai design per principianti)?



Quando sono rilevanti (limitatamente ai design per principianti)?



Quando disegnamo due piste vicine per una lunghezza considerevole, specie se una

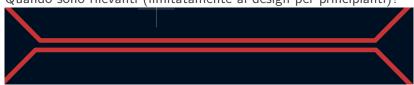
• porta un segnale digitale

Quando sono rilevanti (limitatamente ai design per principianti)?



- porta un segnale digitale
- porta un segnale ad alta frequenza

Quando sono rilevanti (limitatamente ai design per principianti)?



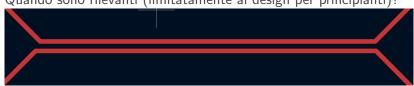
- porta un segnale digitale
- porta un segnale ad alta frequenza
- porta un segnale ad alta corrente

Quando sono rilevanti (limitatamente ai design per principianti)?



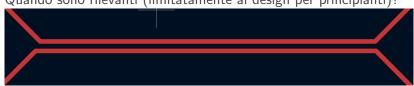
- porta un segnale digitale
- porta un segnale ad alta frequenza
- porta un segnale ad alta corrente
- e l'altra

Quando sono rilevanti (limitatamente ai design per principianti)?



- porta un segnale digitale
- porta un segnale ad alta frequenza
- porta un segnale ad alta corrente
- e l'altra
 - porta un segnale analogico

Quando sono rilevanti (limitatamente ai design per principianti)?



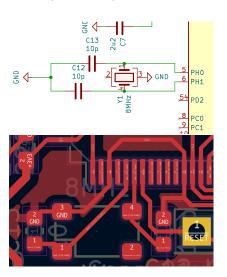
Quando disegnamo due piste vicine per una lunghezza considerevole, specie se una

- porta un segnale digitale
- porta un segnale ad alta frequenza
- porta un segnale ad alta corrente

e l'altra

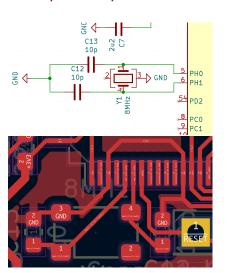
- porta un segnale analogico
- porta un segnale ad alta impedenza

Caso tipico: i quarzi e i microcontrollori



Spesso i microcontrollori hanno un oscillatore che richiede un quarzo per funzionare.

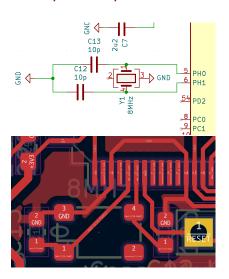
Caso tipico: i quarzi e i microcontrollori



Spesso i microcontrollori hanno un oscillatore che richiede un quarzo per funzionare.

Le connessioni con il quarzo sono segnali analogici ad alta impedenza.

Caso tipico: i quarzi e i microcontrollori

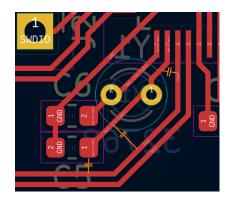


Spesso i microcontrollori hanno un oscillatore che richiede un quarzo per funzionare.

Le connessioni con il quarzo sono segnali analogici ad alta impedenza.

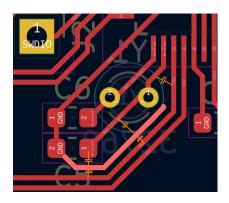
Occorre prestare particolare attenzione a tenere le piste che connettono il quarzo al microcontrollore molto corte e lontano da segnali digitali (quali i GPIO dello stesso microcontrollore!)

Guard traces



In questo PCB una delle due piste del quarzo è vicina a un GPIO digitale PA6. Immaginiamo questo generi problemi.

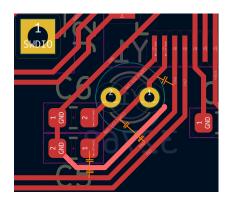
Guard traces



In questo PCB una delle due piste del quarzo è vicina a un GPIO digitale PA6. Immaginiamo questo generi problemi.

Possiamo ridurre l'accoppiamento capacitivo mettendo un'altra pista, di massa, tra le due.

Guard traces



In questo PCB una delle due piste del quarzo è vicina a un GPIO digitale PA6. Immaginiamo questo generi problemi.

Possiamo ridurre l'accoppiamento capacitivo mettendo un'altra pista, di massa, tra le due.

Una <u>pista di guardia</u> sostituisce la capacità parassita tra il segnale digitale e quello analogico con <u>due</u> capacità, ma entrambe verso massa, proteggendo il segnale analogico.