

PCB/PCB Design

PCBWay

IN QUESTO NUMERO:

- LINEE GUIDA PER LA PROGETTAZIONE DI PCB
- NELLE APPLICAZIONI A MICROONDE E MILLIMETRICHE
- COME NASCE UN PCB
- CORSO DI ELETTRONICA PER RAGAZZI - PUNTATA 15



It simply works!



Programmatori e debugger Segger ora disponibili nell'offerta della TME

TME Italia S.r.l.

Grassobbio (BG), tme@tme-italia.it

Find us on the most popular social media:



tme.eu

YOU NEED IT, WE HAVE IT!

tme.com

COSA LEGGERAI NEL 2024?

<i>TOPICS</i>	<i>MAKERS ZONE</i>	<i>DATA DI PUBBLICAZIONE</i>
Wireless/RF	Audio/Video	1 Febbraio
PCB	PCB Design	1 Marzo
Artificial Intelligence	Robotics	1 Aprile
Arduino	Open Source Projects	1 Maggio
Medical	Wearable	1 Giugno
Power/Motor	Car Hacking	1 Luglio
IoT	MEMS&Smart Sensors	1 Settembre
Renewable Energy	Smart Projetcs	1 Ottobre
Industry 4.0	Remote control	1 Novembre
Test&Measurements	Analog&Digital Signals	1 Dicembre

Nel cuore dell'elettronica Esploriamo l'innovazione nei PCB e il futuro del design elettronico

Cari lettori,
benvenuti ad un nuovo numero di Firmware 2.0, la rivista tecnica che esplora le profondità dell'elettronica moderna. In questo entusiasmante numero, ci immergeremo nel mondo dei PCB (Printed Circuit Boards) e del loro design, esaminando l'evoluzione di questo settore fondamentale in ambito elettronico.

I PCB sono da sempre la spina dorsale di ogni dispositivo elettronico che ci circonda, da smartphone a computer, da elettrodomestici a veicoli, i PCB svolgono un ruolo chiave nell'integrazione e nella connessione di componenti elettronici. L'evoluzione del mercato dei PCB e la sua importanza nel definire l'innovazione tecnologica è davvero impressionante. Dai primi giorni dei circuiti stampati, dove la tecnologia era limitata e i layout erano rudimentali, siamo giunti a un punto in cui la miniaturizzazione, l'efficienza e la complessità sono diventati elementi imprescindibili nella progettazione.

Oggi, i PCB sono molto più che semplici connettori, sono vere e proprie opere d'arte ingegneristica che consentono l'integrazione di componenti sempre più complessi in spazi ridotti, nonché i pilastri sui quali si erge il nostro mondo tecnologico. Il tema di questo numero ci offre l'opportunità di esplorare a tutto tondo le ultime tendenze e innovazioni in questo campo. Dal design delle tracce alle tecnologie di produzione avanzate, analizzeremo le best practice e le sfide che gli ingegneri devono affrontare nella progettazione di PCB all'avanguardia.

Gli utilizzi dei PCB si stanno espandendo in settori precedentemente inimmaginabili: dall'elettronica indossabile alla medicina, dai veicoli autonomi all'Internet delle Cose (IoT), i PCB sono al centro di ogni innovazione.

La loro flessibilità e adattabilità li rendono strumenti fondamentali nella creazione di soluzioni tecnologiche innovative che stanno ridefinendo il nostro modo di vivere e lavorare. Guardando al futuro, ci aspettiamo una crescita esponenziale nell'integrazione dei PCB in nuovi settori.

Tecnologie emergenti come l'Intelligenza Artificiale richiederanno PCB più potenti e sofisticati. D'altro canto, l'attenzione crescente alla sostenibilità e all'efficienza energetica spingerà l'innovazione verso un design elettronico ottimizzato per ridurre l'impatto ambientale.

Buona lettura!

Giordana Francesca Brescia

La chiave per l'accesso illimitato

Esplorate milioni di componenti per il vostro prossimo progetto



Potreste non accedere mai agli archivi segreti Vaticani, ma con noi avete accesso illimitato a milioni di componenti elettronici. Da Mouser siete sempre liberi di controllare i componenti che desiderate.

[mouser.it](https://www.mouser.it)



PCB/PCB Design



Founder&Editor
Emanuele Bonanni

CFO
Lidia Balica

Editorial Assistant
Maria Pisani

Maker in Chief
Giordana Francesca Brescia

Advertising & Marketing
Cristian Balica
cristian@contangosl.com

Graphic Designer
Marilde Mirra

Circulation
Users - 146.853
Social Network - 131.512

© Copyright

Tutti i diritti di riproduzione o di traduzione degli articoli pubblicati sono riservati. Manoscritti e disegni sono di proprietà di Contango SL.

E' vietata la riproduzione anche parziale degli articoli salvo espressa autorizzazione scritta dell'editore. I contenuti pubblicitari sono riportati senza responsabilità, a puro titolo informativo.

EDITORIALE NEL CUORE DELL'ELETTRONICA ESPLORIAMO L'INNOVAZIONE NEI PCB E IL FUTURO DEL DESIGN ELETTRONICO

2

LINEE GUIDA PER LA PROGETTAZIONE DI PCB NELLE APPLICAZIONI A MICROONDE E MILLIMETRICHE

6

#5 REGOLE D'ORO NELLA PROGETTAZIONE PCB PER APPLICAZIONI DI SEGNALI VELOCI

13

NOZIONI DI BASE SULLA PROGETTAZIONE PCB AD ALTA VELOCITÀ

20

LA DIFFERENZA TRA PCB IN ALLUMINIO E PCB FR4

22

PCBWAY, TOP PLAYER NELL'ECOSISTEMA DELLA PROTOTIPAZIONE PCB

24

GUIDA ALLA PROGETTAZIONE DEL PCB DEGLI AMPLIFICATORI DI SEGNALE RF

30

COME NASCE UN PCB

34

LINEE GUIDA PER LA PROGETTAZIONE DI PCB A SEGNALE MISTO

37

LA PROGETTAZIONE DEI CIRCUITI STAMPATI

42

TEORIA E APPLICAZIONI DEI PCB FLESSIBILI

48

COSA ASPETTARSI NEI PROSSIMI ANNI DALLA TECNOLOGIA PCB

52

IPC STANDARD PER LA PROGETTAZIONE DEI PCB

56

LA PROGETTAZIONE DEI CIRCUITI STAMPATI MILITARI E AEROSPAZIALI

60

IL RUOLO DELLA SIMULAZIONE NEL DESIGN DEI PCB: MIGLIORARE ACCURATEZZA ED EFFICIENZA

64

CORSO DI ELETTRONICA PER RAGAZZI - PUNTATA 15

72





embeddedworld

Exhibition & Conference

CONNECTING THE

EMBEDDED COMMUNITY

NÜRNBERG, GERMANY

9.–11.4.2024

Veranstalter Fachmesse
Exhibition organizer
NürnbergMesse GmbH
T +49 9 11 86 06-0
embedded-world@nuernbergmesse.de
www.embedded-world.de

Veranstalter Konferenzen
Conference organizer
WEKA Fachmedien GmbH
T +49 89 255 56-13 49
info@embedded-world.eu
www.embedded-world.eu

Medienpartner
Media cooperation

Markt & Technik
MARKT & TECHNIK VERLAGS- UND MEDIENFACHVERLAG

Elektronik

Elektronik
automotive

Elektronik
•medical

computer
automation

elektroniknet.de

NÜRNBERG MESSE



LINEE GUIDA PER LA PROGETTAZIONE DI PCB NELLE APPLICAZIONI A MICROONDE E MILLIMETRICHE

di William Thorossian

*Nel seguente articolo, esploreremo il mondo delle applicazioni ad alta frequenza a microonde e millimetriche, concentrandoci sulle sfide e le complessità legate alle tecnologie di linee di trasmissione utilizzate in questi contesti ai fini della loro implementazione su scheda. Scopriremo come i progettisti di circuiti si trovano di fronte a una serie di decisioni cruciali quando cercano di tradurre un concetto di circuito in una PCB fisica, e come piccoli errori di progettazione o caratteristiche dei materiali possano avere un impatto significativo sul risultato finale. Inoltre, esamineremo come il **processo di fabbricazione** dei PCB e le scelte dei produttori possano influenzare le prestazioni effettive, spesso discostandosi dalle previsioni teoriche fatte attraverso software di simulazione. Sarà fondamentale comprendere in che modo tali variabili influiscano sulle applicazioni a microonde e millimetriche, al fine di colmare il divario tra le aspettative teoriche e le prestazioni misurate sul campo. Nel corso di questo articolo, forniremo approfondimenti e consigli preziosi per aiutare i lettori a comprendere meglio l'importanza di considerare sia il design del circuito che il processo di produzione nella realizzazione di PCB di successo per applicazioni ad alta frequenza.*

LE SFIDE NEL PASSAGGIO DA UN PROGETTO DI CIRCUITO A UN PCB FISICO

Le applicazioni ad alta frequenza a microonde e millimetriche coinvolgono una varietà di tecnologie di linee di trasmissione, ciascuna con i propri punti di forza e debolezza. I progettisti di circuiti spesso acquisiscono familiarità con queste differenze lavorando a stretto contatto con un produttore di circuiti stampati (PCB, Printed Circuit Board) al fine di tradurre un progetto di circuito in un PCB fisico. In questo processo, possono emergere sfide legate a errori di progettazione o caratteristiche del materiale del circuito su cui verrà fabbricato il PCB. È importante notare che la struttura del progetto potrebbe non essere facilmente replicata su un PCB a causa di tali elementi trascurati. In aggiunta, sia il produttore di PCB che il processo di fabbricazione stesso possono influenzare in modo significativo le prestazioni finali del PCB. Queste prestazioni potrebbero discostarsi da quelle previste dai livelli simulati utilizzando software di simulazione dei circuiti. Pertanto, comprendere il processo che i produttori di PCB adottano e l'impatto dei loro processi di fabbricazione sui progetti dei circuiti destinati alle applicazioni a microonde e millimetriche, può contribuire a colmare il divario tra le prestazioni teoriche previste dai simulatori

di circuiti, e quelle effettivamente misurate sui PCB forniti dal produttore.

TECNOLOGIE DELLE LINEE DI TRASMISSIONE PER PCB A MICROONDE E MILLIMETRICHE

I PCB per le applicazioni a microonde e millimetriche spesso utilizzano quattro tecnologie di linea di trasmissione:

- microstriscia
- stripline
- waveguide coplanare di massa (GCPW)
- substrate integrated waveguide (SIW)

Queste quattro tecnologie sono strutturalmente diverse, anche se non è insolito che due diversi tipi di linee di trasmissione, come microstriscia e GCPW, vengano realizzate sulla stessa PCB. Le prestazioni di ciascuna tecnologia di linea di trasmissione sono influenzate dalle caratteristiche del materiale del circuito su cui è fabbricato il PCB, ma anche dai processi di fabbricazione dei circuiti che trasformano un progetto di un circuito in un PCB reale.

MICROSTRISCIA

La microstriscia (vedi **Figura 1**) è un formato di linea di

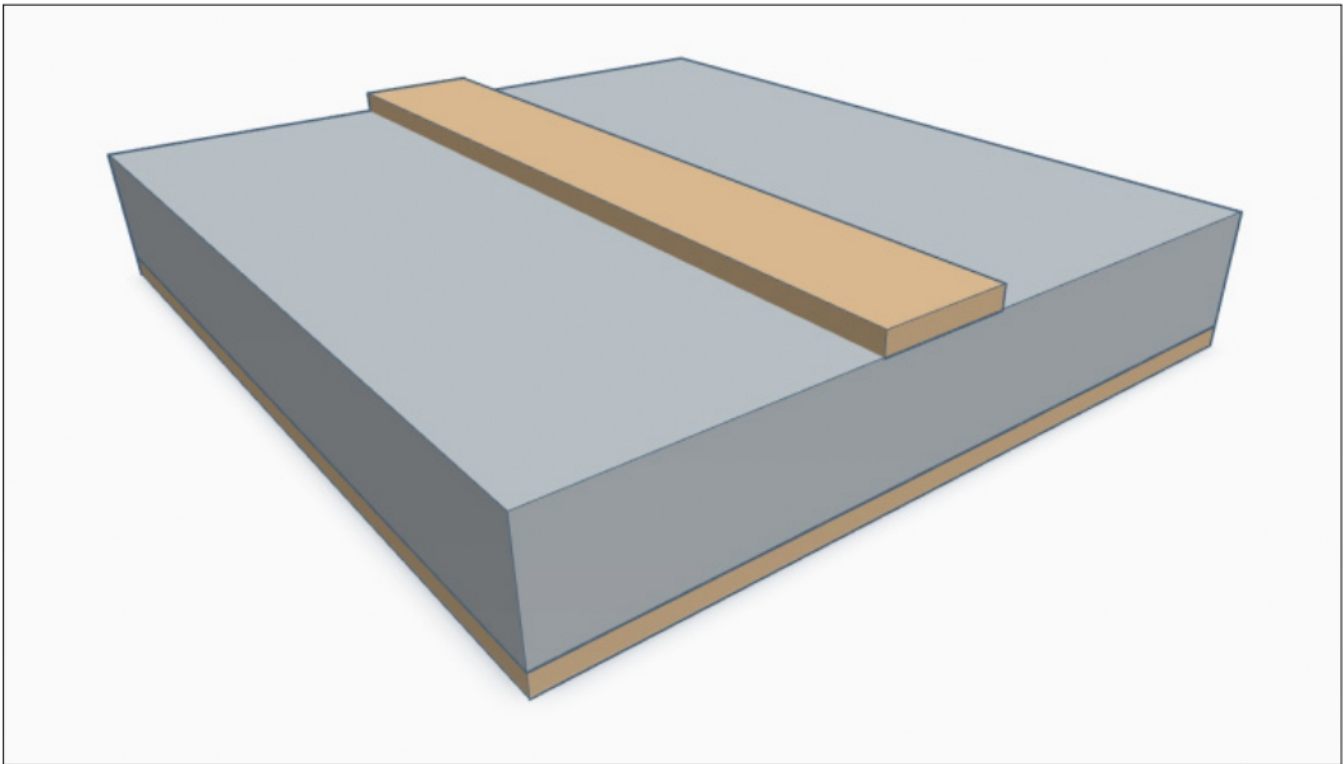


Figura 1: Microstriscia

trasmissione semplice e resistente ed è influenzata solo minimamente dal processo di fabbricazione del PCB. La larghezza del conduttore, lo spazio tra i conduttori e le variazioni di larghezza del conduttore possono influire sulle prestazioni dei circuiti ad alta frequenza, sia attivi che passivi. A causa della crescente domanda di miniaturizzazione dei circuiti, i progettisti di circuiti ad alta frequenza stanno cercando di creare PCB fisicamente più piccoli, con il rischio di avere caratteristiche di circuito sufficientemente vicine da invitare un accoppiamento elettromagnetico indesiderato. I software di simulazione dei circuiti tendono a modellare le caratteristiche del circuito con forme e spa-

leggermente più complessa rispetto alla microstriscia. La differenza principale tra le due risiede nella disposizione del conduttore centrale, che nella stripline è posizionato tra due strati di dielettrico. Questo crea una sorta di "sandwich" in cui il conduttore centrale è circondato da dielettrico su entrambi i lati. Questa complessità strutturale rende la stripline leggermente più suscettibile alle variazioni durante il processo di fabbricazione del PCB, poiché sono presenti aree all'interno della sua struttura che possono essere influenzate da imperfezioni o variazioni nel materiale dielettrico o nei processi di produzione. Queste variazioni possono influenzare le caratteristiche e

**QUELLO CHE HAI LETTO E' UN ESTRATTO, L'ARTICOLO
COMPLETO E' RISERVATO AGLI ABBONATI
AD ELETTRONICA OPEN SOURCE.**

PERCHE' ABBONARSI A PLATINUM 2.0?

**UN ANNO DI FIRMWARE 2.0
TUTTI GLI ARTICOLI TECNICI RISERVATI
CONTEST E PROMOZIONI RISERVATI**



VOGLIO ABBONARMI!

ABBONATI A

Firmware 2.0

PER AVERE **TUTTA L'ELETTRONICA
A PORTATA DI CLICK** E RESTARE SEMPRE
AGGIORNATO SULL'ELETTRONICA
EMBEDDED, I MICROCONTROLLORI E
L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA



ABBONATI ORA



 Electronica Open Source



Prova l'Integrazione ad Alto Livello nel Tuo Prossimo Progetto Touch

Dai forza a complessi e robusti progetti Touch con i DSC dsPIC33C

I nostri DSC core indipendenti touch dsPIC33C, supportati dalle nostre librerie touch per MPLAB® Code Configurator (MCC), offrono prestazioni di rilevamento capacitivo all'avanguardia e con robustezza, resistenza all'acqua e umidità, e immunità al rumore, sia condotto che irradiato. Le librerie touch sono integrate nell'ecosistema di sviluppo MPLAB per ridurre le complessità di progettazione e semplificare lo sviluppo. Le nostre soluzioni touch sono altamente resistenti ai cambiamenti ambientali e alle interferenze e offrono prestazioni elevate per una varietà di interfacce utente.

Caratteristiche Salienti

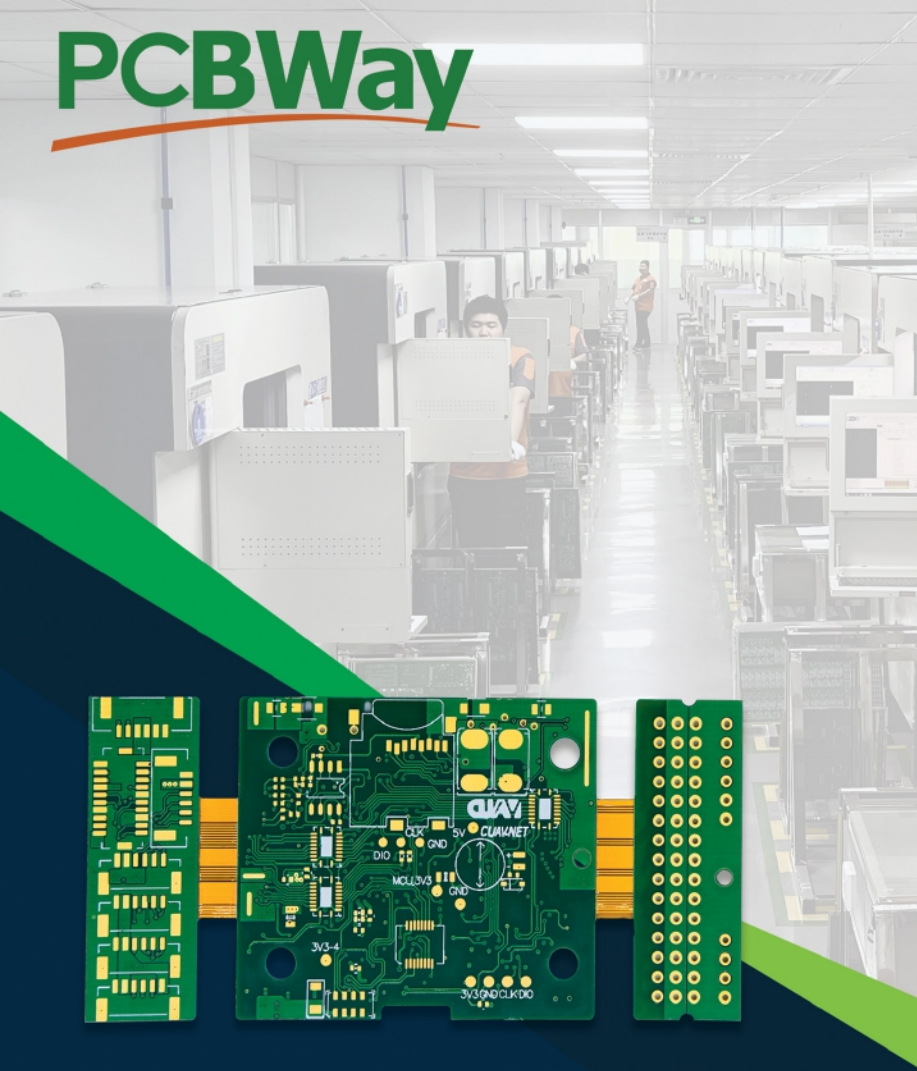
- Elevato livello di integrazione con touch robusto, complesse funzioni in tempo reale, functional safety, sicurezza, CAN FD/LIN e funzioni di housekeeping
- Acquisizione del segnale touch hardware indipendente dal core per scaricare larghezza di banda della CPU
- Tecnologia brevettata Driven Shield+ per un rilevamento tattile water-tolerant
- DSC dsPIC33C functional safety-compliant/ready consentono design conformi a ISO 26262 e IEC 61508
- Supporto per l'aggiunta di sicurezza avanzata
- DSC dsPIC33C supportano libreria touch API comuni in tutte le MCU Microchip per consentire una migrazione senza problemi
- I dispositivi scalabili con 28-100 pin e 32 KB-1 MB di memoria offrono prestazioni elevate e un rapporto prezzo-prestazioni vantaggioso



microchip.com/dsPIC-touch



Il nome e logo Microchip, e il logo Microchip sono marchi industriali registrati di Microchip Technology Incorporated negli U.S.A. e altri Stati. Tutti gli altri marchi industriali appartengono ai rispettivi titolari. © 2024 Microchip Technology Inc. Tutti i diritti riservati. MEC2543A-ITA-02-24



ECCO LE IDEE DIVENTATE REALTÀ

PCBWAY POTENZIA GLI
INNOVATORI IN TUTTO IL MONDO

Unisciti alla rivoluzione di **PCBWay**
oggi e trasforma la tua
immaginazione in realtà!

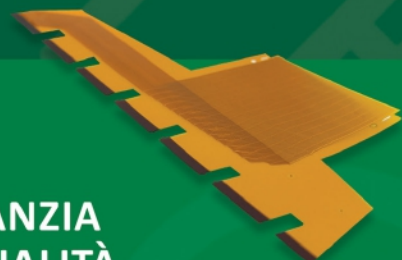
WWW.PCBWAY.COM

SERVICE@PCBWAY.COM



**PROGETTATO ALLA
PERFEZIONE**

I nostri impianti all'avanguardia e il nostro esperto team di ingegneri assicurano che i tuoi progetti prendano vita con la massima precisione ed efficienza, da un prototipo in piccola scala fino alla produzione di massa.



**GARANZIA
DI QUALITÀ**

Illustra i rigorosi processi di controllo qualità di PCBWay, sottolineando che ogni prodotto subisce test meticolosi per garantire che rispetti gli standard più elevati dell'industria.



**RAGGIUNGIBILITÀ
GLOBALE**

Evidenzia la vasta rete di PCBWay, che raggiunge gli innovatori in tutto il globo. Menziona le nostre opzioni di spedizione internazionale veloci e affidabili.



**SUPPORTO
AL CLIENTE**

Enfatizza l'impegno di PCBWay per un servizio clienti eccezionale, con un team dedicato di esperti disponibile 24/7 per assistere con qualsiasi richiesta o necessità di supporto.

NOZIONI DI BASE SULLA PROGETTAZIONE PCB AD ALTA VELOCITÀ

di PCBWay

Avete mai notato che quando si introducono alcuni progetti o tecniche PCB possiamo spesso vedere una frase come "può essere utilizzato in applicazioni ad alta velocità"? Ma quanto ne sapete sulla progettazione di PCB ad alta velocità?

La progettazione di **PCB** ad alta velocità è specificamente realizzata per soddisfare i circuiti, digitali o analogici, che operano a frequenze tipicamente superiori a 50 MHz. Settori cruciali come le reti 5G, i dispositivi IoT e il calcolo ad alte prestazioni dipendono fortemente dalla progettazione ad alta velocità per garantire uno scambio di dati rapido ed efficiente.

CONSIDERAZIONI SULLA PROGETTAZIONE AD ALTA VELOCITÀ

INTEGRITÀ DEL SEGNALE

L'integrità del segnale si riferisce alla capacità del segnale di attraversare il percorso dal trasmettitore al ricevitore designato. Questa integrità è fondamentale, in particolare nella progettazione ad alta velocità, dove i segnali sono più suscettibili alla distorsione e alla corruzione.

Nonostante l'obiettivo ideale di una trasmissione senza interruzioni, vari fattori possono influenzare l'integrità del segnale, tra cui la perdita di segnale, le riflessioni, la diafonia e il rumore indesiderato.

Nella progettazione ad alta velocità, vengono implementate considerazioni strategiche per rafforzare l'integrità del segnale. Un robusto piano di messa a terra e di alimentazione e tracce di impedenza controllata lavorano per ridurre al minimo il rumore e le interruzioni.

Inoltre, l'inserimento di tracce più ampie, rame più spesso e componenti attivi, svolge un ruolo chiave nel mitigare la perdita di segnale, contribuendo a ottimizzare l'integrità del segnale.

SUBSTRATO PCB

I circuiti ad alta velocità, spesso caratterizzati da segnali con tempi di salita rapidi e alte frequenze, richiedono substrati in grado di fornire prestazioni elettriche e termiche ottimali. Un aspetto critico della progettazione ad

alta velocità è la selezione di substrati PCB con bassa costante dielettrica (Dk). La costante dielettrica influisce sulla velocità con cui i segnali si propagano attraverso il materiale. Valori elevati di Dk comportano una propagazione del segnale più lenta, che può portare a un ritardo del segnale e ad un aumento dell'attenuazione.

Il substrato FR-4 standard ha una costante dielettrica e un fattore di dissipazione più elevati rispetto ad altri materiali del substrato, ma significa anche che rallenterà maggiormente i segnali e li attenuerà di più. Sebbene tecniche come uno stack-up a impedenza controllata possano mitigare le limitazioni in una certa misura, si consiglia generalmente di utilizzare alcuni substrati a basso Dk come Rogers 4350B e Rogers 4003C.

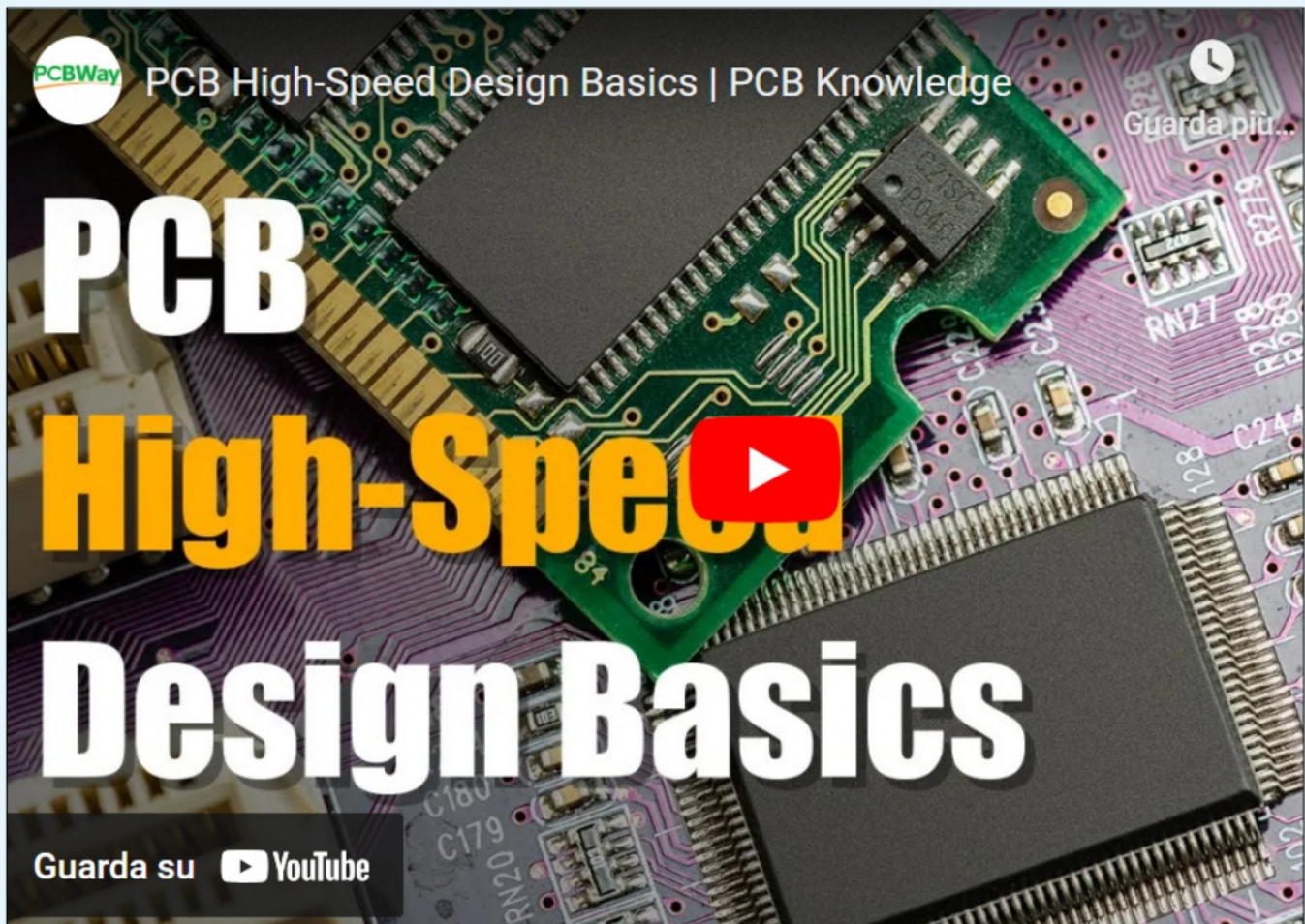
POSIZIONAMENTO DI CIRCUITI INTEGRATI DI GRANDI DIMENSIONI

Nella progettazione ad alta velocità, l'uso di **circuiti integrati** di grandi dimensioni, come microprocessori, FPGA e interfacce ad alta velocità, è essenziale per le capacità avanzate di elaborazione e gestione del segnale. Il corretto posizionamento di questi circuiti integrati di grandi dimensioni è fondamentale per ottimizzare le prestazioni del sistema.

Innanzitutto, i circuiti integrati di grandi dimensioni sono spesso fondamentali per la funzionalità di un **PCB**.

Posizionarli vicino ai connettori pertinenti può ridurre la lunghezza della traccia del segnale e migliorare l'integrità del segnale. In secondo luogo, è necessario accorciare le interconnessioni tra i pin dei componenti del circuito ad alta velocità.

Questo, perché interconnessioni più lunghe introducono induttanza e capacità più distribuite, che possono portare a problemi di riflessione del segnale, oscillazione e altri



problemi di integrità del segnale. Ciò può essere ottenuto riducendo le distanze tra i pin dei diversi componenti e intradando le interconnessioni tra i componenti utilizzando i percorsi più brevi.

STACK-UP

Lo stack-up **PCB** è un altro aspetto importante della progettazione ad alta velocità. Ecco alcuni suggerimenti aggiuntivi per la progettazione di uno stack-up PCB ad alta velocità:

Utilizzare un piano di riferimento: un piano di riferimento è uno strato continuo di rame che fornisce un potenziale di terra stabile per segnali ad alta velocità. È importante migliorare l'integrità del segnale, l'impedenza e la riduzione delle EMI.

In genere, può utilizzare un piano di massa o un piano di potenza come piano di riferimento. Ad esempio, uno stack-up a cinque livelli potrebbe essere Signal-Power Plane-Ground Plane- Signal- Signal.

Utilizzare le tracce di microstrip e stripline: le tracce di microstrip e stripline sono efficaci per controllare l'impedenza e ridurre al minimo le EMI.

La microstriscia si trova sugli strati esterni con un piano di riferimento sotto di essa, mentre la stripline ha piani di riferimento su entrambi i lati.

Link all'articolo originale: [PCB High-Speed Design Basics](https://it.emcelettronica.com/nozioni-di-base-sulla-progettazione-pcb-ad-alta-velocita)

L'autore è a disposizione nei commenti per eventuali approfondimenti sul tema dell'Articolo. Di seguito il link per accedere direttamente all'articolo sul Blog e partecipare alla discussione:

<https://it.emcelettronica.com/nozioni-di-base-sulla-progettazione-pcb-ad-alta-velocita>

LA DIFFERENZA TRA PCB IN ALLUMINIO E PCB FR4

di PCBWay

Con il continuo sviluppo della tecnologia elettronica, l'applicazione dei PCB è diventata sempre più diffusa. I PCB sono componenti integrali dei dispositivi elettronici, che svolgono ruoli cruciali in varie applicazioni. Tra questi, il PCB in alluminio e il PCB FR4 (PCB in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro) sono due tipi comuni di PCB con differenze significative in termini di materiali, prestazioni e applicazioni. I PCB a base di rame hanno una migliore conduttività termica rispetto ai PCB a base di alluminio. Questo articolo esplorerà le principali differenze tra PCB in alluminio e PCB FR4.

MATERIALI

Il nome di PCB in alluminio rivela già il suo materiale chiave: l'alluminio. In genere, esiste sotto forma di substrato di alluminio, conferendo al PCB un'eccellente conduttività termica. Uno strato isolante viene solitamente rivestito sul substrato di alluminio per isolare il circuito. Al contrario, il PCB FR4 utilizza un materiale realizzato in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro, che ha un'eccellente resistenza meccanica ma una conduttività termica relativamente scarsa. "FR" in FR4 è l'acronimo di Flame Retardant, che soddisfa i requisiti della norma UL 94V-0.

CONDUCIBILITÀ TERMICA

Il **PCB in alluminio** si distingue come scelta per la conduttività termica. L'alluminio è un eccellente conduttore termico, il che rende i PCB in alluminio molto utili nelle applicazioni che richiedono un'elevata conduzione e dissipazione del calore. Ad esempio, l'illuminazione a LED richiede un'efficiente conduzione del calore perché i componenti a LED che emettono luce generano calore. I PCB in alluminio possono trasferire e dissipare efficacemente questo calore, contribuendo a migliorare le prestazioni e la durata dei LED. Al contrario, il PCB FR4 ha una conduttività termica relativamente scarsa e in genere non è adatto per applicazioni che richiedono un'efficiente dissipazione del calore. Questo, perché FR4 è costituito principalmente da resina epossidica rinforzata con fibra di vetro, che non è un buon conduttore termico.

COEFFICIENTE DI DILATAZIONE TERMICA

A causa del problema dell'espansione termica in generale FR-4, in particolare nella direzione dello spessore della scheda, la qualità dei fori metallizzati e delle linee del circuito può essere influenzata. Il motivo principale è che c'è una differenza significativa nel coefficiente di espansione

termica nella direzione dello spessore del pannello: il coefficiente di dilatazione termica del rame è 17×10^{-6} cm/cm°C, mentre per l'FR-4 è 110×10^{-6} cm/cm°C, che è una grande differenza ed è soggetto a differenze nell'espansione termica del materiale di base, portando a rotture nelle linee di rame e nei fori metallizzati, causando danni e compromettendo l'affidabilità del prodotto. Il coefficiente di dilatazione termica dei substrati di alluminio è 50×10^{-6} cm/cm°C, che è inferiore a quello della tipica scheda FR-4 e più vicino al coefficiente di dilatazione termica della lamina di rame. Ciò è vantaggioso per garantire la qualità e l'affidabilità dei circuiti stampati. Pertanto, se si desidera ridurre il coefficiente di dilatazione termica (CTR) per la propria applicazione, i substrati in alluminio sono la scelta preferita.

STRATI DI LAMINAZIONE

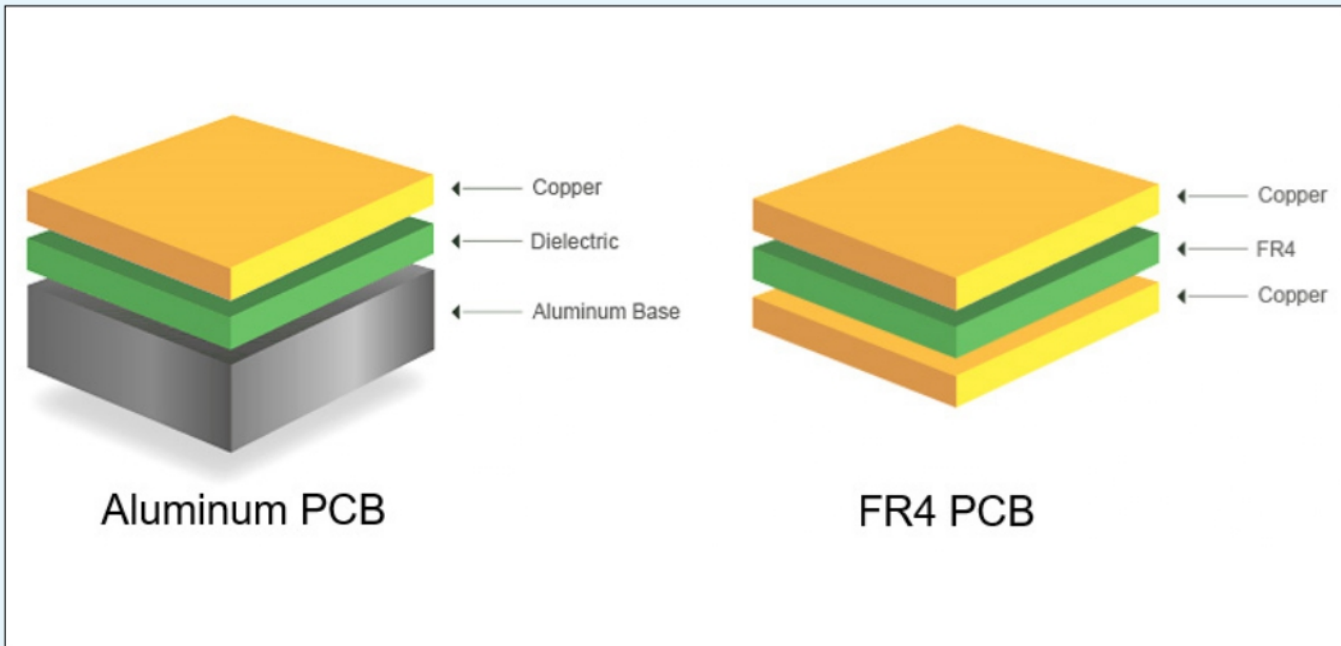
In termini di stratificazione, i **PCB** in alluminio hanno rigorosamente tre strati, mentre i PCB FR4 possono essere monostrato, doppio strato o multistrato. I tre strati di laminazione di un PCB in alluminio includono il substrato di alluminio, lo strato conduttivo in rame e lo strato dielettrico, rendendolo una scelta adatta per applicazioni esposte ad alte temperature.

RESISTENZA MECCANICA E RIGIDITÀ

Grazie alla sua base con anima in metallo, i **PCB** in alluminio presentano una maggiore resistenza meccanica e rigidità rispetto all'FR4. Per le applicazioni che richiedono PCB con una grande capacità di ospitare più componenti elettrici, i PCB in alluminio sono un'alternativa migliore. Lo strato di substrato di alluminio nel PCB fornisce una resistenza eccezionale ai componenti.

SPESSORE

Un aspetto in cui i PCB FR4 superano i substrati di allu-



minio è lo spessore della scheda. I PCB FR4 offrono PCB spessi, con spessori variabili a causa della laminazione multistrato. Tuttavia, l'intervallo di spessore dei PCB in alluminio è relativamente inferiore a causa dello spessore del dielettrico o dello strato metallico di supporto. Il merito va alla piastra di supporto, poiché il componente più spesso nei PCB in alluminio viene utilizzato per un'ulteriore dissipazione del calore.

APPLICAZIONI

Diversi tipi di PCB sono adatti a diverse applicazioni.

I **PCB in alluminio** sono tipicamente utilizzati in applicazioni che richiedono un'elevata conduttività termica e conduttività elettrica. Oltre all'illuminazione a LED, trovano ampio impiego nei moduli di potenza, nelle applicazioni RF ad alta potenza, nell'elettronica automobilistica e altro ancora. I PCB FR4 sono generalmente utilizzati nei comuni circuiti elettronici, soprattutto in applicazioni che non richiedono un'elevata conducibilità termica. La resistenza meccanica e le proprietà di isolamento elettrico dei PCB FR4 li rendono adatti a molti dispositivi elettronici comuni. In alcuni casi particolari, è disponibile un TG FR4 (High Glass Transition Temperature FR4) elevato, che ha una temperatura di transizione vetrosa più elevata, che gli consente di rimanere stabile a temperature più elevate. Questo, lo rende più adatto per applicazioni con requisiti di temperatura specifici.

In sintesi, le differenze tra PCB in alluminio e PCB FR4

sono significative in termini di materiali, conduttività termica, coefficiente di dilatazione termica, stratificazione, resistenza meccanica e rigidità, spessore e applicazioni. La scelta del giusto tipo di PCB per un'applicazione specifica è fondamentale in quanto influisce direttamente sulle prestazioni e sulla stabilità dei dispositivi elettronici.

I PCB in alluminio sono adatti per applicazioni che richiedono un'elevata conduttività termica e conduttività elettrica, mentre i PCB FR4 sono adatti per circuiti elettronici generali. Comprendere queste differenze può aiutare ingegneri e progettisti a fare scelte informate per soddisfare le esigenze dei loro progetti. Inoltre, se hai bisogno di PCB con spessori diversi, i PCB FR4 sono la scelta migliore. Tuttavia, se si desidera selezionare PCB con una forte schermatura elettromagnetica e capacità di dissipazione del calore, optare per PCB in alluminio.

Link all'articolo originale: *The Difference between Aluminum PCB and FR4 PCB*

L'autore è a disposizione nei commenti per eventuali approfondimenti sul tema dell'Articolo. Di seguito il link per accedere direttamente all'articolo sul Blog e partecipare alla discussione:

<https://it.emcelettronica.com/la-differenza-tra-pcb-in-alluminio-e-pcb-fr4>

PCBWAY, TOP PLAYER NELL'ECOSISTEMA DELLA PROTOTIPAZIONE PCB

di **Giordana Francesca Brescia**

I Printed Circuit Boards (PCB), chiamati anche schede a circuito stampato, sono componenti essenziali in innumerevoli dispositivi elettronici di varia complessità. La loro progettazione, assemblaggio e controllo rappresentano fasi fondamentali nel ciclo di vita di un prodotto elettronico. Rivolgersi a un produttore esperto come PCBWay offre numerosi vantaggi nel design, tra cui supporto tecnico specializzato, ottimizzazione delle prestazioni, affidabilità del processo di produzione e accesso a materiali di alta qualità.

L'INDUSTRIA DEI PCB PROTAGONISTA DELL'INNOVAZIONE ELETTRONICA

La **prototipazione di un PCB** è il punto di partenza per il successo di qualsiasi dispositivo elettronico. I PCB, caratterizzati da una struttura stratificata, garantiscono il corretto flusso di segnali e dati all'interno del dispositivo. Una accurata progettazione del layout di un PCB, insieme alla definizione della planimetria, coinvolge la disposizione strategica dei componenti e la traccia dei percorsi del circuito elettrico sulla scheda, parametri che un progettista deve sempre considerare per l'ottenimento delle prestazioni target del sistema. In aggiunta alla corretta fase iniziale di definizione del progetto concettuale, un assemblaggio di alta qualità e un controllo rigoroso sono essenziali per garantire il funzionamento affidabile dei dispositivi fisici. Con l'avanzamento tecnologico, la progettazione del layout dei PCB è diventata sempre più complessa, con dispositivi più piccoli e richieste di prestazioni funzionali sempre più elevate. Un moderno approccio alla progettazione dei PCB coinvolge l'uso di software avanzati di progettazione assistita da computer (CAD), strumenti che consentono agli ingegneri di creare schemi elettrici dettagliati, che vengono poi tradotti in layout fisici delle schede PCB, corredati delle posizioni più adatte per ciascun componente. La progettazione deve tener conto di fattori chiave come la **riduzione delle interferenze elettromagnetiche**, il **corretto posizionamento dei componenti**, l'**integrità del segnale**, la **dissipazione termica**, il **risparmio energetico** e l'**ottimizzazione delle dimensioni** fisiche. Una volta completata la progettazione, il passo successivo è la fase di assemblaggio che coinvolge l'installazione fisica dei componenti. Esistono due metodi principali di assemblaggio: assemblaggio attraverso fori (THT) e assemblaggio in superficie (SMT). L'assem-

blaggio THT coinvolge la saldatura dei componenti attraverso fori perforati sulla scheda, tale metodo è spesso utilizzato per componenti più grandi o quelli che richiedono una maggiore resistenza meccanica. D'altra parte, l'assemblaggio SMT coinvolge la saldatura di componenti direttamente sulla superficie della scheda, riducendo le dimensioni complessive del dispositivo e migliorandone l'efficienza. Durante la fase di assemblaggio è fondamentale garantire una saldatura di alta qualità. Problemi come saldature fredde o cortocircuiti possono compromettere gravemente e in modo irreversibile le prestazioni del dispositivo. Le moderne tecnologie di ispezione ottica e test automatico vengono spesso impiegate per garantire la qualità dell'assemblaggio. Il controllo di qualità è una tappa essenziale in ogni processo di produzione, e i PCB non fanno eccezione. Dopo l'assemblaggio, le schede vengono sottoposte a una serie di test per garantire che soddisfino gli standard di qualità e le specifiche di progetto. I test possono includere test funzionali, test di continuità, test di isolamento e altri test specifici del settore. Il test funzionale è particolarmente importante poiché verifica se il PCB funziona come previsto nel contesto del dispositivo completo, coinvolgendo l'applicazione di segnali elettrici al PCB e la verifica delle risposte. Un controllo di qualità rigoroso aiuta a individuare e risolvere eventuali difetti, garantendo che solo i PCB di alta qualità raggiungano la distribuzione nel mercato finale. Superati i severi controlli di qualità e il testing, il PCB può essere assemblato e integrato all'interno del dispositivo elettronico fisico.

Nel corso del tempo, oltre ai tradizionali PCB rigidi, l'industria elettronica ha attraversato una notevole evoluzione con l'introduzione di modelli innovativi, tra cui i PCB flessibili che consentono di sperimentare nuove frontiere dell'innovazione elettronica. Queste nuove tecnologie offrono una gamma più ampia di possibilità progettuali



Figura 1: Realizzazione di un PCB - Produzione di PCB passo dopo passo (Fonte: **PCBWay**)

e vantaggi funzionali, spingendo i confini delle applicazioni elettroniche verso nuovi orizzonti. Ad oggi, infatti, i PCB flessibili rappresentano una rivoluzione nel design elettronico oltre che una valida alternativa tecnologica. A differenza dei tradizionali PCB rigidi, questi modelli consentono una flessibilità significativa, grazie alla presenza di un materiale poco rigido che permette una deflessione molto più grande rispetto al modello di scheda rigida standard, adattandosi a forme e superfici non convenzionali, caratteristica che apre nuove possibilità di integrazione in dispositivi come indumenti intelligenti, device medicali indossabili o componenti elettronici per automobili. La flessibilità è resa possibile da materiali avanzati come il poliimmide (PI), noto per la sua resistenza alle alte temperature e la spiccata flessibilità meccanica, materiale che conferisce piegabilità e consente ai PCB flessibili di essere deformati, arrotolarsi o adattarsi a superfici curve senza compromettere le prestazioni elettriche. Le poliimmidi sono tecnopolimeri caratterizzati da una eccellente stabilità termica anche per periodi di tempo prolungati, bassi coefficienti di dilatazione termica, buona resistenza agli agenti chimici, eccellenti proprietà meccaniche, elevata flessibilità, isolamento elettrico, resistenza al creep ed estrema leggerezza. Sono inoltre resistenti alla fiam-

ma e sono facilmente lavorabili. Un'applicazione comune di questa tipologia di PCB è nei display flessibili, dove la capacità di adattarsi a superfici curve consente la creazione di schermi più innovativi e versatili. Inoltre, nei settori dell'elettronica indossabile e medicale, i PCB flessibili consentono la creazione di dispositivi più comodi e conformi al corpo umano.

In aggiunta ai PCB flessibili, i **PCB multistrato** rappresentano un altro passo avanti nell'evoluzione della tecnologia dei circuiti stampati. Questi modelli incorporano strati multipli di rame e isolanti, consentendo una maggiore densità di componenti e una connettività più avanzata. L'impiego di più strati offre anche vantaggi in termini di riduzione delle dimensioni fisiche e dell'ingombro totale. La maggiore complessità dei PCB multistrato li rende ideali per applicazioni ad alta densità, come dispositivi mobili, computer e apparati di comunicazione avanzati. La capacità di connettività consente invece la gestione di circuiti più complessi, migliorando le prestazioni e consentendo una progettazione più efficiente. Ai modelli innovativi di PCB si aggiungono poi quelli ad alta frequenza, caratterizzati da design ottimizzato e prestazioni elevate. I **PCB ad alta frequenza** sono progettati appositamente per applicazioni che richiedono la trasmissione di segnali a

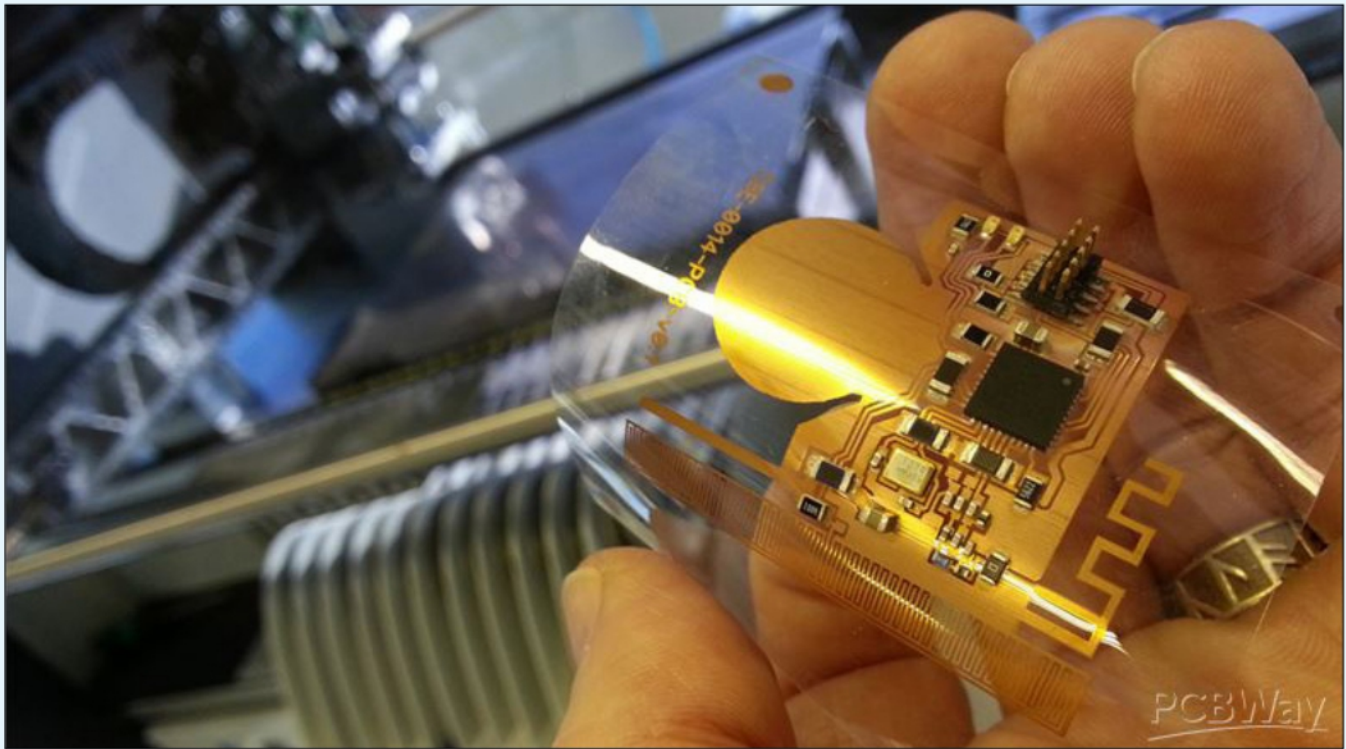


Figura 2: Flex PCB (Fonte: **PCBWay**)

frequenze molto elevate. Questi modelli sono ottimizzati per minimizzare l'attenuazione del segnale e la dispersione elettromagnetica, garantendo una trasmissione affidabile in ambienti ad alta frequenza. Le più frequenti applicazioni dei PCB ad alta frequenza includono dispositivi wireless, apparecchiature di telecomunicazione e sistemi radar. La loro progettazione mira a garantire una risposta del segnale coerente e ad evitare problemi come l'effetto skin e la dispersione del segnale, molto comuni a frequenze più elevate. I PCB destinati all'Internet delle Cose (IoT) rappresentano una categoria a sé stante, progettata per supportare la connessione di dispositivi a una rete di comunicazione. Si tratta di modelli che incorporano tecnologie che consentono la trasmissione di dati e la connettività wireless, essenziali per la comunicazione in ambienti IoT. I PCB per l'IoT possono essere implementati in una vasta gamma di dispositivi, dal monitoraggio domestico intelligente ai sensori industriali. La loro progettazione tiene conto della necessità di connettività affidabile, basso consumo energetico e capacità di gestire grandi quantità di dati, rendendo possibile l'integrazione con un futuro connesso. I PCB ad alta densità (**HDI, High-Density Interconnect**), particolarmente utilizzati in dispositivi come smartphone, tablet e indossabili dove lo spazio è un fattore critico, sono progettati per massimizzare la densità di connessione in un volume ridotto e consentire una

maggiore densità di connessioni tra gli strati del circuito. La progettazione avanzata di HDI consente di posizionare più componenti e connessioni in uno spazio più piccolo, migliorando l'efficienza del dispositivo e consentendo un design più compatto.

La ricerca in campo elettronico ha dato vita a circuiti stampati in grado di operare nelle più svariate condizioni operative, un esempio sono i PCB a bassa temperatura, con performance affidabili in ambienti estremi. Alcune applicazioni richiedono infatti PCB in grado di funzionare in ambienti difficili. I PCB a bassa temperatura sono progettati per operare in condizioni di freddo estremo, garantendo prestazioni affidabili anche a temperature molto basse in contesti come dispositivi spaziali, sensori in ambienti polari e apparecchiature destinate a climi estremamente freddi. La scelta di materiali e tecnologie adatte consente ai PCB a bassa temperatura di resistere a condizioni avverse senza compromettere le prestazioni. Complessivamente, quello dell'industria PCB è un settore in continua evoluzione, e sempre alla ricerca delle massime performance attraverso nuovi modelli e materiali avanzati come PTFE (Politetrafluoroetilene) e materiali ceramici, che consentono di migliorare le prestazioni e garantire una maggiore stabilità dimensionale. L'adozione di materiali innovativi è particolarmente rilevante in applicazioni ad alta frequenza, dove la stabilità delle caratteristiche

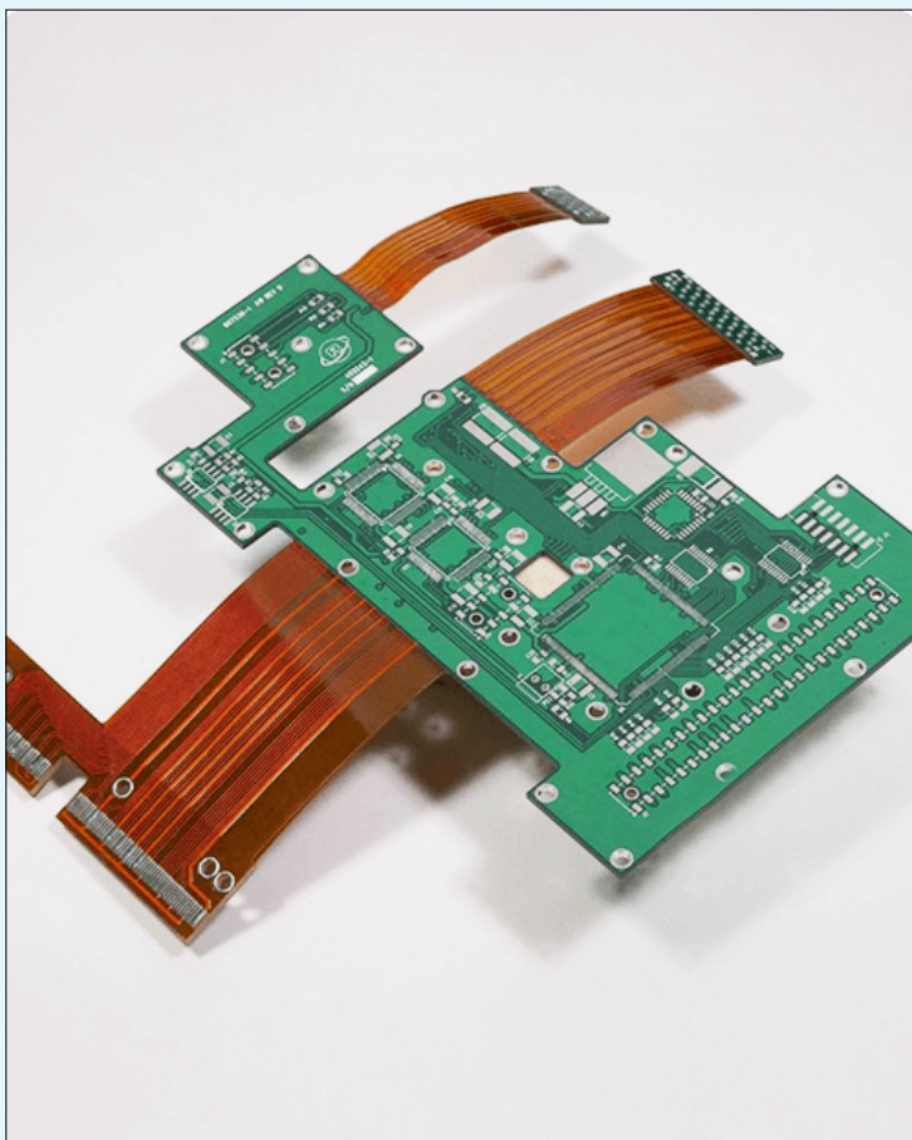


Figura 3: Tecnologia Rigid-flex PCB (Fonte: **PCBWay**)

dielettriche è un fattore critico. Questi materiali consentono di realizzare PCB con perdite di segnale ridotte e maggiore affidabilità anche in condizioni di funzionamento estreme.

RUOLO STRATEGICO DI PCBWAY NEL SETTORE DEI PCB

PCBWay è un'azienda leader nel settore dei PCB, offrendo servizi completi che coprono la progettazione, l'assemblaggio e il controllo di qualità. Nell'attuale scenario del vastissimo ecosistema PCB, l'azienda si distingue come un leader nell'industria elettronica, offrendo soluzioni complete per tutte le fasi del processo dei PCB. Nel corso degli anni, attraverso un costante impegno aziendale e obiettivi di crescita ben definiti, ha rapidamente guadagnato una

reputazione per la sua qualità, affidabilità e servizio clienti eccezionale scalando le vette del mercato elettronico. Il servizio di progettazione di PCB che **PCBWay** garantisce offre agli ingegneri una **piattaforma** intuitiva e potente per tradurre le loro idee in schemi e layout. Con una vasta libreria di componenti e funzionalità avanzate, il processo di progettazione diventa efficiente e accessibile anche per i progettisti meno esperti. Altrettanto impressionante è il **servizio di assemblaggio PCB** offerto ai clienti. Con impianti moderni e personale altamente qualificato, PCBWay può gestire una vasta gamma di progetti, dai prototipi in ridotte quantità ai volumi di produzione elevati. La flessibilità nei metodi di assemblaggio consente loro di adattarsi alle esigenze specifiche di ogni cliente. La forza si riflette anche nel rigoroso processo di controllo di

qualità. Ogni PCB attraversa una serie di severi test per garantire che soddisfi gli standard più elevati. L'impegno dell'azienda per la qualità si estende anche al rispetto delle normative ambientali e alla promozione di pratiche sostenibili. Dedizione alla qualità e costante innovazione hanno reso PCBWay una scelta affidabile per aziende e progettisti indipendenti in tutto il mondo. In un mercato elettronico in continua evoluzione, l'importanza di partner fidati diventa evidente, assicurando il successo continuo dei progetti elettronici, anche quelli più complessi.

PERCHÉ RIVOLGERSI A UN PRODUTTORE ESPERTO COME PCBWAY PER IL DESIGN DI PCB?

La progettazione di PCB è una fase delicata che richiede competenze avanzate e un approccio professionale. Investire in un approccio professionale è determinante per garantire il successo e la qualità del prodotto finale. Mentre molti appassionati e progettisti possono optare per software gratuiti per la progettazione di PCB, è essenziale considerare l'importanza di rivolgersi a un produttore esperto. Tale approccio è preferibile rispetto all'uso esclusivo di software gratuiti e programmi di simulazione. In primis, un produttore esperto dispone di un team di professionisti altamente qualificati e con conoscenze tecniche avanzate nella progettazione. La loro esperienza copre una vasta gamma di settori e applicazioni, consentendo un design più accurato e affidabile. Va sottolineato anche che utilizzare autonomamente software gratuiti può essere limitante quando si affrontano complessità o problemi specifici. PCBWay offre un supporto tecnico specializzato e avanzato che può guidare gli utenti attraverso sfide complesse, garantendo che la progettazione soddisfi standard elevati e requisiti specifici del progetto. Inoltre, la progettazione di PCB richiede più di una semplice disposizione dei componenti. I produttori esperti sono in grado di ottimizzare le prestazioni del circuito attraverso l'analisi avanzata delle tracce, la gestione termica e la disposizione strategica degli elementi, contribuendo a garantire la massima efficienza e affidabilità. La progettazione dei PCB è strettamente legata al processo di produzione. L'azienda PCBWay non solo progetta circuiti, ma offre anche servizi produttivi, con un alto livello di integrazione che permette di evitare possibili problemi di transizione tra la progettazione e la produzione, garantendo una maggiore affidabilità del processo. PCBWay ha accesso a materiali di alta qualità e componenti affidabili, offre un'ampia gamma di funzionalità e specifiche complete per soddisfare tutte le esigenze e garantisce un preventivo istantaneo e il servizio di ordine

online. Rivolgersi ad un produttore esperto significa poter contare su materiali che rispettano gli standard qualitativi più elevati, contribuendo a prevenire guasti prematuri e prolungando la vita utile del dispositivo. Pertanto, invece di dedicare tempo alla ricerca e all'apprendimento di software gratuiti, sarebbe opportuno rivolgersi a un produttore esperto che consente di risparmiare tempo ed energie. Il processo di progettazione diventa più efficiente e affidabile poiché permette ai progettisti di concentrarsi su aspetti più critici del loro lavoro.

IL FUTURO DEI PCB

L'evoluzione dei PCB continua a guidare l'innovazione nell'industria elettronica coinvolgendo diversi aspetti quali l'introduzione di nuovi modelli, come i PCB flessibili, e l'adozione di tecnologie avanzate e nuovi materiali, che promettono di aprire nuove frontiere di possibilità progettuali. Mentre l'attenzione si sposta verso dispositivi elettronici progressivamente più compatti, efficienti ed ecologici, i PCB si adattano costantemente per soddisfare le crescenti esigenze del mercato. L'ingegnerizzazione dei PCB attraverso una meticolosa e dettagliata analisi di aspetti progettuali che includono prestazioni, dimensioni, materiali, spessore, dissipazione di calore e costi, è al centro di qualunque moderno progetto elettronico. L'azienda PCBWay, in sintonia con queste tendenze, continua a svolgere un ruolo strategico nell'agevolare l'adozione delle nuove tecnologie, fornendo soluzioni innovative e di alta qualità per soddisfare le esigenze di progettisti e aziende in tutto il mondo. Con una vasta gamma di servizi che coprono sia i modelli tradizionali sia le più recenti innovazioni, PCBWay si posiziona come un partner affidabile per il futuro del design elettronico.



The logo for PCBWay features the company name in a bold, green, sans-serif font. A thick, orange, curved line sweeps underneath the text from left to right, ending under the 'y'.

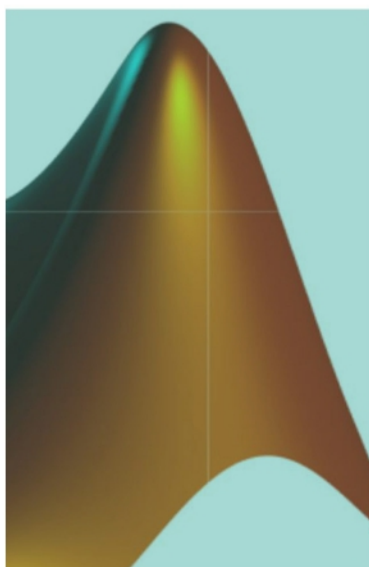
L'autore è a disposizione nei commenti per eventuali approfondimenti sul tema dell'Articolo. Di seguito il link per accedere direttamente all'articolo sul Blog e partecipare alla discussione:

<https://it.emcelettronica.com/pcbway-top-player-nellecosistema-della-prototipazione-pcb>



La piattaforma di Elettronica Open Source dedicata ai corsi

SEI UN **PROFESSIONISTA** DELL'**ELETTRONICA**?



CON I CORSI **EOS-ACADEMY** PUOI
MIGLIORARE IL TUO KNOW-HOW E
LE TUE COMPETENZE SULLA
PROGETTAZIONE ELETTRONICA



SCOPRI I CORSI!



COME NASCE UN PCB

di Maila Agostini

L'evoluzione incessante della tecnologia elettronica è intimamente legata alla produzione e all'ottimizzazione dei PCB, cioè dei circuiti stampati. Questi intricati intrecci di conduttori elettrici, isolanti e componenti sono il cuore pulsante di qualsiasi dispositivo elettronico moderno, dalle piccole apparecchiature ai dispositivi complessi. In questo articolo, esploreremo con attenzione il processo di nascita di un PCB, dall'idea iniziale alla realizzazione pratica. Cominceremo dalla progettazione dettagliata del circuito, usando strumenti di progettazione assistita per creare uno schema elettrico preciso. Successivamente, ci immergeremo nell'essenza della produzione. Analizzeremo inoltre i materiali chiave utilizzati per la creazione del substrato e l'applicazione delle tracce conduttive. Un viaggio informativo tra le fasi di incisione, saldatura, e finitura che consentono a un progetto di diventare una realtà funzionante.

Un circuito stampato, comunemente noto come PCB (Printed Circuit Board), costituisce un pilastro essenziale per il panorama dell'elettronica moderna. Questo componente tecnologico all'avanguardia offre un sostegno fisico essenziale e facilita connessioni elettriche al funzionamento sinergico dei vari componenti che compongono un dispositivo elettronico. Attraverso la sua struttura stratificata, il PCB consente un'organizzazione ordinata dei percorsi elettrici, garantendo così il corretto flusso di segnali e dati all'interno del dispositivo. Non si tratta solo di un insieme di conduttori elettrici su uno strato isolante; è piuttosto il risultato di un meticoloso processo di progettazione e produzione. Per comprendere appieno come nasce un PCB, è fondamentale esaminare le diverse fasi coinvolte nella sua creazione. Questo processo, che richiede precisione ed expertise, comincia dalla progettazione del circuito e si estende fino alla produzione fisica del PCB, coinvolgendo passaggi cruciali come la scelta dei materiali, la definizione del layout, l'incisione, la saldatura e il controllo qualità.

PROGETTAZIONE DEL CIRCUIT DESIGN

La progettazione del circuit design per un PCB rappresenta il fulcro dell'intero processo di creazione. In questa fase, gli ingegneri elettronici traducono idee e requisiti in un intricato schema elettrico. Utilizzando avanzati strumenti di progettazione assistita dal computer, come CAD per esempio, vengono delineati i percorsi elettrici, posizionati i componenti, e pianificata l'interconnessione tra di essi. La precisione è fondamentale, in quanto un errore concettuale può ripercuotersi su tutto il processo. Gli ingegneri devono considerare vari aspetti, come il **flusso ottimale di segnali, minimizzare le interferenze elettromagnetiche, garantire l'efficienza energetica e rispettare le specifiche** del dispositivo. In questa fase,

vengono anche scelti i materiali più adatti, tenendo conto delle proprietà elettriche, meccaniche e termiche necessarie per il PCB finale. La progettazione del circuit design richiede una profonda conoscenza dell'elettronica e delle tecnologie PCB, un'attenta analisi delle esigenze e una costante collaborazione tra progettisti e ingegneri. È il punto di partenza critico che getta le basi per il successo e l'efficienza del PCB in tutte le fasi successive della produzione.

CREAZIONE DEL GERBER FILE

La creazione del Gerber File è un passaggio chiave nella produzione di un PCB; trasforma infatti la progettazione concettuale in dati digitali pronti per la fabbricazione fisica. Il Gerber File rappresenta un linguaggio universale che descrive i dettagli del layout del circuito in modo dettagliato. Gli ingegneri traducono il disegno concettuale in questo formato, che include informazioni sulle piste di rame, i fori per i componenti, le maschere saldanti e altri dettagli. Ogni elemento, dall'orientamento dei componenti alle dimensioni delle tracce, viene codificato con precisione per garantire la precisione e l'affidabilità nella produzione. Questi dati sono quindi inviati al fabbricante del PCB per il processo successivo. Il termine 'Gerber' deriva dal formato di file sviluppato inizialmente da Gerber Scientific Inc. Questi file contengono informazioni in forma di immagini vettoriali, definendo i vari strati del PCB, come i percorsi di rame e le maschere. La creazione del Gerber File richiede un'attenzione meticolosa ai dettagli, in quanto è fondamentale che i dati siano accurati e completi. Qualsiasi errore o imprecisione in questa fase potrebbe compromettere l'intero processo produttivo. In ultima analisi, il Gerber File svolge un ruolo cruciale nel garantire che il design concettuale si traduca in un PCB funzionante e performante, rappresentando un punto di partenza

essenziale per la produzione di alta qualità.

SCelta DEL MATERIALE E DELLO SPESSORE DEL PCB

La scelta accurata del materiale e dello spessore per un PCB è un elemento critico nel garantire le prestazioni, la durabilità e l'affidabilità del dispositivo elettronico finale. Diversi materiali, come il FR-4, il poliimide e l'alluminio, offrono proprietà e caratteristiche uniche. Il **FR-4**, un materiale composito costituito da vetro e resina epossidica, è ampiamente utilizzato per PCB standard a doppio strato e multistrato, offrendo un buon compromesso tra prestazioni e costo. Il **poliimide** è noto per la sua resistenza termica e viene spesso impiegato in applicazioni ad alta temperatura, come dispositivi per l'aerospaziale e l'industria automobilistica. D'altra parte, l'**alluminio** è una scelta preferita per i PCB ad alta potenza e a dissipazione di calore. Lo spessore del PCB è altrettanto significativo e dipende dall'applicazione specifica. PCB sottili sono utilizzati in dispositivi compatti come smartphone, mentre PCB più spessi possono essere necessari per applicazioni ad alta potenza o in cui è richiesta una maggiore rigidità strutturale. La progettazione e l'ingegneria del PCB richiedono una valutazione attenta di questi fattori, bilanciando le esigenze di prestazioni, dimensioni, dissipazione di calore e budget. In ultima analisi, la scelta del materiale e dello spessore garantisce che il PCB soddisfi le specifiche richieste, contribuendo a creare dispositivi elettronici efficienti e affidabili, pronti a far fronte alle sfide tecnologiche del futuro.

PREPARAZIONE DEL SUBSTRATO

La preparazione accurata del substrato è una fase fondamentale nella creazione di un PCB. Durante questa fase, il substrato viene *tagliato* nelle dimensioni desiderate, seguendo attentamente il layout progettato. Questo passo

del substrato, il rame in eccesso viene rimosso tramite incisione chimica, definendo così il pattern conduttivo desiderato. Questo processo, noto come attacco, coinvolge l'immersione del substrato rivestito di rame in una soluzione chimica corrosiva che dissolve il rame non protetto, lasciando intatte solo le tracce conduttive. È un'operazione precisa e controllata che richiede l'uso attento di sostanze chimiche e il monitoraggio rigoroso dei tempi di immersione. Dopo l'incisione, si passa alla fase di *saldatura*; questa operazione richiede la fusione di leghe metalliche, generalmente a base di stagno, che fungono da collegamenti elettrici tra i componenti e il circuito, **a basse temperature. I componenti vengono posizionati sul PCB seguendo il layout progettato durante la fase iniziale. Successivamente, il PCB viene esposto a temperature controllate, facendo sì che la lega di saldatura si fonda e colleghi i componenti ai loro rispettivi punti sul circuito.**

MASCHERA SALDANTE E SERIGRAFIA DEL PCB

La maschera saldante e la serigrafia rappresentano fasi essenziali nella finitura, contribuendo alla funzionalità, all'aspetto e alla qualità complessiva del circuito stampato. La **maschera saldante** è uno strato di materiale che copre le aree del PCB dove non è richiesta la saldatura. Questa protezione è di vitale importanza, poiché **impedisce la saldatura accidentale su parti del circuito dove non è desiderata**. Si tratta di un rivestimento spesso verde o rosso che, in ultima analisi, favorisce una saldatura più precisa e riduce il rischio di cortocircuiti indesiderati. Dall'altra parte, la serigrafia coinvolge l'applicazione di identificazioni, marcature o simboli sul PCB. Questa fase, spesso chiamata *silkscreening*, permette di indicare posizioni e polarità dei componenti, semplificando l'assemblaggio e la manutenzione. Le informazioni fornite dalla

QUELLO CHE HAI LETTO E' UN ESTRATTO, L'ARTICOLO COMPLETO E' RISERVATO AGLI ABBONATI AD ELETTRONICA OPEN SOURCE.

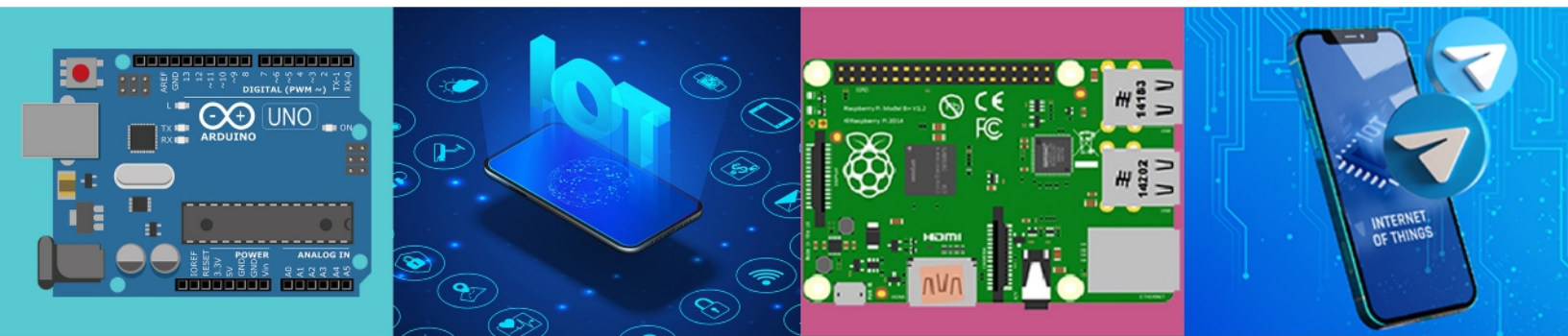
PERCHE' ABBONARSI A PLATINUM 2.0?

**UN ANNO DI FIRMWARE 2.0
TUTTI GLI ARTICOLI TECNICI RISERVATI
CONTEST E PROMOZIONI RISERVATI**



VOGLIO ABBONARMI!

SEI UN **MAKER** O UN **HOBBISTA** DELL'**ELETTRONICA**?



CON I CORSI **MAKERS ACADEMY** PUOI
**MIGLIORARE LE TUE COMPETENZE
ELETTRONICHE O ACQUISIRLE ANCHE
PARTENDO DA ZERO**



MAKERS
CADEMY

SCOPRI I CORSI!



CORSO DI ELETTRONICA PER RAGAZZI – PUNTATA 15

di Fulvio De Santis

Negli esercizi svolti nella precedente puntata “Corso di Elettronica per ragazzi - Puntata 14” sono stati eseguiti calcoli di tensioni, correnti e amplificazione di tensione di un circuito amplificatore di tensione basato su un modello equivalente costituito da un generatore di tensione dipendente controllato in tensione e da un generatore di corrente dipendente controllato in corrente. Il calcolo dell'amplificatore di tensione è stato eseguito applicando la legge di Ohm, l'analisi nodale, le leggi di Kirchhoff, il teorema di Thevenin e i metodi di calcolo della resistenza equivalente. Con il teorema di Thevenin abbiamo potuto ridurre la complessità del circuito amplificatore in un più semplice circuito composto da una resistenza equivalente in serie ad un generatore indipendente di tensione. In questa puntata, faremo un esercizio utilizzando il teorema di Thevenin e di Norton con cui calcoleremo l'amplificazione di corrente di un amplificatore di corrente.

INTRODUZIONE

Nella puntata precedente abbiamo eseguito un esercizio calcolando i parametri di un amplificatore di tensione. L'esercizio di questa puntata riguarda un amplificatore di corrente di cui in **Figura 1** riportiamo lo schema elettrico. Di questo amplificatore di corrente calcoleremo l'amplificazione di corrente utilizzando sia il teorema di Thevenin che di Norton.

Il circuito di **Figura 1** è costituito da un generatore indipendente di tensione V_G con la sua resistenza in serie R_G , due resistori R_1 e R_2 in parallelo, un generatore dipendente di corrente $50I$ controllato in corrente dalla corrente I (ricordiamo che il simbolo $50I$ in realtà deve intendersi come il prodotto $50 \cdot I$) che scorre nel resistore R_2 e, infine, dal resistore di uscita R_o . L'utilizzatore della corrente amplificata è il resistore R_L collegato ai terminali di uscita dell'amplificatore. All'uscita dell'amplificatore si dispone una tensione di uscita V_o .

Ora, la prima cosa da fare è di semplificare il circuito ricavando il circuito equivalente al circuito di uscita dell'amplificatore, pertanto inizialmente lo faremo applicando il teorema di Thevenin, successivamente applicando il teorema di Norton.

CALCOLO DEL CIRCUITO EQUIVALENTE DI THEVENIN

Vogliamo sostituire il circuito di uscita dell'**amplificatore** (costituito dal generatore dipendente di corrente $50I$ e dal resistore R_o) con il circuito equivalente di Thevenin. Abbiamo già dato la definizione del teorema di Thevenin nella puntata 11 del corso, quindi basta ricordare che

dobbiamo ricavare il generatore equivalente di Thevenin V_T calcolando la tensione a vuoto ai terminali di uscita dell'amplificatore (R_L scollegato); poi dobbiamo spegnere i generatori indipendenti e calcolare la resistenza equivalente R_T vista dai terminali di uscita dell'amplificatore.

Il circuito equivalente di Thevenin sarà quindi costituito da un generatore equivalente di tensione con in serie un resistore avente resistenza equivalente del circuito di uscita.

CALCOLO DEL GENERATORE EQUIVALENTE DI TENSIONE DI THEVENIN

Per calcolare la tensione a vuoto V_o , ovvero il valore di tensione V_T del generatore di tensione equivalente di Thevenin, osserviamo che la V_o corrisponde alla tensione ai capi di R_o :

$$V_o = -R_o \cdot 50I$$

Notiamo il segno “-” nell'equazione, infatti, la corrente del generatore dipendente di corrente $50I$ circola nel resistore R_o con verso contrario al verso della V_o (ricordiamo che, per convenzione, la corrente scorre dal potenziale positivo al potenziale negativo, quindi la freccia del generatore di corrente controllato indica che la corrente entra nel terminale inferiore del resistore R_o ed esce dal terminale superiore).

Considerando scollegato il resistore R_L , la tensione V_o è proprio la tensione a vuoto del circuito di uscita dell'amplificatore, quindi equivale alla tensione V_T di Thevenin.

$$V_o = V_T = -R_o \cdot 50I$$

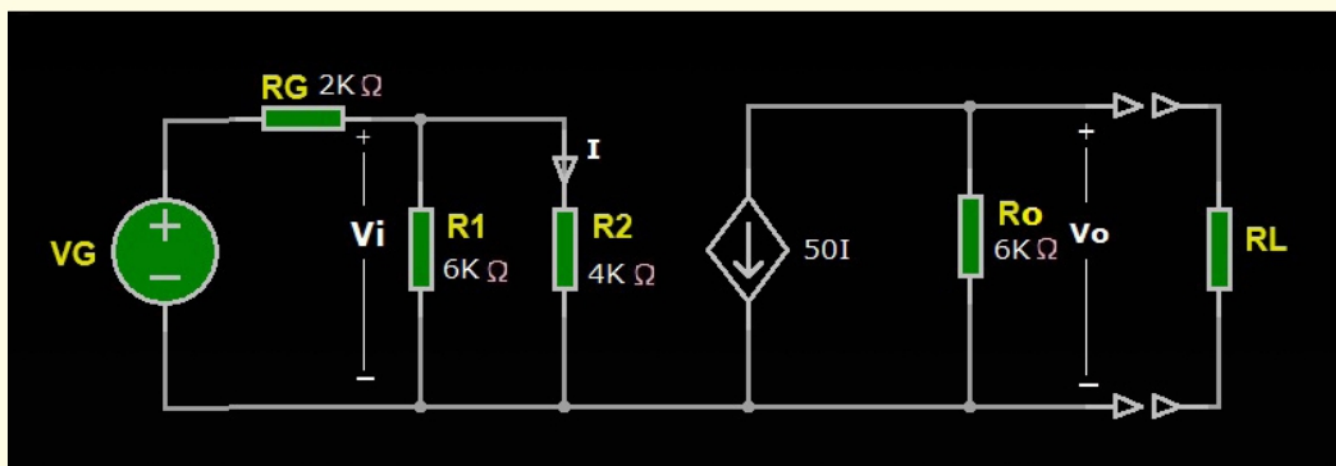


Figura 1: Schema elettrico dell'amplificatore di corrente

A questo punto, dobbiamo solo calcolare la corrente I per ricavare V_T . Come possiamo notare osservando il circuito d'ingresso dell'amplificatore di **Figura 1**, la corrente I scorre nel resistore R_2 , quindi per ottenere la corrente I , noto il valore del resistore R_2 , basterebbe conoscere la tensione V_i ai capi dei resistori R_1 e R_2 , infatti:

$$I = V_i / R_2$$

Andiamo allora a calcolare la tensione V_i utilizzando il partitore di tensione, ossia la tensione V_G ripartita fra il resistore R_G e il parallelo di R_1 e R_2 :

$$V_i = V_G / (R_G + R_1 // R_2) * (R_1 // R_2)$$

La notazione $R_1 // R_2$ che abbiamo usato per semplificare l'equazione, indica il parallelo dei resistori R_1 e R_2 che, infatti, hanno la stessa tensione V_i ai loro estremi.

Quindi, prima di procedere al calcolo della tensione V_i oc-

$$I = V_i / R_2 = 0,54 * V_G / 4000 = 0,000135 * V_G \text{ (Ampere)}$$

Finalmente, siamo in grado di conoscere il valore della tensione V_T di Thevenin:

$$V_T = -R_o * 50 * I = -6000 * 50 * 0,000135 * V_G = -40,5 * V_G \text{ (Volt)}$$

$$V_T = -40,5 * V_G \text{ (Volt)}$$

Fin qui abbiamo ottenuto il generatore equivalente di Thevenin, quindi, non ci resta che calcolare la resistenza equivalente di Thevenin R_T .

CALCOLO DELLA RESISTENZA EQUIVALENTE DI THEVENIN

Come sappiamo dalla definizione del teorema di Thevenin, per calcolare la resistenza equivalente di Thevenin R_T dobbiamo spegnere i generatori indipendenti di tensione e di corrente, nel nostro caso solo il generatore indipendente di tensione V_G , e considerare la R_T vista dai

QUELLO CHE HAI LETTO E' UN ESTRATTO, L'ARTICOLO COMPLETO E' RISERVATO AGLI ABBONATI AD ELETTRONICA OPEN SOURCE.

PERCHE' ABBONARSI A PLATINUM 2.0?

UN ANNO DI **FIRMWARE 2.0**
TUTTI GLI ARTICOLI TECNICI RISERVATI
CONTEST E PROMOZIONI RISERVATI



 **VOGLIO ABBONARMI!!**

+ 145.000

REGISTERED USERS

7.414

 AVERAGE DAILY PAGEVIEWS (FEB2020)

830.610

 2020 ANNUAL VISITORS

THE BIGGEST EMBEDDED COMMUNITY IN ITALY

CATEGORIES

PROFESSIONALS

53 %

ACADEMICS/STUDENTS

25 %

MAKERS/HOBBYISTS

22 %

SOCIAL CONNECTIONS

f + 83.000

in + 23.000

