

Aerospace & Defence Sensors Applications



IN QUESTO NUMERO:

CORSO DI ELETTRONICA PER RAGAZZI - PUNTATA 7

SENSORI SPAZIALI

RETI DI SENSORI WIRELESS INTELLIGENTI

PER IL MONITORAGGIO DEGLI AEREI

E MOLTI ALTRI ARTICOLI E PROGETTI!

Sperimenta il futuro dell'elettronica con PCBWay



Produzione PCB di alta qualità con tecnologia avanzata



Precisione e accuratezza garantite per circuiti stampati complessi



Prezzi convenienti per tutte le tasche



Tempi di consegna rapidi per scadenze ravvicinate

Ampia gamma di servizi, **tra cui assemblaggio PCB, lavorazione CNC e stampa 3D Servizio OEM** aggiuntivo disponibile per portare la tua idea sul mercato Sistema di preventivi e ordini online facile da usare



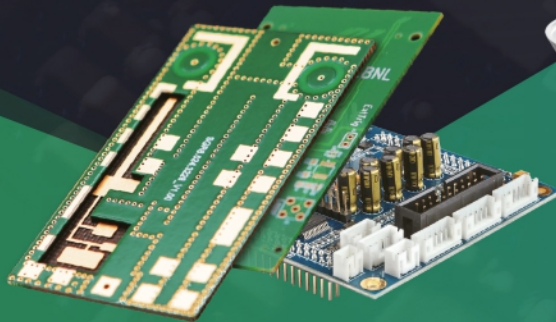
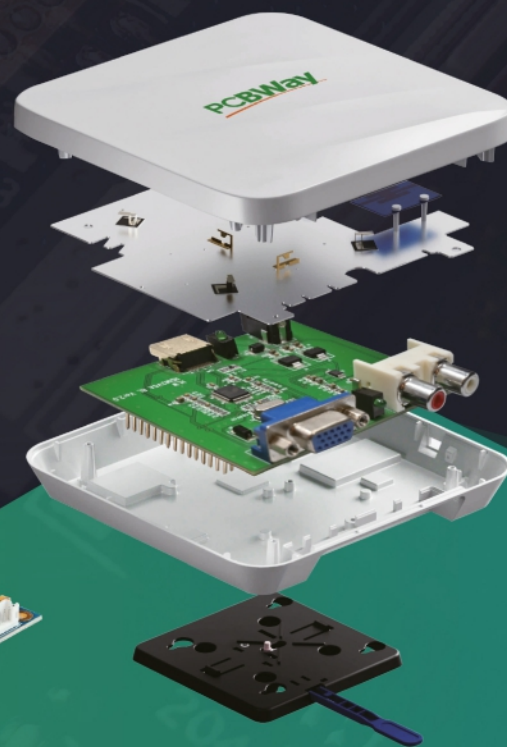
Misure di controllo della qualità per garantire che ogni prodotto soddisfi i nostri standard



Team esperto con oltre un decennio di esperienza nel settore



Scelto da ingegneri, hobbisti e aziende di tutto il mondo



COSA LEGGERAI NEL 2023?

TOPICS

MAKERS ZONE

DATA DI PUBBLICAZIONE

Automation

Smart Projects

1 Febbraio

Artificial Intelligence

Edge AI Applications

1 Marzo

Audio/Video - Wireless

Projects Lab

1 Aprile

Aerospace & Defence

Sensors Applications

1 Maggio

Power Electronics

Self Driving Sensors

1 Giugno

IoT/Voice Assistant

Chatbot Projects

1 Luglio

Test & Measurements

Stampanti 3D

1 Settembre

Robotics & Drones

Smart Laboratory

1 Ottobre

LED/Optoelectronics

Smart Lighting

1 Novembre

Energy Harvesting

Wearable

1 Dicembre

Occhi puntati sullo Spazio

Cari lettori,
a partire da oggi è disponibile online il nuovo numero della rivista digitale Firmware 2.0. Il magazine di Elettronica Open Source questo mese è dedicato al settore Aerospace & Defence, un tema che tiene testa nel dibattito sull'innovazione tecnologica e al quale Elettronica Open Source ha deciso di dare il giusto rilievo includendolo all'interno dei topics del Piano Editoriale 2023. Spazio e aerospazio sono elementi strategici per l'economia di una nazione poiché offrono un grande impulso alla ricerca, all'innovazione scientifica e al progresso tecnologico potenziando le capacità di sviluppo industriale, con tessuti produttivi nazionali che spesso possono vantare anche una **pluralità di piccole e medie imprese nella filiera aerospaziale**. Il mercato dell'aerospazio vale oggi oltre 450 miliardi di dollari su scala mondiale. Essendo fonte di innovazione, richiama l'interesse di un gran numero di investitori privati anche grazie alla riduzione dei costi che semplifica l'ingresso di nuovi attori all'interno del settore. Ad oggi, l'aerospazio rappresenta sicuramente anche uno dei settori economici più promettenti in cui l'Italia può ambire a una leadership. L'economia legata alle attività spaziali è un'importante opportunità e cresce ogni giorno di più, non solo a livello dell'opinione pubblica, ma anche e soprattutto come quota di investimenti globali in ricerca e servizi tecnologici. In un contesto di progressiva crescita delle applicazioni aerospaziali e di **ricerca nei materiali avanzati e nelle nanotecnologie**, gli sviluppi tecnologici in campo elettronico hanno ovviamente un ruolo centrale. Lo spazio si sta avviando a diventare occasione di slancio per le comunicazioni a livello globale e nella realizzazione di infrastrutture costituite da **costellazioni di satelliti** in grado di garantire coperture destinate a portare la banda larga anche nelle zone più remote e inaccessibili del pianeta. Il cambio di paradigma riguarda proprio le **infrastrutture spaziali** che, ad oggi, sono sempre meno connesse ad aziende governative e risultano **opera diretta di aziende private** che si occupano di progettazione degli apparati di volo, hardware, sensoristica intelligente, strumenti per il controllo dei motori, nonché progettazione, costruzione e lancio di satelliti ed elaborazione dei dati raccolti dai sistemi aerospaziali. Nel corso degli anni, infatti, i potenti e costosi satelliti di agenzie statali sono stati soppiantati, con l'entrata in scena di capitali privati, da satelliti di dimensioni ridotte e dal costo contenuto, che non rappresentano più solo dei prototipi ma delle vere e proprie piattaforme per l'implementazione di applicazioni e servizi. Il capitale privato in genere proviene da grandi società aerospaziali che investono in **start-up abilitate allo sviluppo di software, all'intelligenza artificiale, alla realtà aumentata e ai sensori**. Le direzioni di crescita sono orientate sia alle tecnologie finalizzate alla costruzione dell'infrastruttura spaziale, sia alle applicazioni terrestri abilitate dalle tecnologie spaziali e dalle reti satellitari. I comparti della Space Economy e dell'Internet of Space rappresentano quindi un elemento fondamentale per l'innovazione nell'elettronica aerospaziale, con ricadute importanti sia per la filiera che per le industrie. La ricerca e lo sviluppo nel campo aerospaziale prepara il terreno per quella che sarà la futura formazione finalizzata alla nascita di attività lavorative altamente qualificate che possono generare un significativo sviluppo del mercato del lavoro a livello nazionale ed internazionale.

Buona lettura!

Giordana Francesca Brescia

Aerospace & Defence Sensors Applications



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 - 146.723
Social Network - 131.182

© 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
OCCHI PUNTATI
SULLO SPAZIO

2

IL TREND DELLA
SENSORISTICA
E DELLE APPLICAZIONI

4

GLI SSD TCG OPAL
DI APACER HANNO
OTTENUTO LA
CERTIFICAZIONE FIPS
140-2 / PORTA LA SICUREZZA
AL LIVELLO SUCCESSIVO CON
UNA GAMMA DIVERSIFICATA
DI SSD ESTREMAMENTE SICURI

9

I SENSORI MAGNETICI
NELLE APPLICAZIONI
AERONAUTICHE

11

SENSORI SPAZIALI

15

I SENSORI INTELLIGENTI
PER LE APPLICAZIONI
AERONAUTICHE

20

IL SENSORE PER LA
VISIONE ARTIFICIALE
SENSECAP A1101

24

RETI DI SENSORI
WIRELESS INTELLIGENTI
PER IL MONITORAGGIO
DEGLI AEREI

29

L'ASSEMBLAGGIO DEL
CIRCUITO STAMPATO
NEI SISTEMI DI
PRODUZIONE INTELLIGENTI

33

CORSO DI ELETTRONICA
PER RAGAZZI -
PUNTATA 7

37

STARLINK: QUANTO
C'E DA SAPERE
SUL SISTEMA DI
TELECOMUNICAZIONI
PIU FAMOSO AD OGGI

43

SISTEMA DI
ALIMENTAZIONE
CYBER-FISICO
POTENZIATO DALLA RETE
SPAZIALE STARLINK

49

COMUNICAZIONI
SATELLITARI NELLA
NUOVA ERA SPAZIALE:
UN'INDAGINE E SFIDE FUTURE

55

EC-LUE: UNA APP
NATA DA GOOGLE
EARTH ENGINE

64

TECNOLOGIA PER IL
MONITORAGGIO DELLE
CALAMITA NATURALI

68

DEW: LE ARMI A
ENERGIA DIRETTA

74

CERVOZ ACCELERA
LA NUOVA ERA
DELL'AVIAZIONE

78

PROGETTO DI UN
DISPOSITIVO DI
CONTROLLO DI UN
ACCESSO DI SICUREZZA
CON RFID E ARDUINO
PARTE 4

80



GLI SSD TCG OPAL DI APACER HANNO OTTENUTO LA CERTIFICAZIONE FIPS 140-2 / PORTA LA SICUREZZA AL LIVELLO SUCCESSIVO CON UNA GAMMA DIVERSIFICATA DI SSD ESTREMAMENTE SICURI

di **Apacer**

Mentre il 5G si diffonde in tutto il mondo e il 6G rimane in fase di sviluppo, persistono preoccupazioni per la minaccia di costosi attacchi ransomware.

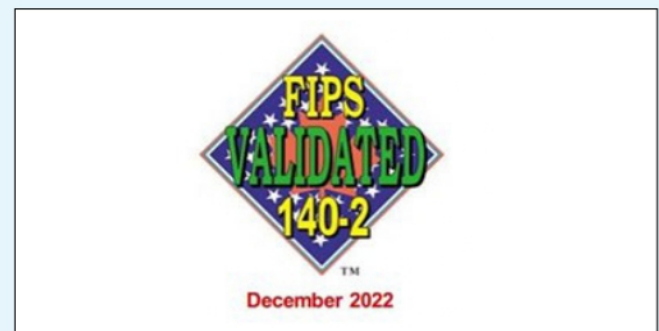
Nessuno è invulnerabile, a quanto pare, dalle aziende più grandi e rispettate del mondo, a obiettivi impensabili come operatori sanitari e ospedali. Gli amministratori di rete richiedevano modalità più potenti per aggiornare la sicurezza. Tenendo presenti queste circostanze, Apacer ha creato una linea di prodotti che porta la sicurezza a un livello superiore. Si chiama **serie SV240 TCG SSD** e ha ottenuto la **certificazione FIPS 140-2**. Per i clienti che intendono lavorare con le agenzie federali statunitensi e che richiedono una maggiore sicurezza, come i settori della sanità, dei servizi finanziari, dell'infrastruttura 5G e della difesa, i prodotti convalidati dalla certificazione FIPS sono la soluzione migliore.

FIPS 140-2, The Federal Information Processing Standard, è uno standard di sicurezza del governo degli Stati Uniti per la certificazione dei moduli crittografici. La certificazione richiede che un prodotto superi una serie di test crittografici, assicurando che il dispositivo sia sicuro come promette di essere. Per motivi di tempo o di costi, alcuni produttori affermano di essere conformi a FIPS 140-2 o di disporre di uno o due prodotti convalidati. Ma Apacer mantiene una linea di prodotti diversificata che copre molte capacità e fattori di forma, tutti considerati "convalidati FIPS 140-2" lavorando con una terza parte verificata per superare con precisione la revisione del National Institute of Standards and Technology (NIST). Il certificato FIPS di Apacer è il numero 4386.

La **serie SV240 TCG SSD** di Apacer può essere fornita con molte caratteristiche a valore aggiunto integrate, come il funzionamento a temperature elevate per appli-

cazioni robuste, che Apacer è la prima a offrire. È inoltre disponibile in quattro fattori di forma: **2,5"**, **M.2 2280**, **mSATA** e **MO297**, ed è disponibile con supporto opzionale per robusti connettori R-SATA. Le capacità sono disponibili fino a 1920 GB. La vasta gamma di SSD convalidati FIPS estremamente sicuri di Apacer porta la sicurezza a un livello superiore per il mondo industriale.

I dettagli delle informazioni di convalida FIPS di Apacer (certificato n. 4368) possono essere



visualizzati all'indirizzo: <https://csrc.nist.gov/projects/cryptographic-module-validation-program/certificate/4386>

INFORMAZIONI SU APACER

Fondata nel 1997, Apacer (TWSE:8271) è un marchio globale leader nello storage digitale con capacità complete di ricerca e sviluppo, progettazione, produzione e marketing. Con anni di tecnologia di archiviazione digitale brevettata e una profonda esperienza di successo nella ricerca e sviluppo, Apacer offre una gamma competitiva di prodotti e servizi personalizzati.

Le nostre linee di prodotti sono diversificate e coprono soluzioni per moduli di memoria, SSD industriali, prodotti di consumo per il digital storage e applicazioni integrate Internet of Things. Apacer si dedica all'implementazione del nostro valore fondamentale "Becoming Better Partners": manteniamo le nostre promesse, ci impegniamo per il miglioramento costante e sviluppiamo soluzioni reciprocamente vantaggiose per noi e per i nostri clienti. Creiamo continuamente soluzioni di archiviazione innovative e diversificate e servizi di integrazione hardware/software per vari settori. Ci sforziamo di diventare un partner migliore nell'ecosistema industriale e offrire vantaggi sostanziali a tutti gli stakeholders.

Puoi trovare maggiori informazioni sui prodotti di Apacer per le applicazioni industriali al link:

<https://industrial.apacer.com/>



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/gli-ssd-tcg-opal-di-apacer-hanno-ottenuto-la-certificazione-fips-140-2-porta-la-sicurezza-al-livello-successivo-con-una-gamma-diversificata-di-ssd-estremamente-sicuri>

THE BIGGEST EMBEDDED COMMUNITY IN ITALY

| CATEGORIES | |
|-----------------------|------|
| COMPANIES/CONSULTANTS | 53 % |
| ACADEMICS/STUDENTS | 25 % |
| MAKERS/HOBBYISTS | 22 % |

SOCIAL CONNECTIONS

+ 83.000

+ 23.000

+ 145.000 REGISTERED USERS

7.414 AVERAGE DAILY PAGEVIEWS (FEB2020)

830.610 2020 ANNUAL VISITORS



SENSORI SPAZIALI

di Maila Agostini

La sensoristica per lo spazio rappresenta una delle sfide tecnologiche più grandi e affascinanti dell'umanità. La ricerca spaziale e l'esplorazione del cosmo richiedono strumenti sofisticati e precisi in grado di rilevare e analizzare dati in condizioni estreme, spesso molto lontane da quelle terrestri. I sensori spaziali sono stati sviluppati per raccogliere informazioni sulle caratteristiche fisiche e chimiche dei corpi celesti, monitorare l'ambiente spaziale e studiare i processi fisici che si verificano nello spazio. Questi strumenti sono fondamentali per l'ottenimento di risultati scientifici di alta qualità e rappresentano una componente essenziale per il successo delle missioni spaziali. Nel corso degli anni, la tecnologia dei sensori spaziali è avanzata notevolmente e oggi questi strumenti sono in grado di rilevare e trasmettere dati con una precisione impensabile solo pochi anni fa. Tuttavia, la ricerca e lo sviluppo continuano ad essere fondamentali per migliorare le prestazioni dei sensori e per sviluppare strumenti ancora più avanzati e sofisticati in grado di svolgere funzioni sempre più complesse.

INTRODUZIONE

Lo sviluppo di **sensori** per lo spazio è un campo in continua evoluzione, con l'obiettivo di monitorare e raccogliere informazioni su vari fenomeni fisici e ambientali del nostro universo. L'uso di sensori nello spazio è fondamentale per la **ricerca spaziale**, l'esplorazione planetaria, l'osservazione astronomica e altre applicazioni. Una delle sfide più grandi è la necessità di funzionare in un ambiente estremamente ostile e dinamico.

La temperatura, la pressione, la radiazione e altri fattori ambientali possono avere un impatto significativo sulla precisione e sulla durata delle misurazioni. Inoltre, la presenza di detriti spaziali e di micrometeoriti può rappresentare un rischio per la sopravvivenza dei sensori e delle sonde spaziali. Nonostante queste sfide, sono stati fatti notevoli progressi negli ultimi anni. Uno dei più importanti è la **miniaturizzazione dei sensori**, che ha permesso di sviluppare sonde e strumenti di misurazione più compatti e leggeri. Questo ha reso possibile l'invio di sonde spaziali a distanze sempre maggiori, riducendo i costi e aumentando la durata delle missioni. Altri progressi importanti riguardano l'uso di sensori di imaging ad alta risoluzione. Questi strumenti sono in grado di rilevare dettagli molto piccoli, permettendo l'osservazione di corpi celesti lontani. Inoltre, le immagini ad alta risoluzione possono essere utilizzate per monitorare le condizioni meteorologiche e il clima sulla Terra.

CLASSIFICAZIONE DI UN SENSORE

La classificazione dei sensori per lo spazio dipende dalle loro caratteristiche tecniche e dalle specifiche applicazioni per cui sono progettati. In generale, i sensori possono

essere classificati in base a diversi fattori, tra cui la **tecnologia di rilevamento**, la **risoluzione**, la **sensibilità** e la **frequenza di campionamento**. La tecnologia di rilevamento è uno dei fattori più importanti nella classificazione dei sensori spaziali. I sensori possono utilizzare diverse tecnologie per rilevare i segnali, come ad esempio i sensori a infrarossi, a microonde, a radar o a ultrasuoni. Ogni tecnologia ha vantaggi e svantaggi specifici, in base alle condizioni ambientali e alle specifiche applicazioni. La risoluzione è un'altra caratteristica fondamentale dei sensori spaziali.

Si riferisce alla capacità del sensore di distinguere tra due oggetti vicini. Ad esempio, un sensore con una risoluzione di 1 metro può distinguere due oggetti che si trovano a 1 metro di distanza l'uno dall'altro.

La risoluzione è importante per applicazioni come l'osservazione della Terra, l'esplorazione planetaria e l'astronomia. La sensibilità è un altro punto chiave. Si riferisce alla capacità del sensore di rilevare anche i segnali più deboli. Una maggiore sensibilità consente di rilevare segnali più deboli, ma può anche aumentare il rumore di fondo e ridurre la precisione delle misurazioni.

Anche la frequenza di campionamento è importante.

Si riferisce alla frequenza con cui il sensore campiona i segnali. Una frequenza di campionamento più elevata consente di rilevare i segnali più rapidamente, ma può anche aumentare la complessità dei dati e la quantità di dati trasmessi. In sintesi, la classificazione dei sensori per lo spazio dipende da molte variabili tecniche e applicative. Una corretta classificazione dei sensori è fondamentale per garantire la massima precisione delle misurazioni e la massima efficienza delle missioni spaziali.

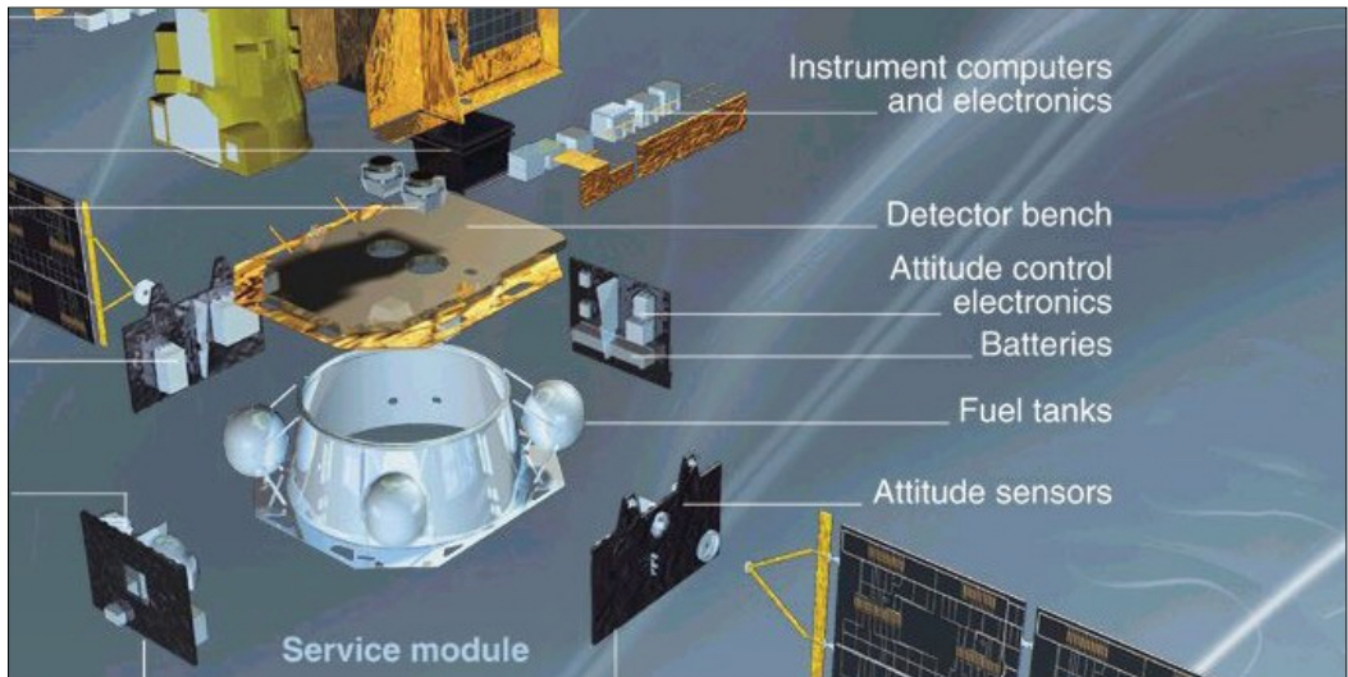


Figura 1: Vista esplosa della navicella INTEGRAL (Credit: consorzio INTEGRAL)

REQUISITI SPECIFICI

I sensori che vengono utilizzati nello spazio, a differenza degli altri, devono soddisfare requisiti precisi in termini di ingombri, pesi, consumi e componenti e devono essere progettati per superare una serie di test che ne garantiscano la sopravvivenza ed il funzionamento nello spazio ed in fase di lancio. In **Figura 1** l'esplosa della navicella INTEGRAL mostra la presenza di numerosi sensori, con caratteristiche e requisiti diversi.

PROGETTARE SENSORI PER UNA MISSIONE SPAZIALE

L'ingombro dei sensori spaziali è un fattore critico, poiché

gettati per consumare il minor quantitativo di energia possibile, senza compromettere la loro funzionalità. Infine, i componenti dei sensori spaziali devono essere progettati per garantire la massima affidabilità e durata. Una volta messi in orbita, i sensori spaziali non possono essere riparati o sostituiti facilmente, quindi i componenti devono essere scelti in modo da minimizzare il rischio di guasti e malfunzionamenti. Inoltre, i componenti dei sensori devono essere progettati per operare a lungo termine senza la necessità di manutenzione o riparazione, poiché le missioni spaziali sono spesso di lunga durata e richiedono sensori che possano funzionare per anni senza problemi.

SOPRAVVIVERE NELLO SPAZIO

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

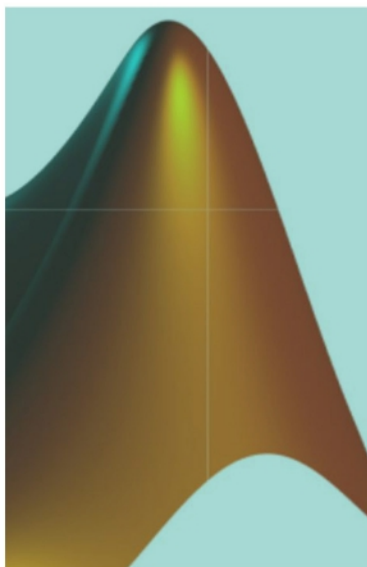


VOGLIO ABBONARMI!



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!



RETI DI SENSORI WIRELESS INTELLIGENTI PER IL MONITORAGGIO DEGLI AEREI

di Fulvio De Santis

Nel tradizionale sistema di monitoraggio di bordo degli aerei, i dati rilevati da deformazione, vibrazione, ultrasuoni delle strutture o temperatura e umidità nell'ambiente della cabina, vengono trasmessi all'archivio dati centrale tramite cablaggi. Tuttavia, esistono ancora degli svantaggi nei sistemi di monitoraggio cablati, come costose installazioni e manutenzioni, nonché complicate connessioni cablate. Negli ultimi anni, si è creato un crescente interesse verso i sistemi di monitoraggio basati su rete di sensori wireless intelligenti che consentono vantaggi di flessibilità, basso costo e facilità di implementazione. In questo articolo descriveremo una panoramica sul sistema di monitoraggio degli aerei mediante una rete di sensori wireless intelligenti.

INTRODUZIONE

In un tipico aeromobile commerciale o militare, il sistema di monitoraggio di bordo include sistemi critici per la sicurezza (ad esempio, il sistema di controllo del motore e il sistema di controllo del volo) e sistemi non critici per la sicurezza (ad esempio, il sistema di monitoraggio dello stato della struttura, sistema di controllo ambientale della cabina e il sistema di intrattenimento in volo). Tradizionalmente, un gran numero di **sensori** operanti in tempo reale basati su connessioni cablate sono serviti per l'attuale sistema di monitoraggio comportando centinaia di migliaia di cavi costituiti da alcune decine di migliaia di connettori dei sensori e oltre 100.000 conduttori. Il sistema cablato ha caratteristiche distinte come la canalizzazione dei cavi, un'attività piuttosto rigorosa e complicata. Ad esempio, la canalizzazione dei cavi di alimentazione e la canalizzazione dei cavi del segnale elettrico dovrebbero essere fisicamente separate per **impedire interferenze elettromagnetiche**. L'utilizzo del cablaggio è limitato dalle posizioni accessibili dei sensori e dalle condizioni ambientali difficili. L'installazione di cavi più lunghi in strutture di grandi dimensioni richiede molto tempo e manodopera. Il degrado del cablaggio potrebbe contribuire negativamente sull'andamento della missione di volo e provocare anche gravi guasti con esito catastrofico. Quindi, il sistema di monitoraggio cablato tradizionale soffre di molte carenze dovute principalmente al **percorso dei cavi**, specialmente se molto lunghi, che collegano ogni sensore a un'unità centrale.

Fino ad ora, i progressi raggiunti nelle tecnologie dei sensori integrati e nella trasmissione dati wireless hanno esteso la capacità di monitoraggio delle strutture aeronau-

tiche, delle apparecchiature di collaudo a terra e dei veicoli spaziali e dell'ambiente di cabina. Uno dei principali vantaggi potenziali dell'utilizzo della rete di sensori wireless per il sistema di monitoraggio è la riduzione del peso e dei tempi di installazione del sistema dell'aereo, il minor consumo di carburante, la manutenzione e la revisione. Il sistema di rete di sensori wireless fornisce un nuovo approccio per risolvere molti problemi intrinseci alla strumentazione cablata, come l'efficienza del carburante, le emissioni di carbonio e la massa di volo. Si sta avvertendo un possibile uso interessante della rete di sensori wireless per il monitoraggio dell'aereo. Negli aerei, a causa di elevati angoli di attacco in decollo/atterraggio, manovre improvvise del pilota, turbolenza, raffiche di vento e normali onde d'urto sull'ala a velocità ultrasonica, si verifica la separazione dello strato limite sulle ali, con conseguente fenomeno della resistenza parassita e stallo. Per questo motivo, l'implementazione in posizioni strategiche di sensori attivi e attuatori wireless per il controllo del flusso d'aria, in particolare sull'ala, per fornire informazioni sul flusso d'aria in tempo reale e metriche decisionali al sistema locale, si riflette sulla necessità di realizzare un efficiente sistema di controllo del flusso d'aria a circuito chiuso.

Il sistema di rete di sensori wireless intelligenti può implementare l'autoconfigurazione, la tolleranza alle interferenze RF e la risoluzione dei problemi di manutenzione. Nelle applicazioni critiche, sebbene i collegamenti wireless non possano sostituire completamente i cavi, alla luce dei requisiti di elevata affidabilità, possono anche funzionare come collegamenti ridondanti, migliorando l'affidabilità e la flessibilità del sistema di monitoraggio di bordo. Inoltre, il sistema di rete di sensori wireless aumenterà la sicurezza

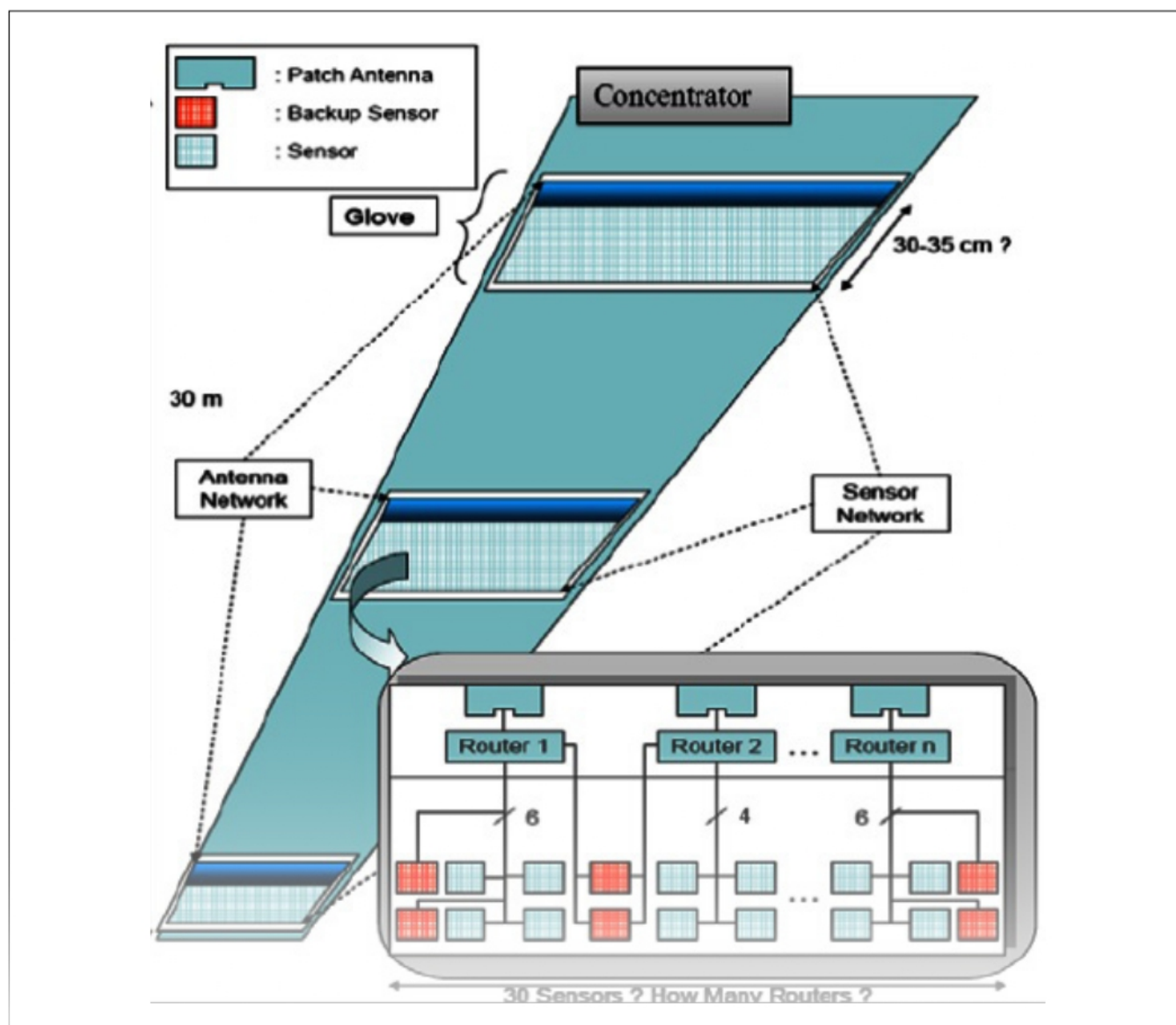


Figura 1: Un'applicazione della rete di sensori wireless per il monitoraggio delle ali dell'aereo

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

tecnica rende disponibili

PERCHE' ABBONARSI A PLATINUM 2.0?

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



VOGLIO ABBONARMI!

L'ASSEMBLAGGIO DEL CIRCUITO STAMPATO NEI SISTEMI DI PRODUZIONE INTELLIGENTI

di **Fulvio De Santis**

Il processo di assemblaggio di circuiti stampati coinvolge diverse macchine: una stampante per stencil, la macchina di posizionamento e il forno di rifusione, la macchina di saldatura e assemblaggio dei componenti elettronici sui circuiti stampati (PCB). Nel flusso di produzione vengono implementati alcuni meccanismi di prevenzione dei guasti per garantire la qualità dell'assemblaggio, inclusi l'ispezione della pasta saldante, l'ispezione ottica automatizzata e i test in-circuit. Tuttavia, tali metodi per individuare i guasti sono di natura reattiva, il che può creare rifiuti e richiedere uno sforzo aggiuntivo da dedicare alla riproduzione e ispezione dei PCB. Peggio ancora, le prestazioni del processo di assemblaggio non possono essere garantite al massimo livello. Pertanto, è necessario migliorare le prestazioni del processo. In questo articolo, al fine di affrontare le sfide sopra citate nel processo di assemblaggio, viene descritto l'approccio ad un sistema di ottimizzazione del processo intelligente e proattivo per indagare e gestire le prestazioni. I parametri di processo critici vengono dapprima identificati e selezionati, quindi vengono utilizzati per ottimizzare le prestazioni dell'assemblaggio.

INTRODUZIONE

Negli ultimi anni, a causa della **rapida crescita dei prodotti elettronici**, i requisiti di qualità e produttività della **produzione elettronica** sono diventati severi e complicati. Da un lato, le richieste del team di ingegneria del prodotto che prevedono che **i circuiti stampati devono essere progettati utilizzando componenti elettronici piccoli e precisi**. D'altra parte, i consumatori finali hanno requisiti di qualità e stabilità del prodotto più elevati durante l'intero ciclo di vita del prodotto stesso. Per la produzione in serie di prodotti elettronici, l'assemblaggio di circuiti stampati è fondamentale per la produzione dei PCB progettati mediante la tecnologia a montaggio superficiale (SMT). L'effettiva adozione della tecnologia SMT è essenziale per le prestazioni di rendimento e la qualità del prodotto di PCB finiti, in particolare in relazione alla manipolazione del package di componenti di piccole dimensioni, come ad esempio il package 0201 mostrato in **Figura 1** le cui dimensioni sono $0.006 \times 0.003 \times 0.001$ cm. Nel flusso di produzione generico di assemblaggio, la stampante per stencil, la macchina per il posizionamento e il forno di rifusione sono attrezzature essenziali per la produzione dei PCB. Per la prevenzione dei guasti nelle linee di produzione ci sono diversi processi come l'ispezione della pasta saldante, l'ispezione ottica automatizzata e i test in-circuit (ICT). Tuttavia, nell'attuale prevenzione

dei guasti, i processi sono reattivi ai difetti che possono creare alcuni scarti di produzione e sforzi aggiuntivi dovuti alla necessità di rilavorazione. Pertanto, recenti studi di ricerca stanno tentando di **trasformare tali processi in proattivi e automatici per allinearsi agli obiettivi della produzione intelligente**. Durante il tipico processo di assemblaggio, ci sono due grandi sfide che offrono spazio di miglioramento. Innanzitutto, nelle fasi di impostazione dei parametri di assemblaggio, le macchine vengono impostate dagli esperti del settore, in modo tale che l'intero processo dipenda fortemente dalle loro conoscenze ed esperienze specialistiche, e sull'identificazione dei fattori critici, conoscenze che non possono essere trasferite ad altri in modo efficace. Questo complica il processo di assemblaggio e rende difficile migliorare le prestazioni del processo. In secondo luogo, il processo di ispezione esistente viene utilizzato per analizzare la perdita di rendimento nell'intero processo di assemblaggio, senza considerare l'effetto sulle impostazioni dei parametri delle macchine. Pertanto, l'ottimizzazione delle prestazioni del processo è difficile da ottenere e le prestazioni del rendimento si affidano principalmente agli esperti del settore.

Per affrontare le suddette sfide nell'esistente processo di assemblaggio, una produzione intelligente è un metodo basato sulla tecnologia per automatizzare le operazioni di produzione e per migliorare le prestazioni della produ-

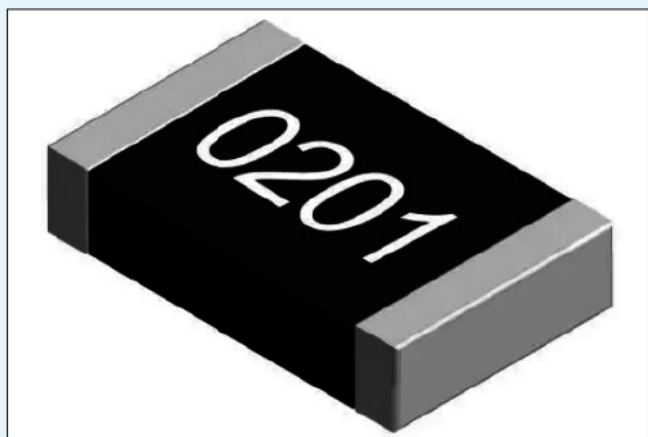


Figura 1: Esempio di un componente elettronico in SMT con package 0201

zione mediante l'analisi dei dati. Esistono alcuni pilastri della produzione intelligente: ingegneria predittiva, sostenibilità, condivisione delle risorse e rete, tecnologia di produzione, processi e materiali. Gli approcci basati sui dati per migliorare il processo di produzione sono considerati l'evoluzione nel settore manifatturiero, mentre passate e nuove esperienze nella produzione possono essere preservate ed utilizzate. In questo articolo, sono descritte le caratteristiche fondamentali per un processo di assemblaggio intelligente che integra metodi di analisi dei big data e di progettazione. Analizzando i record storici del processo di assemblaggio del circuito stampato, vengono applicati dei metodi di analisi dei big data per classificare i tipi di difetti gravi, definiti appunto "Non Buoni" (o NG), tali da poter identificare i fattori critici nelle impostazioni dei parametri delle macchine. Successivamente all'analisi dei dati, vengono identificate e applicate le migliori impostazioni dei parametri delle macchine per ottimizzare molteplici obiettivi relativi alle prestazioni del processo, vale a dire ridurre al minimo il numero di risultati NG e al massimo il numero di "Conferme". In quanto tale, l'intero processo di assemblaggio del circuito stampato può diventare "intelligente" e proattivo senza intervento umano, quindi può essere formulata una strategia di gestione del processo di produzione. Alla fine, l'assemblaggio del circuito stampato può diventare più automatico e intelligente e meno dipendente dall'essere umano in questa era della produzione intelligente.

IL CONCETTO DI PRODUZIONE INTELLIGENTE

Per superare le sfide esistenti nel settore manifatturiero, la produzione intelligente è considerata la quarta rivoluzione del settore, migliorando la competitività e produttività

attraverso la progettazione e lo sviluppo delle tecnologie all'avanguardia dell'informazione e della comunicazione (ICT). In questo nuovo paradigma della produzione intelligente, l'adozione di tecnologie emergenti migliora le funzionalità decisionali ingegneristiche disponibili nell'industria manifatturiera. Insieme alla produzione intelligente, è stato proposto il concetto di **Industria 4.0** per strutturare lo sviluppo della produzione intelligente considerando le tecnologie e le tecniche emergenti, come il sistema cyberfisico e l'Internet of Things (**IoT**). Le aree di miglioramento nell'Industria 4.0 comprendono: la standardizzazione e l'architettura di riferimento; la gestione di sistemi complessi; un'infrastruttura a banda larga; sicurezza e protezione; organizzazione e progettazione del lavoro; formazione; regolamento; gestione delle risorse. È stato anche presentato un concetto generale di produzione intelligente in cui il cyberfisico e le attrezzature di produzione sono interconnesse e collegate da interfacce. L'attrezzatura di produzione può essere dotata di intelligenza per supportare le attività decisionali nei processi di produzione. Inoltre, una delle congetture ha mostrato che la digitalizzazione della produzione sarebbe stata raggiunta in futuro, così come la dipendenza dalla gestione e l'analisi dei dati è stata rapidamente aumentata. L'utilizzo dei dati raccolti nel processo di produzione per controllare e migliorare efficacemente il processo può essere una delle essenze della produzione intelligente. Per raggiungere gli obiettivi di cui sopra, l'applicazione e l'integrazione dell'IoT, il cyberfisico, Intelligenza Artificiale e analisi dei big data, dovrebbero essere considerate per formulare un'architettura olistica per l'implementazione del sistema intelligente.

ANALISI DEI BIG DATA

L'analisi dei big data utilizzata per la gestione dei processi di assemblaggio del circuito stampato, è una tecnica promettente per guidare le strategie e gli insights aziendali, poiché la complessità dei set di dati è stata rapidamente ampliata. In generale, ci sono alcuni fattori utilizzati per definire i big data: volume, velocità, veridicità, varietà, valore, variabilità e visualizzazione, quindi il processo di analisi dei dati riguardo alle dimensioni di cui sopra è diventato complesso, richiedendo la strutturazione dei metodi e dei modelli utilizzati. Le applicazioni dell'analisi dei big data sono state ampiamente utilizzate in numerosi settori, come la gestione della catena di approvvigionamento, l'assistenza sanitaria e il marketing digitale. La conoscenza tecnica, conoscenza aziendale, conoscenza relazionale e analisi aziendale, possono soddisfare varie esigenze in ambito industriale, ad esempio nella previsio-



Figura 2

ne, raggruppamento in cluster, ottimizzazione, misurazione delle prestazioni e modellazione predittiva.

ASSEMBLAGGIO INTELLIGENTE DEI CIRCUITI STAMPATI

Per realizzare un'architettura di un sistema di ottimizzazione per l'assemblaggio intelligente dei circuiti stampati, ci sono tre principali blocchi funzionali per raggiungere gli obiettivi di identificare i fattori chiave e ottimizzare le impostazioni dei parametri delle macchine: (1) **raccolta dati essenziali** dal processo di assemblaggio e dalla percezione degli esperti per facilitare il processo di analisi dei dati; (2) **analisi dei guasti** per determinare i parametri di processo critici attraverso l'analisi dei risultati "Non Buoni" (NG); (3) **ottimizzazione delle impostazioni della macchina** per migliorare i parametri di processo ottenuti con l'analisi dei dati. Impostando i parametri di processo ottimizzati, le prestazioni del processo in termini di perdita di resa possono essere migliorate, con conseguente migliore qualità del processo di assemblaggio.

LA RACCOLTA DEI DATI

Il primo blocco funzionale per facilitare l'intero sistema di assemblaggio intelligente è la raccolta dei dati dai siti di produzione. Nella fase di raccolta dei dati, ci sono due tipi di dati da raccogliere dalle macchine di ispezione e dagli esperti della linea di assemblaggio. Innanzitutto, dalle macchine di ispezione è possibile ottenere il set di dati relativo alle prestazioni di produzione per stabilire il profilo di assemblaggio. Le principali forme di dati da analizzare nel processo di assemblaggio sono: l'identificazione,

impostazioni dei parametri della macchina, numero totale di assemblaggi, risultati dell'ispezione e record degli NG. I risultati dell'ispezione possono essere suddivisi in quattro tipi principali, vale a dire "Buono", "Avviso", "Conferma" e "Non Buono". I risultati "Buono" e "Avviso" indicano che i prodotti semilavorati sono: (a) entro le specifiche e la tolleranza; e (b) entro le specifiche ma fuori tolleranza, rispettivamente, in cui entrambi sono accettabili e i prodotti superano il processo di fabbricazione.

Il risultato "Conferma" indica che la situazione del PCB non può essere determinata dalle macchine di ispezione stesse e i risultati dell'ispezione devono essere approvati dagli esperti della linea di produzione. Il risultato "Non buono", o NG, si riferisce ai PCB che non rientrano nelle specifiche, tali PCB vengono quindi classificati come non conformi al processo di fabbricazione. Quindi, dai risultati dell'ispezione è possibile ottenere un set di dati relativo alle prestazioni del processo di produzione. I dati raccolti dalle macchine di ispezione vengono trasmessi ad un database cloud centralizzato per la successiva analisi dei dati, in cui le macchine di ispezione sono collegate ai dispositivi edge e ai computer nel processo di assemblaggio. Pertanto, i dati provenienti da varie linee di produzione possono essere raccolti per eseguire l'analisi e l'indagine. Per quanto riguarda invece il numero di risultati "Non Buono", il coinvolgimento degli esperti del settore è necessario per indagare la relazione tra tipi di NG e parametri della macchina. In altre parole, la matrice delle relazioni può essere formulata in modo tale che i problemi di NG possano essere alleviati considerando i parametri specifici della macchina. Tutti i dati di cui sopra vengono quindi archiviati nel database cloud centralizzato per la query e l'analisi dei dati. Poiché è difficile ed inefficiente ridurre tutti i tipi di NG nel processo di assemblaggio, l'analisi dei big data viene applicata per identificare i gravi tipi di NG generati durante il processo.

ASPETTI INDUSTRIALI DELLA PRODUZIONE DI PCB

Sebbene la maggior parte delle aziende di produzione di



Figura 3

PCB siano consolidate e ben sviluppate, i requisiti più severi richiesti dai clienti e la rapida crescita dell'industria elettronica impegna queste aziende ad enormi sforzi per migliorare il processo e la qualità del prodotto, ma una gestione efficace per ridurre al minimo la perdita di resa rappresenta ancora un problema critico. Per quanto a conoscenza delle aziende, la maggior parte dei difetti viene generata durante la prima fase del processo di assemblaggio, ovvero nella fase di stampa della pasta saldante. Nel caso di **PCBWay**, una importante nota azienda internazionale professionista nella produzione e assemblaggio di PCB, sono state implementate numerose moderne macchine per risolvere i problemi e le necessità dei clienti nel processo di fabbricazione e assemblaggio di PCB elaborando i dati acquisiti ed analizzati nelle varie fasi del processo e rilevando i difetti automaticamente. Dell'azienda **PCBWay**, la **Figura 2** mostra una zona della linea di assemblaggio di PCB e in **Figura 3** alcune macchine di assemblaggio.

Nel processo di assemblaggio, **PCBWay** fa molto affidamento anche sugli ingegneri e tecnici esperti della linea di assemblaggi di PCB e sulla pratica industriale acquisita negli anni per impostare gli ottimali parametri delle macchine al fine di ottenere la resa e la prestazione richiesta. La qualità dei PCB viene quindi determinata dalle moderne macchine automatiche e dal personale esperto otte-

nendo il massimo numero effettivo di "Buoni" risultati" garantiti da **PCBWay**.

CONCLUSIONI

A seguito di un'indagine approfondita sullo sfondo del processo di assemblaggio e della relativa revisione della letteratura, sono state identificate le lacune della ricerca per determinare i fattori critici nel processo di assemblaggio e per migliorare ulteriormente le prestazioni di rendimento. In questo articolo sono state descritte le caratteristiche di un sistema di assemblaggio intelligente che integra l'analisi dei big data e i blocchi funzionali sopra descritti per colmare le suddette lacune della ricerca. Un sistema di ottimizzazione dei processi di assemblaggio basato su metodi di intelligenza non è solo vantaggioso per le operazioni di assemblaggio, ma è anche prezioso per l'intero settore per realizzare strategie nella produzione intelligente. Il lavoro futuro dovrebbe concentrarsi sull'esplorazione di più avanzate soluzioni della produzione di PCB e dovrebbe replicare i criteri e i metodi del sistema descritto in questo articolo in relazione agli altri componenti del processo di produzione e assemblaggio di 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/lassemblaggio-del-circuito-stampato-nei-sistemi-di-produzione-intelligenti>

CORSO DI ELETTRONICA PER RAGAZZI – PUNTATA 7

di Fulvio De Santis

Nella precedente puntata del Corso di Elettronica per ragazzi abbiamo trattato le leggi di Kirchhoff con esempi teorici e pratici. Abbiamo introdotto i circuiti resistivi parlando del partitore di tensione resistivo di cui abbiamo eseguito anche un'esercitazione pratica di laboratorio con misure di corrente e tensioni. In questa puntata, proseguiremo con i circuiti resistivi con la teoria e la pratica dei circuiti con resistori in parallelo che realizzano il partitore di corrente resistivo. Anche per questo argomento utilizzeremo ancora l'analisi nodale e delle maglie con le leggi di Kirchhoff delle correnti (LKC) e delle tensioni (LKT) e la legge di Ohm.

INTRODUZIONE

Nella precedente Puntata abbiamo trattato circuiti con resistori collegati in serie e abbiamo compreso con la teoria e la pratica con un'esercitazione di laboratorio, che i resistori in serie sono percorsi dalla stessa corrente, ovvero hanno in comune la corrente che li attraversa. Quindi, siano due o più resistori in serie, i resistori hanno in comune la stessa corrente, diversamente dalla tensione che, come enunciato dalla legge di Ohm $V=RI$, si dispone ai capi di ogni resistore con un valore che dipende dal valore della resistenza elettrica del resistore e dalla corrente. Come vedremo nel prossimo paragrafo, la situazione è diversa nel caso di circuiti con **resistori in parallelo** (Figura 1 - Circuito con resistori in parallelo) che, come vedremo, realizzano il **partitore di corrente**.

RESISTORI IN PARALLELO - IL PARTITORE DI CORRENTE

Diversamente dai resistori in serie che hanno in comune la corrente, i resistori in parallelo si definiscono tali perché hanno la tensione in comune, ovvero la tensione ai capi di ogni resistore in parallelo ha lo stesso valore.

Per quanto riguarda la corrente, come vedremo con calcoli ed esempi, dalla legge di Ohm $I=V/R$, in ogni resistore collegato in parallelo il valore della corrente dipende dal valore della resistenza e dalla tensione applicata. La **Figura 1** mostra un circuito con resistori collegati in parallelo.

Osserviamo che il circuito di **Figura 1** ha due nodi, pertanto per l'analisi nodale delle correnti che scorrono nel circuito ricorriamo alla Legge di Kirchhoff delle correnti (LKC) di cui riportiamo la definizione:

La Legge di Kirchhoff delle correnti afferma che la corrente entrante in un nodo è equivalente alla cor-

rente che esce da quel nodo, ovvero, la somma delle correnti entranti in un nodo è uguale alla somma delle correnti uscenti dal nodo.

Quindi, applicando la LKC e considerando positive le correnti entranti nel nodo e negative quelle uscenti (ricordiamo che possiamo scegliere anche il contrario), possiamo scrivere l'equazione delle correnti seguente:

$$I-I_1-I_2-I_3=0$$

Se cambiando segno portiamo I_1 , I_2 e I_3 a destra del simbolo = possiamo anche scriverla così:

$$I=I_1+I_2+I_3$$

Questa relazione è molto utile per capire cosa succede alle correnti nel circuito: la batteria B_1 genera la corrente I (ricordiamo che in realtà la batteria (un generatore) non genera corrente ma, grazie alla sua differenza di potenziale mette in movimento gli elettroni liberi nei conduttori di collegamento e nei resistori). La corrente I entra nel nodo "a" e si ripartisce in tre correnti nei rispettivi resistori realizzando così un partitore di corrente. Le tre correnti nel loro percorso entrano nel nodo "b" da cui esce la corrente I . Quindi, applicando ancora la LKC al nodo "b" avremo la relazione seguente:

$$I_1+I_2+I_3-I=0$$

Anche qui, cambiandogli segno, portiamo I a destra del simbolo = e quindi possiamo anche scrivere l'equazione così:

$$I_1+I_2+I_3=I$$

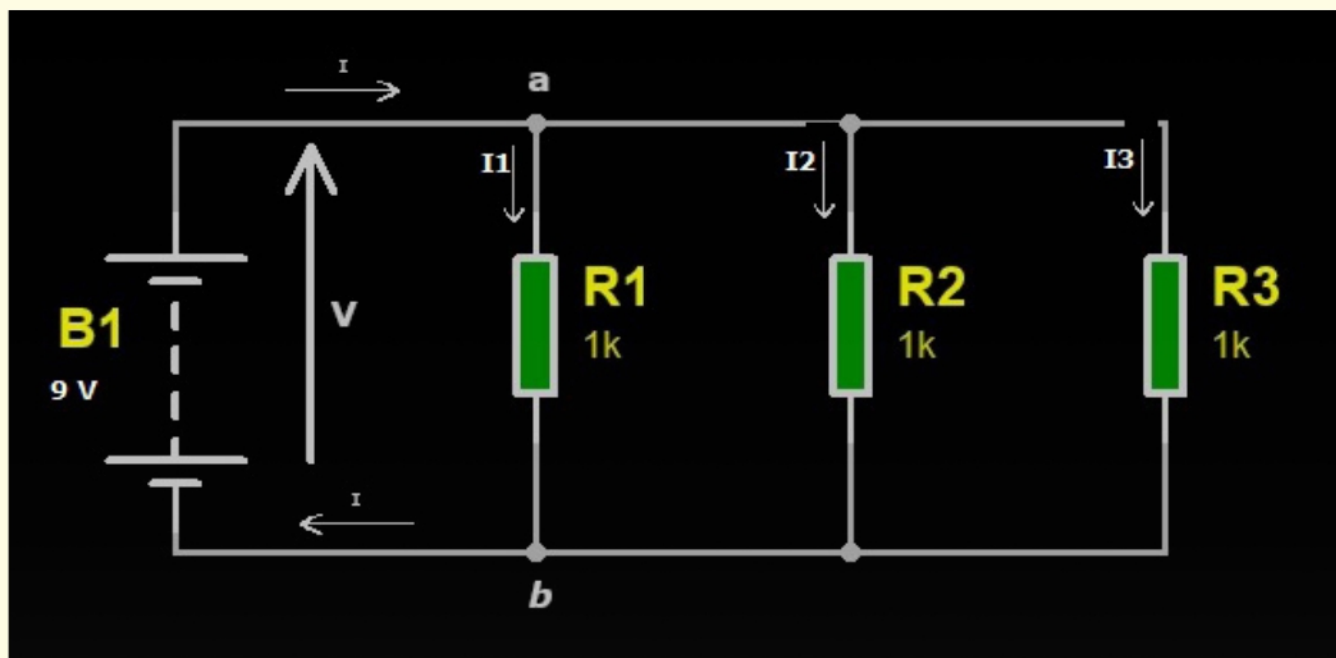


Figura 1: Circuito con resistori in parallelo

Questa relazione ci conferma che la corrente I generata dalla batteria, uscendo dal polo positivo della batteria, dopo il percorso nel circuito ritorna alla batteria sul polo negativo, infatti, per convenzione, la corrente scorre dal polo (o potenziale) positivo al polo negativo. Anche in questo caso, ricordiamo che in realtà la corrente (il flusso di elettroni) scorre dal potenziale negativo al potenziale positivo. Osservando ancora lo schema elettrico del circuito di **Figura 1**, notiamo che i tre resistori $R1$, $R2$ e $R3$ hanno lo stesso valore di resistenza di 1 kohm (k sta per 1000, quindi 1000 ohm) e, essendo collegati in parallelo, per definizione ai loro capi c'è lo stesso valore di tensione che in questo caso è proprio il valore di tensione della batteria collegata in parallelo ai resistori. Detto questo, utilizzando

circuito sarà:

$$I = I1 + I2 + I3 = 27 \text{ mA}$$

Questo esempio può far nascere una domanda: se le tre correnti $I1$, $I2$ e $I3$ equivalgono ad un'unica corrente I , se si volesse far scorrere la stessa corrente I inserendo nel circuito un solo resistore con resistenza equivalente al valore di resistenza dei tre resistori in parallelo, che resistenza dovrebbe avere quel resistore? Lo scopriremo nel paragrafo seguente in cui vedremo come si calcola la **Resistenza equivalente** alla resistenza di resistori in parallelo.

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

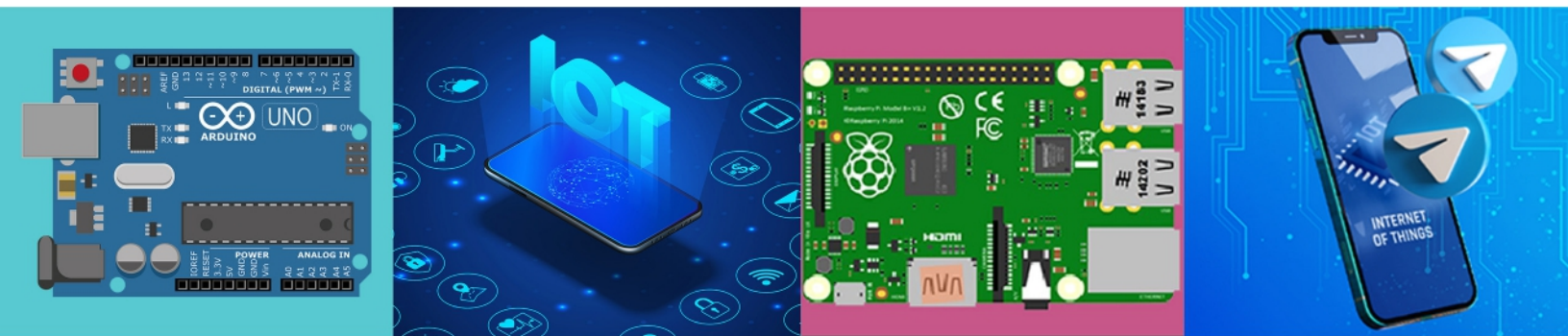
PERCHE' ABBONARSI A PLATINUM 2.0?

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



SCOPRI I CORSI!



+ 140.000

REGISTERED USERS

7.414

 AVERAGE DAILY PAGEVIEWS (FEB2020)

830.610

 2020 ANNUAL VISITORS

THE BIGGEST EMBEDDED COMMUNITY IN ITALY

CATEGORIES

COMPANIES/CONSULTANTS

53 %

ACADEMICS/STUDENTS

25 %

MAKERS/HOBBYISTS

22 %

SOCIAL CONNECTIONS

f + 83.000

in + 23.000

