

PCB Design Power Management

PCBWay

PCBWay

IN QUESTO NUMERO:

PCB: FORO PASSANTE O MONTAGGIO SUPERFICIALE?

LO STATO DELL'ARTE DEI PCB AD ALTA DENSITÀ HDI

CORSO DI ELETTRONICA PER RAGAZZI - PUNTATA 24

E MOLTI ALTRI ARTICOLI E PROGETTI!



Authorized Distribution. Trusted Expertise.

- Memory Components (ICs)
- Industrial Memory Modules
- Industrial SSDs
- Manufacturer-Neutral Advisory
- Second Source Solutions
- Reliable Long-Term Availability

Visit us at



Nuremberg, Germany - Hall 1 / Booth 1-534

KIOXIA

SAMSUNG

EXASCEND



PHISON



RAMXEED

INSIGNIS
TECHNOLOGY CORPORATION



winbond

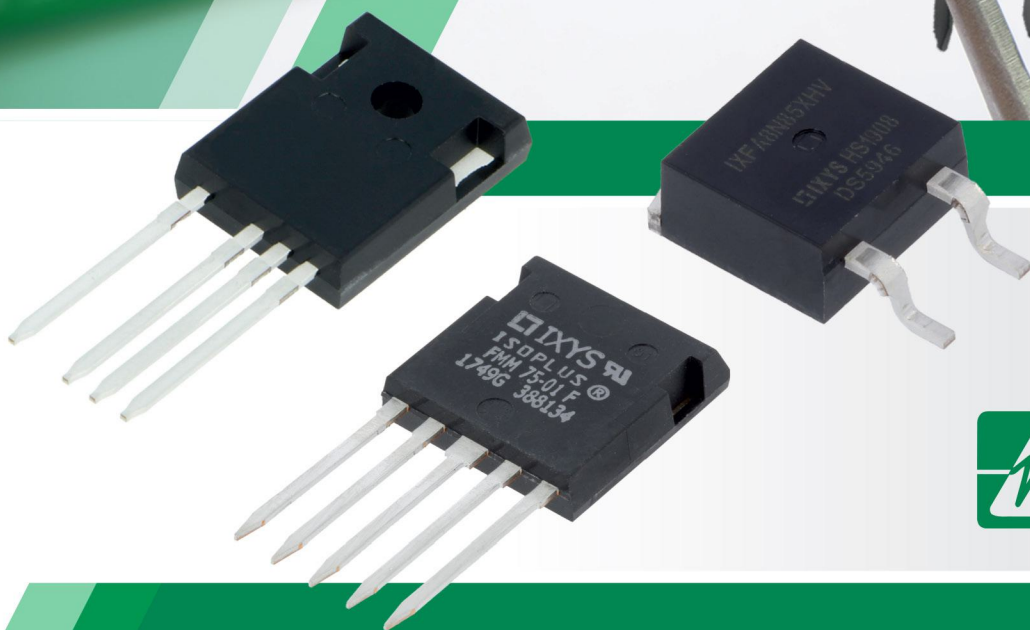
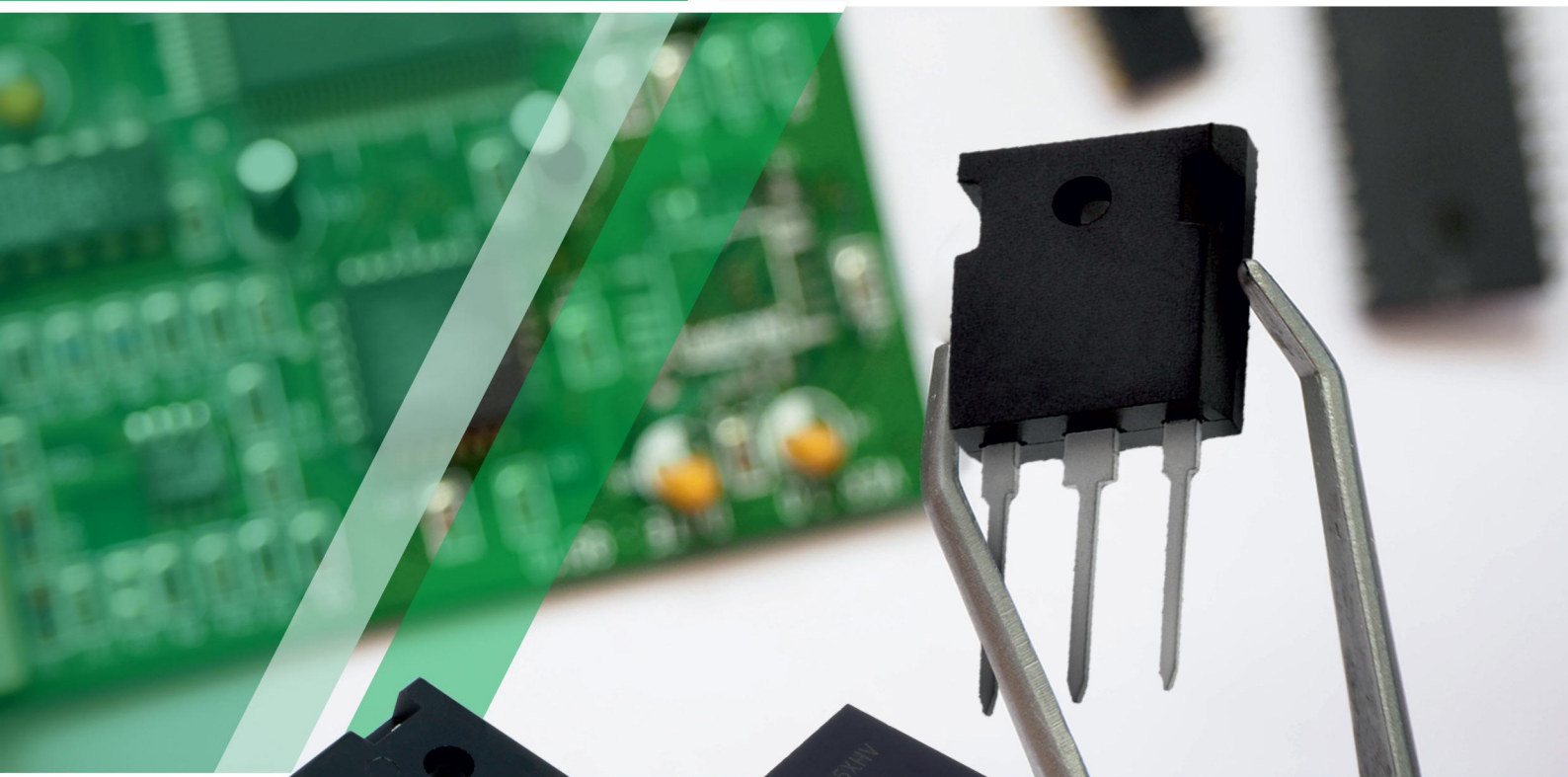


www.memorysolution.com

COSA LEGGERAI NEL 2025?

<i>TOPICS</i>	<i>MAKERS ZONE</i>	<i>DATA DI PUBBLICAZIONE</i>
PCB Design	Power Management	1 Febbraio
Embedded	Microcontrollers	1 Marzo
Automotive	Sensors	1 Aprile
Artificial Intelligence	Edge AI	1 Maggio
Raspberry Pi	Wearable Projects	1 Giugno
Wireless/RF	Retrogaming	1 Luglio
Arduino	Open Source Projects	1 Settembre
IoT	Smart Monitoring	1 Ottobre
Industry 4.0	Automation Projects	1 Novembre
Test&Measurements	Connectors	1 Dicembre

**TRANSISTOR UNIPOLARI
DI LITTELFUSE E IXYS
NEL CATALOGO TME**



Un nuovo anno ricco di sfide e opportunità tecnologiche

PCB Design e Power Management: il cuore dell'elettronica moderna

Cari lettori, con il 2025 appena iniziato, siamo entusiasti di celebrare insieme a voi un importante traguardo: il numero cinquanta della rivista di Elettronica Open Source, nonché primo numero del nuovo anno. Il 2025 si preannuncia come un anno strategico per l'industria dell'elettronica, carico di innovazioni tecnologiche con l'espansione dell'Intelligenza Artificiale che avanza, oltre all'aumento esponenziale di dispositivi IoT connessi, e sarà dominato da parole chiave come sostenibilità, ottimizzazione energetica e miniaturizzazione.

Il mondo dell'elettronica continua ad evolversi rapidamente, spingendoci ad esplorare nuovi orizzonti, affrontare complessità crescenti e cogliere nuove opportunità. In questo spirito, iniziamo l'anno con un focus su un tema di grande interesse: PCB Design e Power Management, un argomento che racchiude sia l'arte della progettazione dei circuiti stampati, sia le strategie per un'efficienza energetica superiore. Il PCB Design è il cuore di ogni progetto, dal più semplice sensore ai più complessi sistemi embedded. Nell'universo dell'elettronica, i PCB (Printed Circuit Boards) sono molto più di semplici piattaforme fisiche, essi rappresentano, infatti, il nucleo che collega e armonizza tutti i componenti di un progetto.

Progettare un PCB non è solo una questione tecnica, è un esercizio di precisione, creatività e strategia. I progettisti affrontano oggi sfide come l'integrazione di componenti sempre più piccoli e potenti in spazi limitati, mantenendo alte prestazioni e riducendo i costi. Un'efficace progettazione PCB richiede combinazione di competenze tecniche, attenzione al dettaglio e capacità di anticipare le esigenze del sistema.

L'interconnessione tra PCB Design e Power Management sarà sempre più rilevante e marcata. Con la crescente miniaturizzazione dei dispositivi elettronici e l'esplosione di nuove applicazioni in settori come l'IoT, l'automotive e l'Industry 4.0, il ruolo del progettista di circuiti stampati è diventato ancora più strategico. Un aspetto fondamentale, che va di pari passo con il design PCB, è il Power Management, in un'epoca in cui l'efficienza energetica e la sostenibilità sono al centro di questioni ambientali ed economiche, la gestione ottimale dell'energia rappresenta un obiettivo condiviso che nessun progettista può ignorare.

Con l'espansione delle tecnologie emergenti, il mondo elettronico è chiamato a progettare dispositivi che consumano meno energia e che sono in grado di operare per anni con una singola batteria, allo stesso tempo, l'equilibrio tra prestazioni, durata della batteria e dissipazione del calore è diventato un fattore determinante in settori come i dispositivi indossabili, i veicoli elettrici e le infrastrutture IoT.

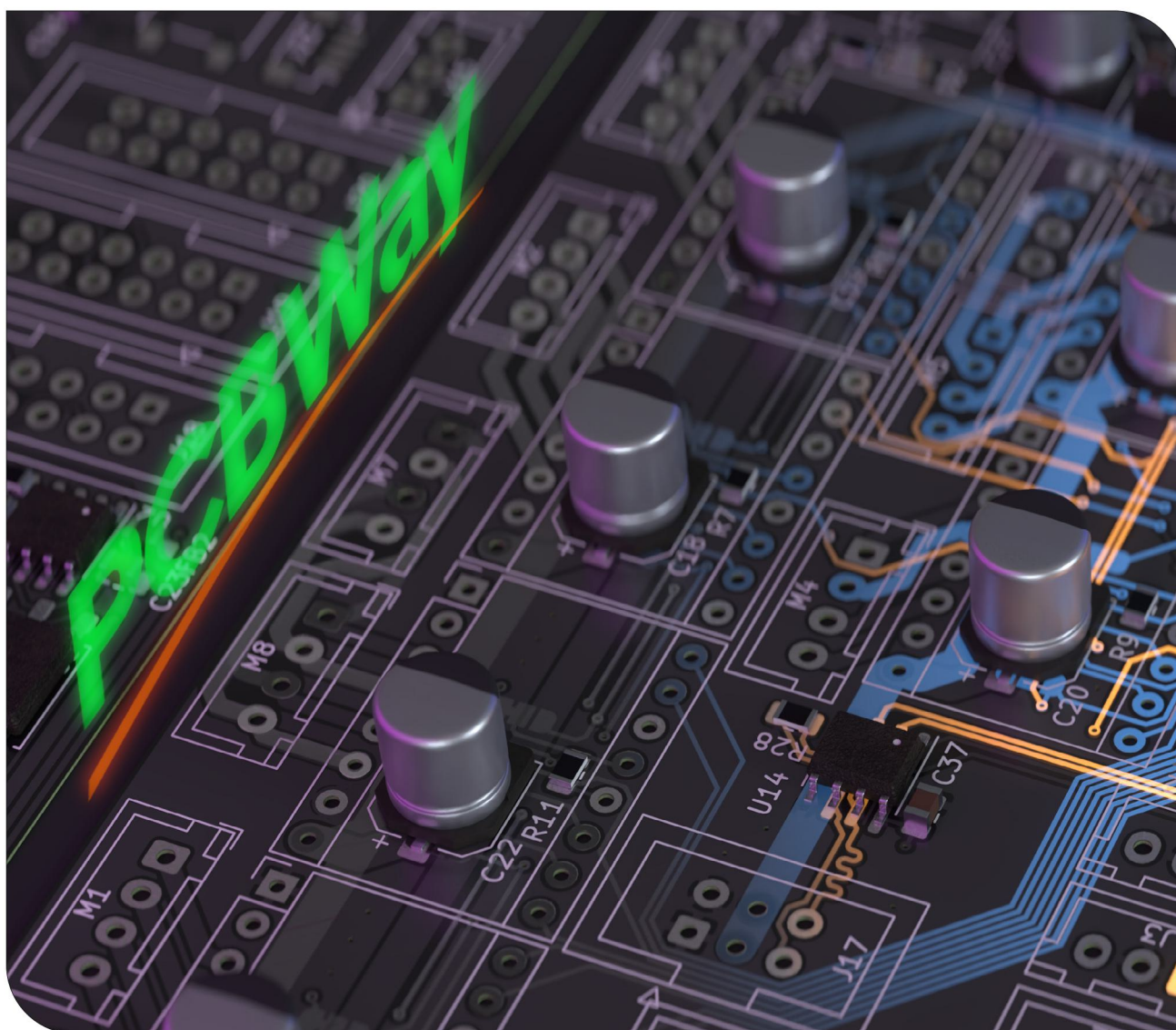
In questo numero, andremo ad esplorare le ultime tendenze nella progettazione PCB, dai materiali alle tecniche di design per la riduzione delle interferenze elettromagnetiche (EMI), ed affronteremo anche l'integrazione di tecnologie emergenti, come i circuiti flessibili e rigido-flessibili, che stanno aprendo nuove possibilità per dispositivi compatti e altamente performanti. In queste pagine discuteremo, inoltre, di soluzioni innovative per il Power Management, tecniche di progettazione per il risparmio energetico e approcci per la gestione termica nei sistemi complessi.

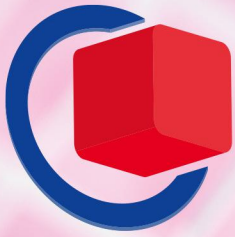
Questo, e molto altro, potrete leggere all'interno del primo numero dell'anno.

Anche quest'anno, Firmware 2.0 vuole essere la vostra guida pratica e ispiratrice per affrontare le complessità del presente e progettare un futuro sostenibile e innovativo. La capacità di coniugare innovazione e sostenibilità sarà la chiave per vincere le sfide che ci attendono, e noi di Firmware 2.0 continueremo ad accompagnarvi in questo percorso, portando in ogni numero il meglio dell'informazione e della formazione tecnica. Grazie per essere parte della più grande community elettronica italiana. Che sia un anno ricco di successi tecnologici e traguardi raggiunti per tutti voi.

Buona lettura!

Giordana Francesca Brescia





embeddedworld

Exhibition & Conference

CONNECTING THE
EMBEDDED COMMUNITY

11 – 13.3.2025

NUREMBERG, GERMANY



Get your
free ticket now!

embedded-world.de/codes

Use the voucher code **ew25GG**

Media partners

elektroniknet.de

Markt&Technik
DIE UNABHÄNGIGE WOCHENSCHRIFT FÜR ELEKTRONIK

Elektronik

Elektronik
automotive

Elektronik
•medical

connect
professional

NÜRNBERG / MESSE

PCB Design Power Management



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 - 148.018
Social Network - 131.597

© 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

UN NUOVO ANNO RICCO DI SFIDE E OPPORTUNITÀ TECNOLOGICHE

4

PCB: FORO PASSANTE O MONTAGGIO SUPERFICIALE?

9

LO STATO DELL'ARTE DEI PCB AD ALTA DENSITÀ HDI

14

QUALI SARANNO I TREND DELL'ELETTRONICA PER IL 2025?

18

LA PROGETTAZIONE DELLA RETE DI DISTRIBUZIONE DELL'ALIMENTAZIONE NEI PCB

21

LA GUIDA DEFINITIVA ALLA SCELTA DEI MATERIALI PER PCB

26

LA PROGETTAZIONE DI UN PCB PER APPLICAZIONI AD ALTA VELOCITÀ

31

PRINCIPI E METODI DI GESTIONE DELL'ALIMENTAZIONE NEI CIRCUITI ELETTRONICI

36

APACER AVVIA LA PRODUZIONE DI MASSA DI MODULI DI MEMORIA DDR5-6400 DI LIVELLO INDUSTRIALE CON ELEVATE PRESTAZIONI E SOSTENIBILITÀ

42

INTELLIGENZA ARTIFICIALE PER IL RILEVAMENTO DEI DIFETTI NEI PCB

44

PRECISIONE E AFFIDABILITÀ CON IL KIT DI SALDATURA PROFESSIONALE JBC

48

L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE NELLA PROGETTAZIONE DEI CIRCUITI STAMPATI

52

STRATEGIE DI GESTIONE DEL RISCHIO OBSOLESCENZA NELL'INDUSTRIA DEI SEMICONDUTTORI

56

CORSO DI ELETTRONICA PER RAGAZZI - PUNTATA 24

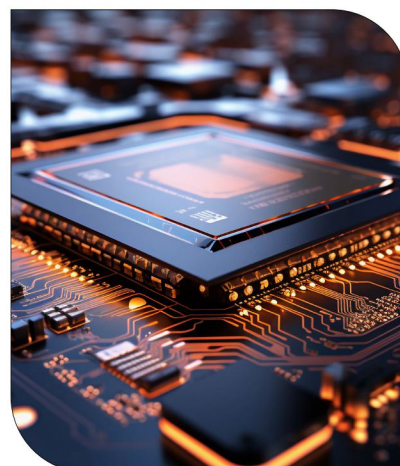
60

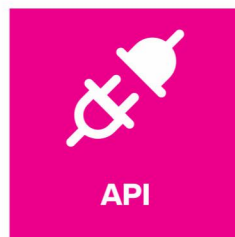
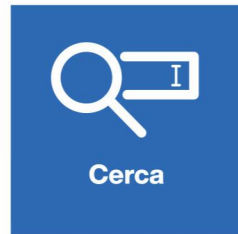
I CIRCUITI STAMPATI ESTENSIBILI DI MURATA

66

LA PROGETTAZIONE DEI PCB DI ALIMENTAZIONE

70





Ordinare in tutta semplicità

Strumenti per la ricerca dei prodotti,
la verifica dello stock e l'acquisto

mouser.it/servicesandtools



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



 Elettronica Open Source

PCB: FORO PASSANTE O MONTAGGIO SUPERFICIALE?

di **Andrea Garrapa**

L'assemblaggio è uno dei passaggi più importanti nella realizzazione di un circuito stampato (PCB). Si tratta di un processo intricato che richiede un elevato grado di precisione e competenza tecnica. Tra le varie tecniche di assemblaggio PCB, nel tempo, ne sono emerse due diventate poi lo standard de facto del settore dell'elettronica: Through-Hole Technology (THT) e Surface Mount Technology (SMT). Questo articolo approfondisce le complessità di THT e SMT, fornendo un confronto approfondito dei loro vantaggi, svantaggi e applicazioni.

INTRODUZIONE

La realizzazione di un PCB inizia con la progettazione del suo **layout**, dove avviene l'attento posizionamento di ciascun componente. Il layout viene quindi trasferito su una scheda fisica, creando un circuito stampato. I componenti elettronici vengono quindi montati sul PCB. La scelta della giusta tecnica di assemblaggio è fondamentale in quanto influenza direttamente le prestazioni, la durata e il costo del prodotto finale. Fattori come la complessità del circuito, il tipo di componente, i requisiti di applicazione e il volume di produzione svolgono tutti un ruolo chiave nel determinare il metodo di assemblaggio più adatto. In questo articolo, approfondiremo due delle tecniche di assemblaggio PCB più comunemente utilizzate: la **tecnologia a fori passanti (THT)** e la **tecnologia a montaggio superficiale (SMT)**, confrontando processi, vantaggi, svantaggi e applicazioni.

TECNOLOGIA A FORI PASSANTI

La tecnologia a fori passanti viene da sempre utilizzata nell'assemblaggio di circuiti stampati. Nonostante l'avvento delle nuove tecnologie, THT rimane una scelta popolare per alcune applicazioni grazie alla sua robustezza e all'elevata affidabilità. La tecnologia THT prevede che i terminali dei componenti vengano inseriti in fori perforati nel PCB e saldati a piazzole sul lato opposto. I terminali dei componenti vengono inseriti nei fori manualmente o per mezzo di macchine automatizzate. Il processo di saldatura può essere eseguito manualmente o attraverso un processo di saldatura a onda, che è più adatto per la produzione di volumi elevati.

I componenti utilizzati nella THT sono generalmente più grandi di quelli utilizzati nella tecnologia a montaggio superficiale (SMT). Ciò è dovuto alla necessità che i componenti abbiano terminali che possano essere inseriti nei fori. I componenti utilizzati nella THT include-

no resistenze, condensatori e induttori, nonché circuiti integrati (IC). Il processo THT fornisce un forte legame meccanico tra il componente e il PCB, particolarmente utile nelle applicazioni in cui il prodotto può essere sottoposto a stress fisico, come ad esempio in **applicazioni militari o aerospaziali**. Tuttavia, questa robustezza avviene al costo dello spazio sulla scheda, poiché i componenti utilizzati sono più grandi e i fori perforati nel PCB necessitano di spazio aggiuntivo.

Nonostante queste limitazioni, THT rimane un'opzione praticabile per determinate applicazioni. È particolarmente utile nelle fasi di prototipazione in cui possono essere richieste regolazioni manuali o in applicazioni in cui è necessaria l'elevata resistenza meccanica.

VANTAGGI DELLA TECNOLOGIA THT

La tecnologia THT, nonostante l'età, occupa ancora un posto significativo nel settore. Ciò è dovuto principalmente ai seguenti vantaggi:

- **Forti connessioni meccaniche** - uno dei principali vantaggi è il forte legame meccanico che si forma tra i componenti e il PCB. Questa condizione è dovuta al fatto che i terminali dei componenti vengono inseriti nei fori e quindi saldati, creando una connessione robusta che rende THT adatto per applicazioni in cui il PCB è sottoposto a stress fisico o ambienti difficili, come in applicazioni aerospaziali, militari o automobilistiche.
- **Facilità di prototipazione e aggiustamenti manuali** - la dimensione più grande dei componenti e dei loro terminali li rende più facili da maneggiare e manipolare, il che può essere utile durante la fase di prototipazione o per la produzione su piccola scala. Ciò è particolarmente utile quando sono necessarie modifiche frequenti, in quanto i componenti possono essere

facilmente aggiunti, rimossi o sostituiti.

- **Migliore tolleranza al calore** - i componenti THT sono generalmente più tolleranti al calore rispetto ai componenti della tecnologia a montaggio superficiale (SMT), grazie alla loro maggiore dimensione e al fatto che non sono direttamente collegati alla superficie del PCB. Questo li rende una scelta migliore per le applicazioni in cui il PCB è esposto ad alte temperature, come nell'elettronica di potenza o nei macchinari industriali.
- **Test e ispezione più facili** - THT consente ispezioni e test più semplici del PCB assemblato. Le connessioni visibili facilitano l'identificazione e la rettifica di eventuali difetti di saldatura, il che può portare a una migliore qualità del prodotto e maggiore affidabilità.

LIMITI DELLA TECNOLOGIA THT

Nonostante i suoi vantaggi, la tecnologia THT ha anche la sua parte di svantaggi. Alcuni di questi sono:

- Componenti più grandi - che limitano l'utilizzo dello spazio sulla scheda. Inoltre, la necessità di fori per ogni terminale del componente consuma una notevole quantità di spazio sul PCB, il che non solo limita il numero di componenti che possono essere posizionati sulla scheda, ma limita anche il routing delle tracce del segnale, che possono influire sulle prestazioni complessive del circuito.
- **Processo di assemblaggio più lento** - un altro svantaggio di THT è la maggiore complessità e il maggior tempo necessario del processo di assemblaggio. La necessità di praticare fori, inserire componenti e saldarli rende il processo THT più laborioso e più lento di SMT, e questo può portare a costi di produzione più elevati, soprattutto per i volumi elevati.

bili, spesso presentano una serie di sfide, come punti di fusione più elevati e potenziali problemi di affidabilità.

TECNOLOGIA A MONTAGGIO SUPERFICIALE

La tecnologia a montaggio superficiale comporta l'assemblaggio di componenti elettronici direttamente sulla superficie di un circuito stampato. A differenza della tecnologia THT, non è necessario praticare fori nel PCB. Invece, i componenti SMT sono saldati su piazzole sulla superficie della scheda. Tali componenti, noti come **Surface Mount Devices (SMD)**, sono disponibili in una varietà di forme e dimensioni, ma sono generalmente molto più piccoli delle loro controparti THT.

Il processo SMT inizia con l'applicazione della pasta di saldatura al PCB, questo viene in genere fatto utilizzando uno stencil per garantire che la pasta sia applicata solo alle piazzole designate. I componenti vengono quindi posizionati sulle piazzole coperte di pasta, la procedura può essere fatta manualmente per la produzione a basso volume o la prototipazione, ma in genere viene eseguita utilizzando macchine automatizzate per la produzione di volumi elevati. Una volta che tutti i componenti sono in posizione, la scheda viene passata attraverso un forno di rifusione, dove la pasta di saldatura si scioglie e forma un collegamento meccanico ed elettrico tra i componenti e la scheda.

SMT ha permesso progressi significativi nella progettazione e nella complessità dei PCB. Consentendo il posizionamento di più componenti su entrambi i lati della scheda, ha portato i circuiti a densità più elevate. Inoltre, l'uso di componenti più piccoli ha contribuito alla continua tendenza della miniaturizzazione nell'elettronica.

VANTAGGI DELLA TECNOLOGIA SMT

La tecnologia SMT offre diversi vantaggi che non

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!



FPGA Sensor Bridge Ethernet PolarFire® per NVIDIA® Holoscan

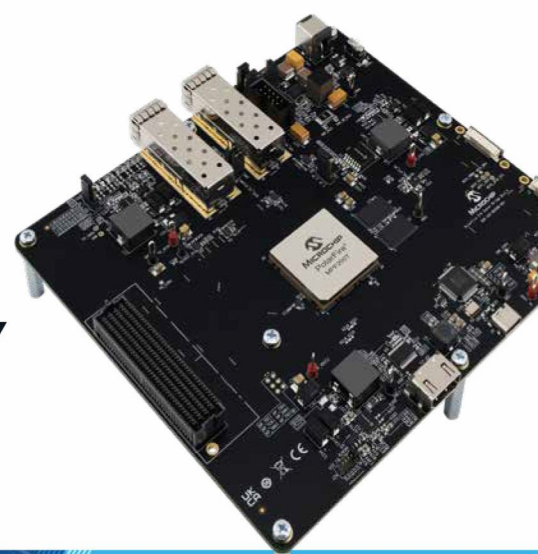
Una Integrazione Flessibile Assiste L'elaborazione di Sensori AI-Driven da Edge a Cloud

L'FPGA Ethernet Sensor Bridge PolarFire® per NVIDIA® Holoscan offre un'integrazione flessibile per l'elaborazione dei sensori AI-driven da Edge a Cloud. Questa soluzione supporta più protocolli, efficienza energetica, sicurezza e affidabilità in un unico package e senza la minima discontinuità. NVIDIA approva questa soluzione per l'uso nel suo popolare ecosistema Holoscan.

Caratteristiche Chiave

- Conversione protocollo ad alta efficienza energetica
- Altamente Sicuro
- Immune a Single Event Upset (SEU) per una elevata affidabilità

Puoi scegliere con fiducia l'FPGA Ethernet Sensor Bridge PolarFire® per NVIDIA Holoscan, una soluzione completa rinomata per la sua eccellenza tecnica e il design incentrato sul cliente.



LO STATO DELL'ARTE DEI PCB AD ALTA DENSITÀ HDI

di **Daniele Valanzuolo**

*Nel mondo della progettazione elettronica, i PCB HDI (High-Density Interconnect) rappresentano una svolta tecnologica che ha rivoluzionato il modo in cui progettiamo dispositivi compatti e performanti. Per anni, i PCB tradizionali hanno svolto egregiamente il loro compito ma, con l'aumento delle esigenze di miniaturizzazione e delle frequenze operative, si è reso necessario un salto di qualità in termini di prestazioni ed affidabilità. I PCB HDI rispondono a queste sfide grazie a caratteristiche uniche, come microvias, vias cieche e/o sepolte, e tracciati più sottili che consentono una densità molto maggiore di componenti e connessioni. In questo articolo, andremo ad osservare gli aspetti tecnici che fornitori come **PCBWay** garantiscono a supporto dei progetti più complessi e dei progettisti più esigenti.*

INTRODUZIONE

La progettazione di circuiti stampati High-Density Interconnect (HDI) (ad esempio quelli in **Figura 1**) è una disciplina complessa e affascinante che richiede un'accurata pianificazione e l'uso di tecniche avanzate per rispondere alle sfide poste dalla miniaturizzazione, dall'aumento della velocità dei segnali e dalla necessità di **ridurre i costi di produzione**. In questo articolo, introdurrò i principi chiave della progettazione di PCB HDI, discutendo le migliori pratiche, i vantaggi tecnici e le difficoltà che si incontrano nel progettare circuiti di alta densità. Capiremo, inoltre, perché per progettare e produrre un circuito HDI ci si deve **affidare a partner professionali come PCBWay** capaci di fornire non solo le tecnologie produttive ma anche il supporto tecnico per risolvere le problematiche di produzione.

CARATTERISTICHE DISTINTIVE DELLA PROGETTAZIONE HDI

La progettazione di PCB HDI si differenzia notevolmente da quella dei PCB tradizionali, questi ultimi utilizzano in linea generale vias passanti (**THP - Through Hole Plating**) per collegare diversi strati, ma questa tecnologia presenta limiti significativi quando si lavora con package a pitch ridotto come **BGA (Ball Grid Array)** e **CSP (Chip Scale Package)**. Al contrario, i circuiti stampati HDI sfruttano l'uso di microvias, che sono fori di diametro ridotto (solitamente tra 75 µm e 100 µm), e di vias cieche e sepolte. Queste tecnologie permettono di realizzare circuiti con una densità di connessioni significativamente più alta rispetto ai PCB convenzionali. **I vantaggi di questa architettura sono molteplici: dalla riduzione delle dimensioni e del peso, alla possibilità di supportare segnali ad alte frequenze con una maggiore integrità del segnale (Signal Integrity, SI) e compatibilità elettromagnetica**

(Electromagnetic Compatibility, EMC).

In particolare, nella progettazione di un PCB HDI si ricorre all'utilizzo di tracce sottili e di vias-in-pad (dove le microvias sono integrate direttamente sotto i pad dei componenti) con lo scopo di ridurre al minimo la lunghezza dei tracciati, un aspetto essenziale quando si lavora **in applicazioni ad alta velocità**. Questo tipo di progettazione è ormai diventato fondamentale in settori come le telecomunicazioni, l'automotive e, in modo particolare, nelle applicazioni spaziali dove l'affidabilità e la miniaturizzazione sono cruciali.

Come anticipato, le microvias sono una delle caratteristiche distintive dei PCB HDI. Queste sono dei fori di dimensioni molto ridotte che collegano uno strato esterno ad uno o più strati interni, migliorando il routing e la densità del circuito. Abbiamo diverse tipologie di microvias (vedi **Figura 2**), quali:

- Vias cieche (dette anche blind vias): collegano uno strato esterno ad uno strato interno, senza attraversare completamente il PCB. Questo consente di aumentare la densità di vias, soprattutto se di micro dimensioni e ridurre gli effetti elettrici sui segnali delle via THP.
- Vias sepolte (o anche buried vias): a differenza di quelle cieche, in questo caso le vias connettono solo strati interni e quindi non sono visibili esternamente.
- Vias-in-pad: sono delle microvias posizionate direttamente all'interno del pad del componente, come ad esempio le pad dei BGA, e consentono di eseguire più agevolmente il routing dei segnali di un BGA.

Tutte queste soluzioni di microvias consentono la ridu-



Figura 1: Esempio di miniaturizzazione delle schede (Fonte: pixabay.com)

zione della complessità del layout, permettendo di separare fisicamente i segnali ad alta velocità dagli strati di alimentazione e massa. Oltretutto, esiste una tecnica molto utilizzata nei PCB HDI che è il riempimento delle vias. Infatti, attraverso questa azione di riempimento (in generale eseguita con rame) è possibile migliorare la conduttività della traccia e aumentare la robustezza meccanica dell'intero circuito. Questo processo è particolarmente utile quando si utilizzano configurazioni vias-in-pad, dove le microvias sono posizionate direttamente sotto i pad dei componenti. **Questa tecnica riduce la lunghezza dei tracciati e migliora l'integrità del segnale riducendo l'induttanza del percorso.** Nel mio lavoro da progettista ho fatto ricorso diverse volte all'utilizzo del riempimento per le microvias in pad, so-

della densità dei componenti e delle interconnessioni amplifica gli effetti di fenomeni come le perdite dielettriche e l'espansione termica. Come ben sappiamo, **l'FR4 è il materiale più comunemente utilizzato nei PCB standard e anche in molti progetti HDI.** Si tratta di un laminato composto da fibra di vetro impregnato di resina epossidica. **L'FR4 offre un buon equilibrio tra costo, prestazioni meccaniche e proprietà elettriche.** Tuttavia, quando si progettano circuiti ad alta frequenza o si utilizzano stackup complessi, l'FR4 può presentare forti limitazioni, come un'elevata dissipazione dielettrica (D_f) e una costante dielettrica variabile (ϵ_r). Nel mio lavoro, l'FR4 è spesso il punto di partenza per i progetti HDI a basso costo. Tuttavia, non appena le frequenze operative superano i 2 GHz, preferisco optare per materiali

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!

LA GUIDA DEFINITIVA ALLA SCELTA DEI MATERIALI PER PCB

di **Daniele Valanzuolo**

Ogni dispositivo elettronico, dal nostro smartphone ai sistemi di comunicazione satellitare, si affida ad un componente essenziale: il circuito stampato (PCB). Garantendo connettività e funzionalità, questo sottile strato di tecnologia è il cuore pulsante di qualsiasi sistema elettronico. La scelta del materiale del PCB non è solo una questione tecnica ma anche una decisione strategica che può fare la differenza tra il successo ed il fallimento di un progetto. Un materiale inadatto potrebbe compromettere l'integrità del segnale, ridurre la durata del dispositivo o aumentare i costi operativi. In questo articolo, andremo ad analizzare nel dettaglio le proprietà fondamentali dei materiali per PCB, analizzando le opzioni disponibili presso fornitori come PCBWay per aiutarci a raggiungere gli obiettivi dei nostri progetti.

PANORAMICA INTRODUTTIVA

Nella fabbricazione dei circuiti stampati, soprattutto per applicazioni specifiche, particolare attenzione richiede la scelta del materiale utilizzato. Come ben sappiamo, il substrato del PCB rappresenta l'elemento principale del circuito stampato, fornendo sia il supporto meccanico che la garanzia di ottenere determinate proprietà elettriche fondamentali e cruciali per il corretto funzionamento del progetto. Attraverso la scelta oculata di un substrato si possono ottenere diversi vantaggi come la riduzione al minimo delle interferenze elettromagnetiche, l'ottimizzazione della dissipazione del calore e la garanzia in termini di integrità del segnale. In sistemi ad alte prestazioni, come quelli utilizzati nei radar o nelle telecomunicazioni, la scelta del substrato può fare la differenza tra il successo e il fallimento di un progetto.

Nel corso dei decenni, anche **la fabbricazione dei PCB** ha introdotto innumerevoli innovazioni in termini di materiali e tecnologie. I primi PCB erano realizzati **con materiali come bachelite e fenolo**, che offrivano buone proprietà meccaniche ma prestazioni elettriche limitate. Negli anni '60, con l'introduzione del vetro epossidico, si sono fatte strada nuove soluzioni come l'FR-4, che rapidamente è diventato lo standard industriale per la stragrande maggioranza dei PCB. Tuttavia, nell'epoca moderna, invece, sono stati introdotti **materiali avanzati**, come Rogers e PTFE, in grado di soddisfare le esigenze di applicazioni a **frequenza ultraelevata** (superiori al GHz) dovuta all'introduzione di circuiti e processori sempre più performanti.

Ogni bravo progettista sa che la selezione del materiale per circuiti stampati (PCB) rappresenta una delle decisioni più critiche nella progettazione elettronica.

La scelta del substrato non influisce solo sulle prestazioni elettriche, ma anche sulla durata, sull'affidabilità e sui costi di produzione del circuito. Materiali come FR-4, Rogers e PTFE offrono un ampio spettro di proprietà, ognuno con specifici vantaggi e limiti. **Affidarsi a produttori esperti del settore, come PCBWay, consente di scegliere opportunamente anche i materiali del PCB con una vasta gamma di opzioni e con il supporto tecnico di alta qualità grazie alla loro esperienza pluriennale.** In questo articolo, ci proponiamo di fornire una guida definitiva, esaminando i principali materiali disponibili, le loro caratteristiche elettriche, termiche e meccaniche, e come questi fattori possano influire sulle diverse applicazioni.

LE PROPRIETÀ FONDAMENTALI DEI MATERIALI PER PCB

Per poter scegliere opportunamente il materiale da utilizzare per i propri progetti è necessario capire quali sono gli elementi fondamentali della scelta, questi elementi si basano principalmente sulle caratteristiche stesse dei materiali (vedi **Figura 1**) che influenzano le prestazioni. In particolare, avremo le seguenti proprietà:

- **Costante dielettrica** - La costante dielettrica è "IL" parametro fondamentale in quanto influisce sulla velocità di propagazione del segnale all'interno del PCB, e quindi capiamo subito quanto è importante nei progetti che gestiscono **segnali ad alta velocità**. Un valore elevato della costante dielettrica è indicato per applicazioni in cui la miniaturizzazione è essenziale, mentre per le comunicazioni ad alta velocità si preferiscono materiali con valori più bassi della costante dielettrica.
- **Perdita dielettrica** - La perdita dielettrica (o tangente di perdita, spesso indicata come Df,



Figura 1: Proprietà fondamentali dei materiali per PCB

dissipation factor) è una misura della quantità di energia che un materiale dielettrico dissipa sotto forma di calore quando è soggetto ad un campo elettrico alternato. In altre parole, rappresenta l'inefficienza del materiale nel trasmettere energia elettrica senza perdite. La perdita dielettrica è critica per applicazioni RF e microonde, poiché determina la quantità di segnale persa come calore.

I concetti di costante e perdita dielettrica sono relazionati tra loro. In particolare, abbiamo che la costante dielettrica indica quanto bene il materiale può immagazzinare energia elettrica, mentre la perdita dielettrica quanta parte dell'energia immagazzinata viene dissipata come calore. Dunque, un materiale con una costante dielettrica elevata può immagazzinare molta energia, ma se ha anche un alto fattore di perdita, una parte significativa di questa energia verrà dissipata, effetto che non si adatta bene ai circuiti ad alte prestazioni.

- **Resistenza termica** - Quando si lavora con circuiti di potenza, la resistenza termica del substrato diventa di primaria importanza per prevenire il surriscaldamento e migliorare l'affidabilità del sistema. Materiali come il metallo-co-

flessibilità.

- **Resistenza all'umidità e all'invecchiamento** - L'assorbimento di umidità può influire sulle prestazioni elettriche del PCB, aumentando la perdita dielettrica e riducendo l'affidabilità a lungo termine. I substrati avanzati offrono una migliore resistenza all'umidità, rendendoli ideali per applicazioni in ambienti umidi o soggetti a variazioni climatiche.

MATERIALI STANDARD PER PCB

Il materiale FR-4, come già accennato, è diventato universalmente utilizzato nell'industria elettronica grazie alle sue proprietà di versatilità, economicità e disponibilità sul mercato. Infatti, offre un buon compromesso tra prestazioni termiche ed elettriche, rendendolo ideale per applicazioni generiche. Tuttavia, questa tipologia di materiale non è consigliata in progetti che utilizzano circuiti con frequenze superiori al GHz o in ambienti con elevate temperature operative. Quando si parla di FR-4, tuttavia, bisogna indicare anche il coefficiente di **Glass Transition Temperature (TG)**. Questa è la temperatura alla quale il materiale passa da uno stato rigido e vetroso ad uno più morbido e gommoso. Tale cambiamento non implica una fusione, ma una transizione che

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**

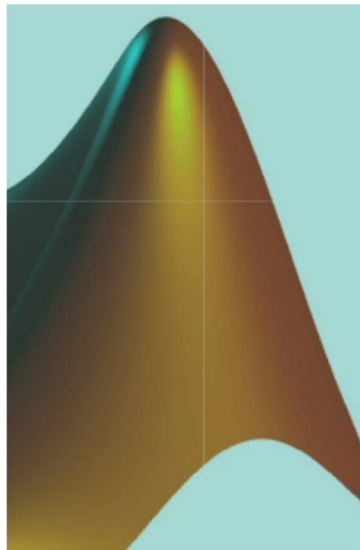
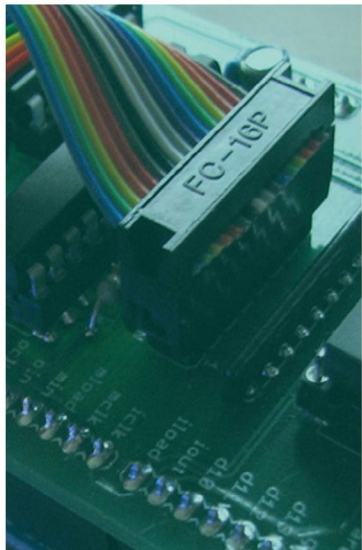


VOGLIO ABBONARMI!



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!



APACER AVVIA LA PRODUZIONE DI MASSA DI MODULI DI MEMORIA DDR5-6400 DI LIVELLO INDUSTRIALE CON ELEVATE PRESTAZIONI E SOSTENIBILITÀ

di **Apacer**

Apacer Technology (TWSE:8271), leader mondiale nelle soluzioni di archiviazione digitale, ha annunciato la produzione in serie dei suoi ultimi moduli di memoria DDR5-6400 **CUDIMM** e **CSODIMM** di livello industriale. Questi moduli sono i primi a presentare un design di resistore completamente privo di piombo, eliminando la necessità di esenzioni ai sensi della direttiva RoHS dell'UE. Dotati di componenti Clock Driver (CKD) di livello professionale premium e diodo Transient Voltage Suppressors (TVS) come tecnologie dual-core, i moduli sono specificamente progettati per applicazioni di elaborazione ad alte prestazioni (HPC) e Intelligenza Artificiale (AI). Questi prodotti garantiscono stabilità e sicurezza eccezionali anche in ambienti industriali estremi, fornendo alle aziende soluzioni affidabili, ecologiche e ad alte prestazioni.

In linea con la spinta globale per la sostenibilità, la serie DDR5 completamente senza piombo di Apacer ha attirato un notevole interesse da parte dei clienti, in particolare per la sua conformità alla clausola di esenzione del piombo RoHS 7(c)-I dell'UE.

Adottando questa serie in anticipo, i clienti possono mitigare in modo proattivo i rischi associati alla scaden-

za delle estensioni di esenzione. Ora in produzione di massa, questi moduli DDR5 CUDIMM e CSODIMM completamente senza piombo non solo aiutano i clienti a soddisfare gli standard normativi internazionali, ma consentono loro anche di ottenere un vantaggio competitivo nel mercato dell'elaborazione ad alte prestazioni.

Poiché la domanda di applicazioni HPC e AI continua a



crescere, i moduli DDR5 CUDIMM e CSODIMM di Apacer offrono densità fino a 64 GB per modulo, larghezza di banda migliorata e design ottimizzati per una latenza ridotta. Questi moduli garantiscono un funzionamento senza interruzioni per l'analisi dei dati in tempo reale, l'elaborazione di big data e l'elaborazione ad alto carico. Inoltre, aderiscono agli ultimi standard JEDEC Raw Card Revision 1.0, offrendo stabilità di trasmissione dati leader del settore e prestazioni ad alta velocità.

Apacer seleziona componenti CKD di livello industriale per fornire capacità di buffering e di azionamento del segnale superiori. Questi componenti riducono significativamente l'interferenza del segnale correlata al rumore e al jitter durante le operazioni ad alta velocità in ambienti estremi, garantendo una trasmissione dati precisa e stabile.

Queste caratteristiche rendono i moduli ideali per piattaforme di elaborazione ad alto carico e applicazioni di elaborazione di precisione. Inoltre, l'innovativo design TVS protegge efficacemente i moduli e altri componenti critici dalle fluttuazioni di tensione transitorie, migliorando la stabilità della trasmissione dati e l'affidabilità del sistema, in particolare in applicazioni ad alto rischio come l'automazione industriale.

Gibson Chen, General Manager di Apacer, ha dichiarato: "L'adozione di DDR5 nel mercato aziendale è in costante aumento. Il design completamente privo di piombo dei nostri moduli di memoria CUDIMM e CSODIMM non solo si allinea al movimento globale per la sostenibilità, ma soddisfa anche le rigorose richieste di prestazioni e stabilità delle applicazioni AI e HPC, aprendo la strada ad una più ampia adozione di DDR5".

INFORMAZIONI SU APACER

Fondata nel 1997, Apacer (TWSE:8271) è un

marchio leader mondiale di storage digitale con capacità complete di R&S, progettazione, produzione e marketing. Con anni di tecnologia di storage digitale brevettata accumulata e una profonda esperienza di successo in R&S, Apacer offre una gamma competitiva di prodotti e servizi personalizzati. Le nostre linee di prodotti sono diversificate e comprendono soluzioni per moduli di memoria, SSD industriali, prodotti di storage digitale per consumatori e applicazioni integrate Internet of Things. Apacer si impegna a implementare il nostro valore fondamentale "Becoming Better Partners": manteniamo le nostre promesse, ci impegniamo per un miglioramento costante e sviluppiamo soluzioni che siano reciprocamente vantaggiose per noi e per i nostri clienti. Creiamo continuamente soluzioni di storage innovative e diversificate e servizi di integrazione hardware/software per vari settori. Ci impegniamo a diventare un partner migliore nell'ecosistema industriale e ad offrire vantaggi sostanziali a tutte le parti interessate.

Apacer

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/apacer-avvia-la-produzione-di-massa-di-moduli-di-memoria-ddr5-6400-di-livello-industriale>

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!

PRECISIONE E AFFIDABILITÀ CON IL KIT DI SALDATURA PROFESSIONALE JBC

di **Giordana Francesca Brescia**

*La progettazione e la manutenzione di circuiti stampati (PCB, Printed Circuit Boards, o schede a circuito stampato) sono tra le fasi più delicate nella realizzazione di dispositivi elettronici. Ogni componente deve essere posizionato con precisione, saldato con cura e protetto da potenziali danni termici o elettrici. L'evoluzione delle tecnologie di montaggio, come l'utilizzo di componenti SMD (Surface-Mount Device), ha reso necessaria l'adozione di strumenti all'avanguardia per garantire risultati di alta qualità. In questo contesto, il kit di saldatura professionale JBC-SRWS-2SC, disponibile sul catalogo della **TME Electronic Components**, si distingue come una soluzione completa per affrontare le sfide moderne della lavorazione e della riparazione dei PCB. Le caratteristiche tecniche lo rendono un prezioso alleato per il PCB design.*

LA PROGETTAZIONE DEI PCB TRA PRECISIONE E INNOVAZIONE

I PCB design è un'arte tecnica che combina conoscenze ingegneristiche, creatività e un'attenzione quasi maniacale ai dettagli. Il processo parte dalla progettazione del layout, che prevede la disposizione dei componenti elettronici sul circuito, fino alla creazione di tracce conduttive che li collegano. Ogni scelta progettuale deve tenere conto di molteplici fattori, tra cui la compatibilità elettrica, l'ottimizzazione degli spazi, la riduzione delle interferenze elettromagnetiche (EMI) e la dissipazione del calore. Uno dei principali ostacoli nella progettazione di PCB moderni è la miniaturizzazione. Con l'aumento delle prestazioni dei dispositivi, la densità dei componenti cresce esponenzialmente, e questa circostanza richiede una precisione estrema non soltanto nella fase di progettazione, ma anche durante la produzione e l'assemblaggio. Componenti come microcontrollori, circuiti integrati e condensatori vengono posizionati a distanze minime, rendendo indispensabile un approccio accurato durante il montaggio. Anche il controllo termico è un elemento chiave nella progettazione. I componenti elettronici generano calore durante il loro funzionamento, e un'eccessiva temperatura può compromettere la durata operativa e l'affidabilità. Per affrontare queste sfide, i progettisti devono integrare appositi dissipatori di calore, utilizzare materiali con elevate proprietà termiche, e implementare tecniche di raffreddamento attivo o passivo. L'assemblaggio dei PCB, soprattutto quando si utilizzano componenti SMD, richiede strumenti avanzati per garantire una saldatura precisa e uniforme. La tecnologia di montaggio superficiale ha soppiantato i metodi tradizionali, permettendo

una maggiore densità di componenti ed una riduzione dei costi di produzione, tuttavia, questa tecnica richiede l'impiego di attrezzature specializzate, come stazioni di saldatura e pre-riscaldatori, per evitare danni causati da fluttuazioni termiche durante il processo.

UNA SOLUZIONE COMPLETA PER L'ASSEMBLAGGIO E LA RIPARAZIONE

La saldatura sui PCB è un processo determinante nell'assemblaggio di dispositivi elettronici, essa consiste nell'unire i componenti elettronici alla scheda utilizzando un materiale fusibile - solitamente stagno - che, una volta raffreddato, crea connessioni elettriche stabili e resistenti. Il processo è fondamentale per garantire il corretto funzionamento di circuiti complessi, dove ogni componente deve essere saldato con precisione per evitare malfunzionamenti o cortocircuiti. La qualità della saldatura dipende direttamente dalla stazione di saldatura utilizzata. Disporre di una stazione affidabile è essenziale, poiché una saldatura mal fatta può compromettere il funzionamento dell'intero dispositivo. Le moderne stazioni di saldatura offrono caratteristiche avanzate come temperature regolabili, punte intercambiabili ed un controllo termico preciso, tutti fattori che permettono di adattarsi alle diverse esigenze progettuali. Una stazione di saldatura di bassa qualità o imprecisa potrebbe portare ad un surriscaldamento dei componenti, danneggiando i delicati circuiti o, al contrario, portare ad una saldatura insufficiente che non garantisce una connessione solida. L'affidabilità della stazione di saldatura è anche fondamentale per la sicurezza dell'operatore, strumenti che non sono ben progettati o che non offrono un controllo termico preciso possono rappresentare un



Figura 1: SRWS-2SC JBC TOOLS - Stazione saldante a getto d'aria calda (Fonte: TME - Componenti elettronici Italia)

rischio di scottature o di danni ai circuiti. Inoltre, una stazione di saldatura di alta qualità garantisce una maggiore longevità degli strumenti ed una minore necessità di manutenzione, riducendo così i costi operativi nel lungo periodo. Pertanto, investire in una stazione di saldatura professionale migliora la qualità del lavoro e contribuisce anche ad una produzione più sicura ed efficiente.

Il **kit di saldatura professionale JBC-SRWS-2SC** rappresenta molto più di una semplice somma dei suoi componenti; è infatti un ecosistema progettato per affrontare tutte le limitazioni legate all'assemblaggio e alla riparazione dei circuiti elettronici moderni. Il kit offre un controllo totale durante le operazioni di saldatura e dissaldatura, e garantisce parallelamente anche una protezione ottimale per i componenti più delicati. Ciascun

di funzioni avanzate, come la possibilità di salvare fino a 25 configurazioni di lavoro, il che risulta particolarmente utile in contesti di produzione, dove si lavora con componenti diversi che richiedono parametri specifici. Inoltre, il dispositivo è compatibile con termocoppie, permettendo un monitoraggio preciso della temperatura sia sul componente in lavorazione sia sui componenti circostanti. Un aspetto distintivo della stazione JBC-JT-SE-2B è la presenza di ugelli intercambiabili e schermi termici, accessori che permettono di concentrare il calore sull'area desiderata, proteggendo i componenti vicini da possibili danni termici. La sicurezza è ulteriormente garantita dalla funzione di spegnimento automatico, che interviene in caso di superamento della soglia di temperatura impostata. Non importa se si tratta di saldare minuscoli componenti SMD o rimuovere circuiti integrati

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!

STRATEGIE DI GESTIONE DEL RISCHIO OBSOLESCENZA NELL'INDUSTRIA DEI SEMICONDUTTORI

di **Daniele Valanzuolo**

L'industria dei semiconduttori è trainata dall'innovazione rapida del settore consumer, dove i cicli di vita dei prodotti sono sempre più brevi e dominati dall'esigenza di lanciare continuamente dispositivi più avanzati e nuovi. Smartphone, laptop e dispositivi IoT sono esempi concreti e tangibili di come la domanda di prestazioni crescenti e nuove funzionalità guidi lo sviluppo di semiconduttori con una vita utile spesso inferiore ai 18 mesi. Tuttavia, questa rapida dinamica, necessaria e vantaggiosa per il mercato consumer, presenta sfide significative per i progettisti di altri settori come l'automotive, il railway, l'aerospazio oppure l'industrial, dove c'è la necessità di stabilità e affidabilità nella catena di approvvigionamento a lungo termine. In questo articolo, affronteremo alcuni aspetti per la corretta gestione dell'obsolescenza di componenti, cioè l'end of life.

IMPATTO SUI SETTORI CRITICI

I ciclo di vita di un prodotto si sviluppa in diverse fasi: introduzione, crescita, maturità, declino, fase-out e obsolescenza. Componenti come microprocessori o moduli elettronici possono raggiungere la maturità rapidamente, specialmente in settori ad alta competizione tecnologica. Il mercato commerciale influenza profondamente la disponibilità e il ciclo produttivo dei componenti. La competizione tra **Original Component Manufacturers (OCM)** e **Original Equipment Manufacturers (OEM)** spinge verso innovazioni rapide, ma questo comporta cicli di vita sempre più brevi. Inoltre, regolamentazioni come **RoHS (Restriction of Hazardous Substances)** o la **REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals)** possono accelerare l'obsolescenza di determinati componenti, un esempio recente riguarda i microprocessori per l'automotive: l'aumento della domanda di chip avanzati ha causato carenze globali, costringendo le aziende a modificare le proprie roadmap. Nei settori automotive, railway e aerospace, i semiconduttori svolgono un ruolo cruciale per garantire la funzionalità di sistemi avanzati come il controllo del motore, i sistemi di assistenza alla guida (ADAS), le reti di comunicazione ed i sistemi di sicurezza. Ad esempio, le case automobilistiche progettano modelli che richiedono componenti stabili e reperibili per oltre 15 anni, una necessità che si scontra con la rapida obsolescenza dei semiconduttori di derivazione consumer. Anche nel settore ferroviario, i sistemi di controllo dei treni e

le infrastrutture di segnalamento dipendono da componenti elettronici che devono funzionare per decenni. **La dismissione di un microcontrollore critico può richiedere riprogettazioni complesse e costose**, analogamente, nel settore aerospace, dove la durata operativa dei velivoli può superare i 30 anni, il mancato supporto a lungo termine di un componente può compromettere la certificazione dei sistemi e incrementare i costi operativi.

Un caso emblematico è quello dei microprocessori automotive. La transizione verso veicoli connessi ed elettrici ha aumentato la complessità dei sistemi di infotainment e controllo, ma molti di questi processori derivano da piattaforme consumer con cicli di vita inferiori a 5 anni. Altri aspetti spesso riguardano le memorie RAM, basti pensare all'evoluzione delle DDR. Questo progresso tecnologico crea problemi significativi quando i fornitori cessano la produzione o il supporto, costringendo i progettisti a cercare alternative compatibili o a riprogettare interi sistemi, con notevole impatto sui costi e sui tempi di sviluppo. **Aziende come Memorysolution GmbH sono focalizzate come distributori specializzati su chip e moduli di memoria in settori complessi e critici quali l'automotive.**

Dunque, la frequenza con cui **i semiconduttori consumer diventano obsoleti** obbliga le aziende nei settori critici a sostenere costi aggiuntivi per approvvigionamenti alternativi, accumulo di scorte o re-design di sistemi complessi. I costi non si limitano alla produzione ma si estendono anche alla manutenzione, alla certifi-

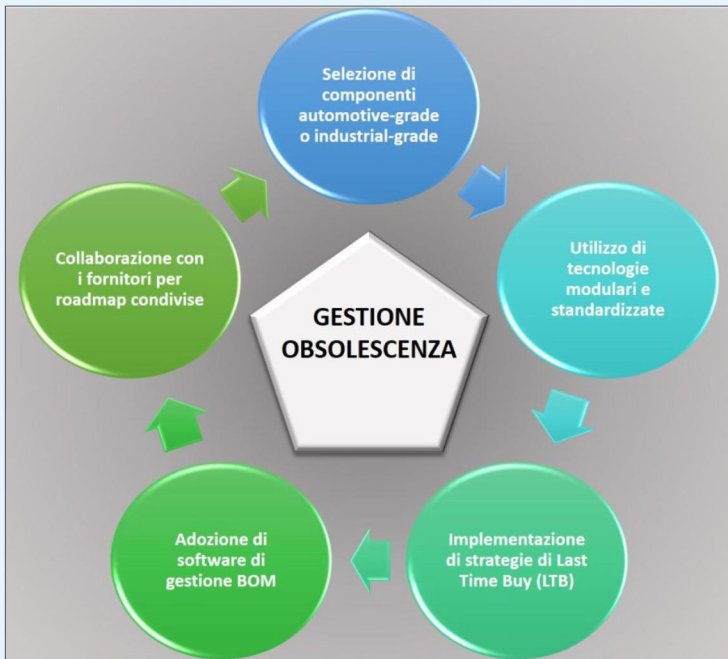


Figura 1: Strategie di mitigazione dei rischi

cazione e alla gestione della supply chain. Progettisti e responsabili della supply chain devono monitorare attentamente queste fasi, pianificando approvvigionamenti di scorte critiche o identificando componenti sostitutivi.

STRATEGIE DI MITIGAZIONE DEI RISCHI

Per minimizzare il rischio associato all'obsolescenza e dunque all'**End of Life (EoL)**, i progettisti devono adottare strategie tecniche e gestionali ben definite, tra le innumerevoli soluzioni, best-practices, teorie e metodologie, di seguito andiamo ad elencare quelle più emblematiche e ritenute anche più efficaci (vedi **Figura 1**):

- **Selezione di componenti automotive-grade o industrial-grade** - Ogni progettista sa che la disponibilità di un componente può essere de-

In linea di principio, orientare la scelta verso componenti automotive-grade o industrial-grade consente di gestire in maniera più efficace e prevedibile la disponibilità degli stessi, infatti, i componenti con questi gradi di qualifica in genere sono progettati per ambienti critici e tendono ad avere cicli di vita più lunghi rispetto ai componenti consumer. Ad esempio, i microcontrollori della serie AURIX di Infineon, sviluppati specificamente per applicazioni automotive, offrono supporto esteso e funzionalità di sicurezza avanzate. Spesso, si può osservare anche i dati di longevità dei progetti indicati dal produttore. Di sicuro, se si punta su oggetti destinati ad applicazioni di Intelligenza Artificiale e quindi con core neurali integrati (**Neural Processor Unit - NPU**) il rischio di vedere andare obsoleti velocemente gli oggetti è più alto per la crescita esponenziale delle esigenze dei progettisti in questo ambito.

- **Collaborazione con i fornitori per roadmap condivise** - Creare relazioni solide con i produttori permette ai progettisti di ottenere visibilità sui piani futuri, anticipando la fine della produzione di un componente e pianificando l'adozione di alternative. **Memorysolution GmbH**, con un fatturato di oltre 100 milioni di euro e una crescita costante, si è affermata come partner affidabile per le aziende clienti, garantendo stabilità produttiva e supportando l'innovazione. L'azienda affronta con successo le sfide del mercato dei semiconduttori, distinguendosi non solo come fornitore, ma come partner strategico per il successo dei propri clienti. Grazie ad un approccio flessibile e ad una gestione proattiva dei magazzini, Memorysolution GmbH riduce le pres-

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**

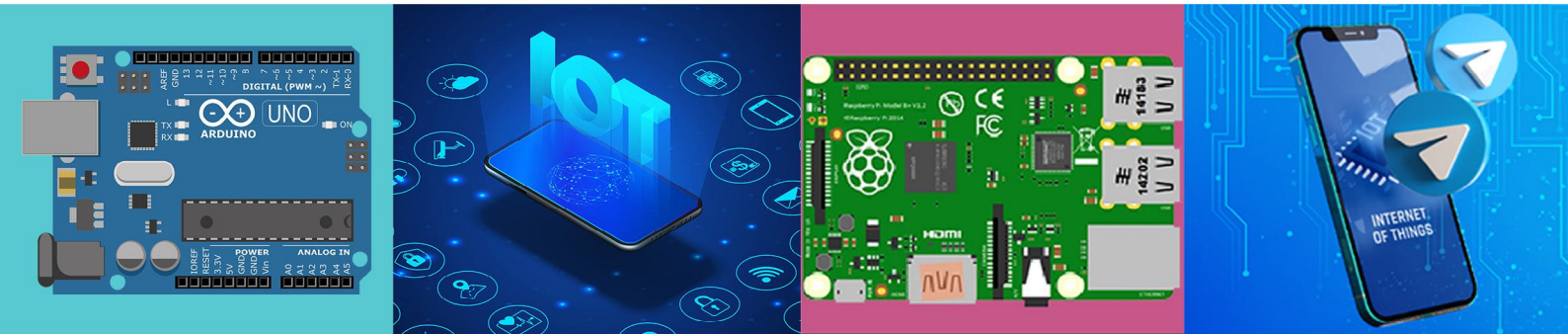


VOGLIO ABBONARMI!



La piattaforma di Elettronica Open Source dedicata ai corsi

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



SCOPRI I CORSI!



CORSO DI ELETTRONICA PER RAGAZZI – PUNTATA 24

di Fulvio De Santis

Nel precedente articolo “Corso di Elettronica per ragazzi - Puntata 23” abbiamo iniziato lo studio del diodo a semiconduttore spiegando la fisica della giunzione p-n, la struttura atomica del semiconduttore di silicio, l'importanza delle lacune nella conduttività del semiconduttore, infine, abbiamo spiegato il funzionamento della giunzione p-n a circuito aperto dal punto di vista del movimento delle correnti delle cariche elettriche delle lacune e degli elettroni. In questa nuova puntata, proseguiremo l'argomento sul diodo a semiconduttore analizzando il funzionamento della giunzione p-n a circuito chiuso in cui considereremo la giunzione p-n come elemento circuitale.

INTRODUZIONE

Per giunzione p-n a circuito chiuso s'intende considerare un circuito in cui fra i contatti metallici dei due tratti di semiconduttore di tipo p e di tipo n è collegata una batteria che rappresenta un campo elettrico esterno applicato alla giunzione p-n. Ora, per meglio comprendere questo nuovo argomento sulla giunzione p-n a circuito chiuso, faremo un breve riepilogo sulla giunzione p-n a circuito aperto che abbiamo trattato nella **precedente puntata “Corso di Elettronica per ragazzi - Puntata 23”**.

Abbiamo visto che se un **semiconduttore** viene drogato con impurità costituite da atomi trivalenti (accettori), si crea una zona di cariche positive (lacune) di tipo “p”, mentre drogando il semiconduttore con impurità di atomi pentavalenti (donatori), si crea una zona di cariche negative (elettroni) di tipo “n”. Unendo il semiconduttore di tipo p con il semiconduttore di tipo n si realizza una giunzione p-n, che è la struttura fisica del diodo a giunzione dove la zona p rappresenta l'anodo del diodo, mentre la zona n rappresenta il catodo. La **Figura 1** illustra la giunzione p-n in cui sono mostrate le rispettive cariche elettriche: le lacune portatrici di carica positiva maggioritarie nella zona p, elettroni portatori di carica negativa maggioritari nella zona n. Sopra la giunzione è mostrato il simbolo del diodo.

Come possiamo notare ancora nella **Figura 1**, oltre ai portatori di carica maggioritari sono presenti anche i portatori di carica minoritari generati da energia termica, elettroni nella zona p e lacune nella zona n, che, appunto, sono di numero inferiore ai portatori maggioritari.

FUNZIONAMENTO DELLA GIUNZIONE P-N A CIRCUITO APERTO

Nel momento di contatto delle zone p e n, per la diffe-

rente concentrazione di portatori maggioritari dovuta al drogaggio del semiconduttore, si avvia un processo di diffusione di una corrente di portatori maggioritari che attraversano la giunzione in direzioni opposte, una corrente di lacune dalla zona p alla zona n ed una corrente di elettroni dalla zona n alla zona p; le lacune oltrepassano la giunzione ed entrano nella zona n ricombinandosi con gli elettroni liberi, gli elettroni entrano nella zona p e si ricombinano con le lacune. Questo continuo processo provoca una rapida diminuzione delle cariche libere in prossimità della giunzione, ovvero si crea una regione svuotata da cariche mobili chiamata regione di svuotamento o regione di carica spaziale.

Nella zona p, in prossimità della giunzione, si addensano cariche fisse negative poiché gli atomi di impurità accettori, originariamente di carica neutra, acquisendo un elettrone diventano negativi (non neutralizzati) ossia diventano cariche fisse negative (ioni negativi); analogamente, ma con segno opposto, nella zona n si accumulano cariche fisse positive poiché gli atomi di impurità donatori, originariamente di carica neutra, perdendo un elettrone, che è andato ad occupare una lacuna, diventano positivi (non neutralizzati) ossia diventano cariche fisse positive (ioni positivi).

L'accumulo di queste cariche fisse in prossimità della giunzione crea un campo elettrico diretto da destra a sinistra, che si oppone al passaggio della corrente di diffusione, che diminuisce fino ad annullarsi quando l'intensità del campo elettrico diventa talmente forte da bloccare il passaggio di corrente. Il campo elettrico costituisce una reale barriera di potenziale. La **Figura 2** mostra la giunzione p-n a circuito aperto dopo la formazione della regione di carica spaziale.

Terminato il processo di diffusione delle cariche elet-

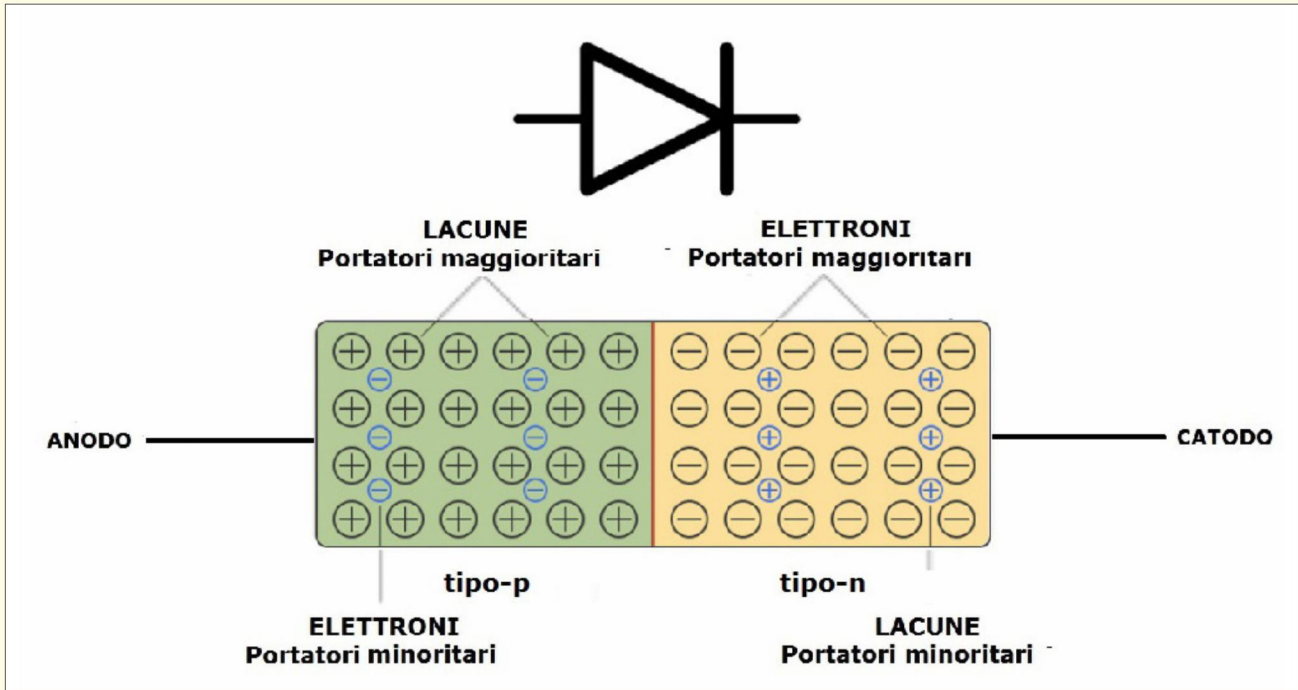


Figura 1: Giunzione p-n

triche maggioritarie, la **giunzione p-n** è in **equilibrio elettrico**, la corrente di diffusione è nulla ed i portatori minoritari che si generano per effetto termico si producono e si ricombinano continuamente in modo aleatorio senza formare una corrente. In questa situazione, le zone p e n sono neutre poiché gli atomi in esse contenuti sono allo stato di carica neutra e la regione di carica spaziale è alla sua massima densità di cariche fisse, positive lato zona n e negative lato zona p.

FUNZIONAMENTO DELLA GIUNZIONE P-N A CIRCUITO CHIUSO

Ora analizzeremo il comportamento della giunzione p-n a circuito chiuso, ossia il funzionamento della giunzione p-n a cui viene applicato un campo elettrico esterno,

In **Figura 3** sono indicate con il loro verso la corrente totale I che circola nel circuito, la corrente di diffusione I_D e la corrente di deriva I_R (detta anche di saturazione inversa) che attraversano la giunzione p-n in direzioni opposte. Sono anche indicati i versi del campo elettrico E e della tensione V della batteria. La condizione di equilibrio della giunzione p-n a circuito aperto mostrata in **Figura 2**, che si è verificata quando è cessato il flusso della corrente di diffusione a causa della barriera di potenziale creata dal campo elettrico E , viene alterata dalla tensione V della batteria che, come spiegheremo, tende a far diminuire l'effetto di sbarramento della barriera di potenziale nei confronti della corrente di diffusione, ovvero dei portatori maggioritari. Infatti, le lacune, respinte dal potenziale positivo della batteria, riescono

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

SOCIAL CONNECTIONS

 + 83.000

 + 23.000

CATEGORIES

PROFESSIONALS

53 %

ACADEMICS/STUDENTS

25 %

MAKERS/HOBBYISTS

22 %

