

Automotive Sensors

Facilitare l'elettrificazione
del nostro pianeta.

LEM
Life Energy Motion

IN QUESTO NUMERO:

HACKERARE LA RETE CAN BUS CON FLIPPER ZERO

UNA GUIDA ALLA SCELTA DEI SENSORI PER I PROGETTISTI DI SISTEMI AUTOMOTIVE

IL NITRURO DI GALLIO TRA INNOVAZIONE ED EFFICIENZA

CORSO DI ELETTRONICA PER RAGAZZI - PUNTATA 26

E MOLTI ALTRI ARTICOLI E PROGETTI!



Potenza della Scelta

Principiante o Esperto, Soluzioni Bluetooth® per Tutti

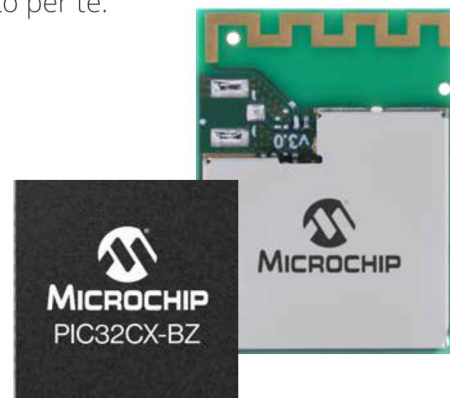
L'aggiunta del Bluetooth al tuo prodotto aggiunge funzionalità e migliora l'esperienza dell'utente. Tuttavia, trovare il fornitore giusto può essere difficile.

La maggior parte dei fornitori offre un numero enorme di prodotti ma con poche indicazioni per aiutarti a scegliere tra di loro. Sono quindi talmente tante le scelte da fare che è difficile sentirti sicuro della tua selezione.

Che tu sia un professionista esperto o un principiante dello sviluppo Bluetooth, abbiamo una soluzione su misura per le tue esigenze. Il nostro vasto portfolio di prodotti Bluetooth, ampliato, offre una gamma di opzioni altamente funzionali e facili da usare.

- **Moduli Plug-and-play** che non richiedono competenze di programmazione o RF
- **Moduli Programmabili** che sono MCU multiprotocollo certificati dalle normative con Bluetooth e 802.15.4
- **Robusti SoC** qualificati 125 °C, ricchi di periferiche e adatti ad applicazioni difficili
- **Strumenti e supporto** per aiutarti nella scelta della parte giusta per te, e passare rapidamente dall'idea al prototipo

Sfoglia il nostro portfolio per trovare il dispositivo Bluetooth certificato giusto per te.



MICROCHIP

microchip.com/bluetooth



Il nome e logo Microchip e il logo Microchip sono marchi industriali registrati di Microchip Technology Incorporated negli U.S.A. e in altri Stati. Tutti gli altri marchi menzionati appartengono ai rispettivi titolari.
© 2024 Microchip Technology Inc. Tutti i diritti riservati.
MEC2578A-ITA-10-24

COSA LEGGERAI NEL 2025?***TOPICS******MAKERS ZONE******DATA DI PUBBLICAZIONE***

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

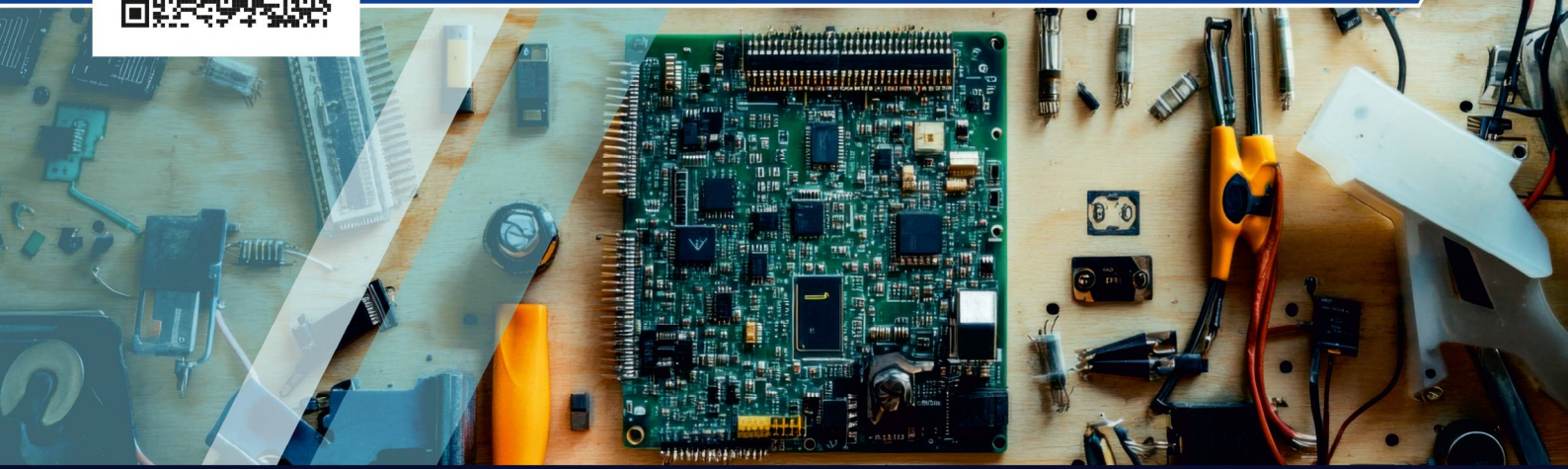
Test&Measurements

Connectors

1 Dicembre



**CERCHI PROGETTI DI ELETTRONICA?
VISITA LA SEZIONE DIY DI TME!**



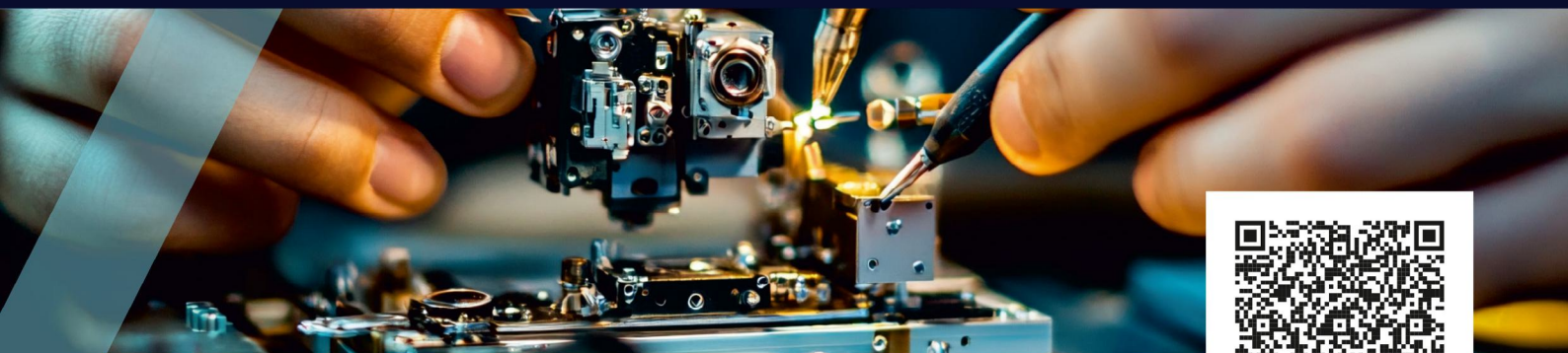
OLTRE 1.000.000 DI PRODOTTI

ALTA DISPONIBILITÀ



OLTRE 1.300 FORNITORI

SPEDIZIONE RAPIDA



**VUOI VEDERE L'INNOVAZIONE IN AZIONE?
SCOPRI POWERED BY TME!**

TME Italia S.r.l.
Grassobbio (BG), tme@tme-italia.it

Ci trovi su:      

tme.eu |

YOU NEED IT, WE HAVE IT!

■ ■ ■ ■ ■ **tme.com** ■

Il futuro dell'automotive tra efficienza e sostenibilità

Cari lettori,
l'industria automobilistica è in continua trasformazione, trainata dai progressi nella sensoristica avanzata e nell'elettronica di potenza. Entrambi questi elementi, grazie a nuove funzionalità in termini di sicurezza, prestazioni ed esperienza di guida, contribuiscono a ridefinire il concetto di mobilità. L'innovazione è dettata dall'integrazione di tecnologie sempre più sofisticate in grado di rendere i veicoli non solo semplici mezzi di trasporto, ma veri e propri sistemi intelligenti e connessi. L'evoluzione del settore automotive si sta muovendo verso un ecosistema in cui la fusione tra sensoristica avanzata ed elettronica di potenza crea veicoli più sicuri, efficienti e sostenibili. Ne sono un esempio i **veicoli di ultima generazione equipaggiati con sofisticati sensori che raccolgono ed elaborano dati in tempo reale**. Sensori ottici, radar e telecamere permettono il rilevamento di ostacoli e pedoni, il mantenimento della corsia e il controllo della distanza di sicurezza, mentre il LiDAR, con la sua capacità di mappare tridimensionalmente l'ambiente circostante con estrema precisione, abilita funzionalità di assistenza alla guida (ADAS), ovvero sistemi intelligenti che migliorano il livello di sicurezza e pongono le basi per la guida autonoma. I MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) forniscono invece informazioni critiche su accelerazione, inclinazione e vibrazioni per il controllo della stabilità e delle sospensioni. Attraverso l'utilizzo di sensori combinati con l'elaborazione avanzata dei dati, i veicoli moderni acquisiscono la capacità di prevenire incidenti e garantire un'esperienza di guida fluida e affidabile. Parallelamente, l'elettronica di potenza sta guadagnando terreno assumendo un ruolo centrale, soprattutto con la diffusione della mobilità elettrica. La **gestione intelligente dell'energia** nei powertrain elettrici richiede **semiconduttori avanzati** come i dispositivi basati su carburo di silicio (SiC) e nitruro di gallio (GaN), capaci di **ridurre le perdite energetiche e migliorare l'autonomia di guida**. Gli inverter di potenza, i convertitori DC/DC ed i sistemi di ricarica rapida ottimizzano le prestazioni dei veicoli elettrici, mentre l'integrazione con i sistemi di sensoristica consente un monitoraggio preciso dei flussi energetici ed una gestione intelligente delle batterie. Ne deriva una maggiore sicurezza e durata del sistema complessivo. Allo stesso tempo, per garantire il successo della mobilità elettrica, si rende necessario disporre di infrastrutture di ricarica più efficienti e distribuite su larga scala. La sfida per il futuro sarà integrare queste tecnologie in modo sinergico per una maggiore affidabilità e accessibilità in un mercato che si prevede ancora più dinamico ed in continua espansione. Lo sviluppo di reti di comunicazione tra veicoli e infrastrutture stradali, insieme alla ricerca continua nell'Intelligenza Artificiale e nei semiconduttori di potenza, contribuirà ulteriormente a migliorare la gestione del traffico e ridurre le emissioni inquinanti. Il futuro della mobilità è già qui: connesso, autonomo e alimentato da un'efficienza senza precedenti.

Buona lettura!

Giordana Francesca Brescia

Automotive Sensors



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 - 148.440
Social Network - 131.710

© Copyright

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

È 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

IL FUTURO DELL'AUTOMOTIVE TRA EFFICIENZA E SOSTENIBILITÀ **4**

HACKERARE LA RETE CAN BUS CON FLIPPER ZERO **7**

SOLUZIONI ONSEMI PER IL MERCATO AUTOMOTIVE **11**

NUOVE SOLUZIONI PER MIGLIORARE PRESTAZIONI ED EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EV **15**

TECNOLOGIE AVANZATE DI ANALOG DEVICES PER LA CANCELLAZIONE DEL RUMORE STRADALE **21**

UNA GUIDA ALLA SCELTA DEI SENSORI PER I PROGETTISTI DI SISTEMI AUTOMOTIVE **24**

SENSORI DI CORRENTE: I GRANDI LAVORATORI DELL'ECOSISTEMA EV **27**

GLI OSTACOLI AL SUCCESSO DEI VEICOLI ELETTRICI A CELLE DI COMBUSTIBILE SONO DAVVERO INSORMONTABILI? **30**

IL NITRURIO DI GALLIO TRA INNOVAZIONE ED EFFICIENZA **35**

PROGETTAZIONE E SIMULAZIONE DI VEICOLI VIRTUALI NEL CLOUD: OTTIMIZZARE I FLUSSI DI LAVORO CON MATLAB E SIMULINK **38**

I SENSORI MIGRANO SU ETHERNET **44**

FMCW: LA TECNOLOGIA RADAR PER L'AUTOMOTIVE **48**

SOLUZIONI AUTOMOTIVE DI RENESAS: INNOVAZIONE E CONFRONTO TRA I PRODOTTI DI ULTIMA GENERAZIONE **52**

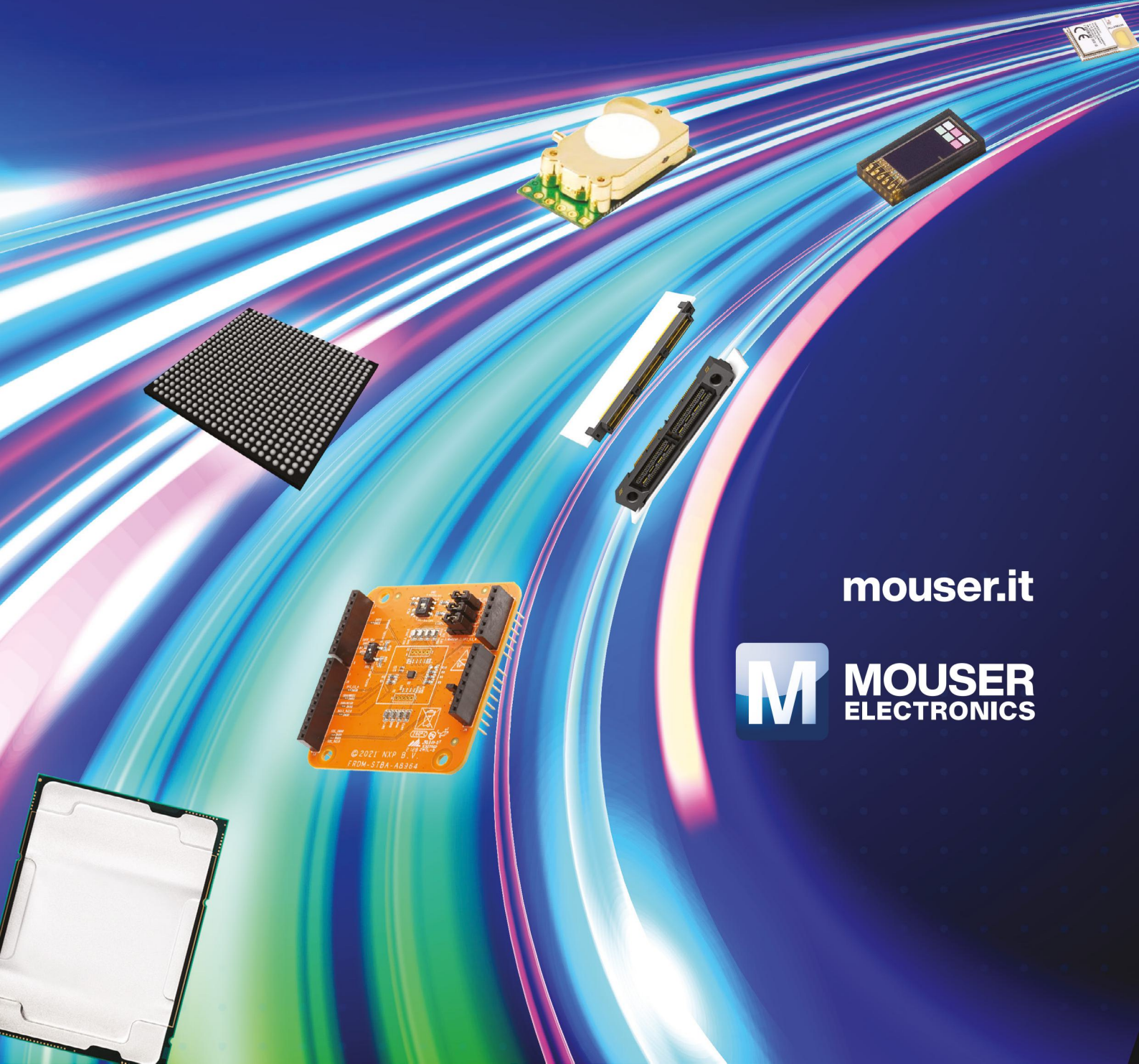
CORSO DI ELETTRONICA PER RAGAZZI - PUNTATA 26 **54**

F1TENTH.DEV: SIMULAZIONE AVANZATA PER LA CORSA AUTOMOBILISTICA AUTONOMA CON ROS E GAZEBO **60**



A tutta velocità

Affidatevi al leader nell'introduzione di nuovi prodotti™ per passare dall'idea al prototipo alla velocità della luce



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



**MOUSER
ELECTRONICS**

HACKERARE LA RETE CAN BUS CON FLIPPER ZERO

di **Andrea Garrapa**

Electronic Cats è un'azienda messicana dedicata alla progettazione e produzione di sistemi embedded per il grande pubblico e le aziende private. Tutti i loro prodotti presentano la certificazione di hardware aperto (OSHW) e, in poche parole, possono essere replicati dai makers. Tra i dispositivi di loro creazione vi è una serie di schede Add-on pensate per ampliare o modificare le funzionalità dell'ormai famoso Flipper Zero. In particolare, in questo articolo andremo ad analizzare la scheda "Flipper Add-On: CANBus" in grado di accedere e interagire con la rete CAN Bus di un'auto.

INTRODUZIONE

Flipper Add-On: CANBus, di *Electronic Cats*, è una scheda che consente ai dispositivi **Flipper Zero** di connettersi alle reti **CAN Bus**. Insieme ad una apposita applicazione installata su Flipper Zero, il componente aggiuntivo può leggere le informazioni in tempo reale tramite connettore OBD-II, permettendo così la revisione delle auto. L'applicazione può, inoltre, comunicare con le reti CAN Bus "raw" per operazioni di sniffing e di iniezione di messaggi.

L'obiettivo principale di questo articolo è quello di esporre le **potenziali vulnerabilità della rete CAN nei veicoli moderni**, non per bypassare le funzionalità di sicurezza o ottenere l'accesso non autorizzato, ma per dimostrare come i dati e i comandi siano accessibili su questa rete non crittografata. Collegando il dispositivo Flipper Zero insieme al componente aggiuntivo, sia alla porta OBD-II di un'auto che alla rete CAN, si mostrerà quanto può essere facile recuperare informazioni critiche e interagire con i sistemi dei veicoli in tempo reale.

Attenzione: l'iniezione di messaggi nella rete CAN Bus potrebbe danneggiare il veicolo in esame! Per chi volesse sperimentare con la rete CAN Bus senza incorrere nel rischio di danni alla propria auto, si consiglia l'utilizzo di testbed di prova come RAMN. **RAMN** (Resistant Automotive Miniature Network) è un banco di prova ECU, delle dimensioni di una carta di credito, per lo studio e la ricerca **in sicurezza** dei sistemi automobilistici.

IL CAN BUS

Le auto moderne sono costruite con reti di centraline elettroniche (**ECU**) che controllano e monitorano quasi ogni funzione elettronica. Queste ECU fungono da computer in miniatura, ciascuno incaricato di gestire compiti specifici: controllo delle prestazioni del motore, sistemi di frenata, funzioni di trasmissione e persino im-

postazioni di comfort come l'aria condizionata. Le ECU comunicano tra loro su una rete denominata **Controller Area Network (CAN)**, un protocollo solido che consente loro di scambiare dati e comandi critici in tempo reale, garantendo che l'auto funzioni come un sistema coeso.

Mentre il protocollo CAN è efficiente e affidabile, non è stato progettato con requisiti di sicurezza robusti. Una volta che un dispositivo non autorizzato accede alla rete CAN, è possibile leggere e, in alcuni casi, iniettare messaggi direttamente nella rete. Questi messaggi, se realizzati correttamente, possono controllare determinate funzioni all'interno del veicolo, dal clacson alla manipolazione della velocità o il blocco del veicolo. Sebbene le case automobilistiche abbiano implementato alcune salvaguardie, le reti CAN rimangono suscettibili al potenziale sfruttamento delle loro vulnerabilità.

OBD-II

La porta **On-Board Diagnostics 2 (OBD-II)** è un gateway standardizzato progettato per la diagnostica del veicolo. OBD-II è diventato un punto di ingresso versatile per accedere alle informazioni in tempo reale su vari parametri di un veicolo, leggere i codici diagnostici e persino effettuare la calibrazione delle prestazioni.

Spesso, i meccanici utilizzano questa porta per ottenere il codice di errore che il veicolo sta inviando. Ciò rende molto più rapida la risoluzione dei problemi che potrebbero aver causato l'accensione di una spia di controllo o anche problemi che non si traducono in un indicatore. Tali porte sono solitamente molto facili da raggiungere. Normalmente si trovano sotto il cruscotto, dietro il piantone dello sterzo o anche sotto il cruscotto sul lato del passeggero.

I **codici PID (Parameter ID)** sono codici utilizzati come strumento diagnostico per richiedere i dati di un

veicolo. Per ogni codice PID vi è una certa risposta prevista. Non tutti i veicoli supportano tutti i PID e ci possono essere PID personalizzati definiti dal produttore che non sono definiti nello standard OBD-II. Ci sono 10 servizi diagnostici (modi) descritti nell'ultimo standard OBD-II, ad esempio, la modalità 0x01 contiene PID standardizzati che forniscono dati in tempo reale su velocità, RPM e livello di carburante.

I **codici DTC (Diagnostic Trouble Codes)**, noti anche come codici di guasto del motore, vengono utilizzati per identificare e diagnosticare i malfunzionamenti in un veicolo. Quando il sistema OBD di un veicolo rileva un problema, attiva il codice di errore corrispondente. I tecnici si affidano a questi codici per diagnosticare e risolvere i problemi.

Un codice DTC si compone di una serie di cinque caratteri. Andiamo, ad esempio, ad esaminare cosa vuol dire un codice del tipo *P0575*.

La prima lettera indica quale delle quattro parti principali è fonte di errore:

- P = gruppo motopropulsore
- B = carrozzeria
- C = telaio
- U = rete

Il secondo carattere indica se si tratta di un codice generico OBD-II o di un codice del produttore. Infatti, se un produttore ritiene che non ci sia un codice generico che copre un difetto specifico, può aggiungerne il proprio. Uno zero indica un codice generico, mentre l'uno indica un codice produttore.

Il terzo carattere indica quale sistema del veicolo causa l'errore. I codici includono:

- 1 = motore e trasmissione
- 2 = sistema di iniezione
- 3 = sistema di accensione
- 4 = sistema di controllo della velocità
- 5 = sistema di controllo della velocità
- 6 = sistema di controllo della velocità
- 7 = sistema di controllo della velocità
- 8 = sistema di controllo della velocità
- 9 = sistema di controllo della velocità
- 0 = sistema di controllo della velocità

problema e quale parte ha bisogno di attenzione.

Quindi, nel caso del codice *P0575*, si tratta di un errore generico del propulsore. Il guasto specifico si riferisce al controllo della velocità del veicolo o al sistema di controllo inattivo. Consultando l'elenco dei codici OBD-II, si può osservare che si tratta di un problema con il circuito di input del cruise control. Ci sono più di 5.000 codici OBD-II e specifici del produttore. I codici specifici di un produttore devono essere verificati nella documentazione ufficiale del marchio.

LA SCHEDA FLIPPER ADD-ON: CANBUS

La scheda **Flipper Add-On: CANBus**, insieme all'app MCP2515 CAN Bus, consente di interagire con una rete CAN Bus. È possibile leggere e analizzare i messaggi, visualizzare i byte da ogni nodo della rete e acquisire messaggi per inviarli nuovamente o modificare i dati. Ciò rende l'app uno strumento eccellente per l'analisi della rete, il rilevamento degli errori e il controllo periferico.

Le caratteristiche principali della scheda si possono riassumere nelle possibilità date all'utente di:

- Leggere e visualizzare i dati sniffati dalle reti **CAN Bus**
- Selezionare il formato di output dei dati tra esadecimale o normale
- Esportare le sessioni di sniffing nei file LOG sulla scheda SD di Flipper
- Iniettare pacchetti di dati nella rete CAN Bus
- Salvare le strutture dei pacchetti recenti, consentendo di modificarle e iniettarle di nuovo

La **Figura 1** mostra la scheda Flipper Add-On: CANBus.

I file di progetto della scheda sono recuperabili al seguente indirizzo: <https://github.com/Flippers-Team/Flippers-Team-Projects>

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!

UNA GUIDA ALLA SCELTA DEI SENSORI PER I PROGETTISTI DI SISTEMI AUTOMOTIVE

di Fulvio De Santis

Con il passare del tempo, i veicoli diventano più sofisticati e incorporano sistemi avanzati di assistenza alla guida per consentire loro di aiutare il conducente e, in ultima analisi, di diventare autonomi, quindi hanno bisogno di dati per prendere la decisione migliore in ogni situazione. In molti casi, ciò comporta la traduzione di una proprietà fisica, come pressione o temperatura, o di un movimento meccanico (spostamento o rotazione) in un segnale elettrico che possa essere elaborato e su cui agire. Questo articolo tecnico vuole essere una guida per i progettisti che devono affrontare la scelta di sensori più idonei per le applicazioni automobilistiche.

INTRODUZIONE

I veicoli moderni integrano molti elementi di rilevamento. Il loro numero sta crescendo rapidamente poiché le case automobilistiche li considerano fondamentali per la sicurezza stradale, oltre a un mezzo di differenziazione rispetto alla concorrenza. Governi e organismi di regolamentazione concordano e stanno ora iniziando a rendere obbligatori determinati tipi di rilevamento e monitoraggio prima che i veicoli possano essere venduti. Le tipologie di sensori variano enormemente, dai semplici dispositivi di tipo resistivo ai moderni sensori visivi che garantiscono elevate prestazioni ad alta risoluzione, spesso con elaborazione integrata, rilevamento e correzione degli errori.

TIPOLOGIE DI SENSORI NELLE APPLICAZIONI AUTOMOTIVE MODERNE

Man mano che i veicoli diventano più complessi, gli ingegneri hanno scoperto che è utile segmentare il veicolo in diversi settori, poiché le esigenze dei sensori e l'ambiente in cui opereranno sono simili in ogni settore. Tra tutti i settori dell'**automotive**, i tre principali sono descritti di seguito.

Trasmissione: include tutto ciò che serve per far muovere il veicolo. Nei veicoli con motore a combustione interna sono inclusi il motore, la trasmissione e tutti i controlli e la diagnostica associati. Questa tipologia di elementi si ritrova anche nei molti tipi di veicoli elettrici e anche nei veicoli ibridi, sebbene con i motori di trazione elettrica che sostituiscono i motori a combustione interna dei tradizionali veicoli.

Telaio: si riferisce a tutto ciò che serve per la manovrabilità del veicolo, che include sterzo, sospensioni, frena-

ta e stabilità del veicolo, nonché molte funzioni relative alla sicurezza.

Carrozzeria: questa categoria viene utilizzata per definire tutte le aree che non sono trasmissione o telaio, e si occupa principalmente di tutti gli aspetti delle esigenze degli occupanti, tra cui sicurezza, protezione, comfort, praticità e fornitura di informazioni.

Poiché le case automobilistiche cercano costantemente di migliorare la sicurezza e l'efficienza operativa dei veicoli, la maggior parte degli utilizzi della tecnologia dei sensori è orientata verso uno o entrambi questi obiettivi. All'interno del gruppo propulsore, la pressione e la temperatura sono le due forme di misurazione più comuni per fornire all'unità di controllo del motore (in inglese: Electronic Control Unit - **ECU**) i dati necessari per rimettere a punto il motore per la massima efficienza. Il rilevamento della pressione avviene in molte aree del motore, tra cui il collettore di scarico, il cilindro, il sistema di iniezione del carburante e il riciclo dei gas di scarico. I sensori di temperatura sono più spesso utilizzati nel collettore e nello scarico, nonché per monitorare la temperatura del refrigerante. Inoltre, il rilevamento del gas è comune nei motori a combustione interna per controllare il processo di combustione incluso nel cilindro e per confermare il rapporto aria-carburante. Il rilevamento meccanico sotto forma di rilevamento della posizione rotativa viene utilizzato per confermare la posizione dell'albero motore e dell'albero a camme, nonché del corpo farfallato e del pedale dell'acceleratore.

All'interno del telaio, l'attenzione è molto più rivolta alla sicurezza e al movimento dei vari componenti. La velocità di rotazione delle ruote è essenziale per i sistemi



di frenata antibloccaggio (ABS) e la stabilità generale. Per sospensioni attive più avanzate, è importante conoscere parametri quali lo spostamento dei montanti delle sospensioni, l'altezza del telaio e l'accelerazione della carrozzeria su tutti e tre gli assi. Man mano che sempre più veicoli passano al **drive-by-wire** (è la tecnologia che utilizza sistemi elettronici o elettromeccanici al posto dei collegamenti meccanici per controllare le funzioni di guida), l'angolazione e la coppia applicata al volante dal conducente diventeranno input essenziali per il sistema. Misurazioni più semplici, ma essenziali, includono la pressione degli pneumatici e il livello del serbatoio del liquido dei freni.

Mentre continuano a esserci sviluppi nella tecnologia utilizzata nel settore del telaio e nel gruppo propulsore, i cambiamenti più rapidi e significativi si stanno verificando nel rilevamento della carrozzeria del veicolo. In questo settore, ci sono alcune aree principali di attività tra cui sicurezza, intelligenza, navigazione, comfort/praticità e protezione, sebbene molti sistemi comprendano più di una di queste aree. In termini di sicurezza, il rilevamento degli urti è una delle funzioni più importanti, che utilizza accelerometri per rilevare una rapida decelerazione (o accelerazione per un tamponamento)

Il rilevamento di tutto ciò che si trova nel campo visivo e attorno al veicolo nelle sue molteplici forme (sensori di immagine, radar, **LiDAR**, ultrasuoni, ecc.), è uno dei progressi più importanti nella tecnologia dei veicoli. Ciò facilita il rilevamento degli oggetti per i **sistemi ADAS** e molte altre funzionalità come la visione a 360 gradi, il rilevamento dei limiti di velocità, la sorveglianza degli angoli ciechi, l'assistenza al cambio di corsia, le telecamere anteriori e posteriori per la retromarcia (le telecamere posteriori per la retromarcia ora sono obbligatorie in alcuni paesi), e altro ancora. Mentre, precedentemente, i sistemi di visione erano esclusivamente esterni, ora vengono utilizzati nell'abitacolo per monitorare l'attenzione del conducente e la stessa telecamera può essere utilizzata per altre applicazioni, come la determinazione del numero e delle dimensioni dei passeggeri, un utile input per il sistema airbag.

Infatti, quasi tutto ciò che il conducente fa attualmente viene aumentato o sostituito da un sistema automatizzato che coinvolge una qualche forma di rilevamento. Il funzionamento dei fari è spesso automatizzato e sofisticato, modellando il fascio per fornire la massima illuminazione senza influire negativamente sugli altri utenti della strada. Ad esempio, una delle funzioni automatizzate dei fari è lo spegnimento automatico degli abbaglianti quando il veicolo incontra un altro veicolo che procede in direzione opposta.

SELEZIONE DEI SENSORI IN FUNZIONE DELL'APPLICAZIONE

Con la grande quantità di sensori disponibili e la varietà di applicazioni in cui possono essere utilizzati, anche le specifiche della selezione dei sensori sono molto ampie. Tuttavia, ci sono una serie di considerazioni che si applicano in modo abbastanza ampio, come descritto di seguito. Il luogo in cui deve essere utilizzato il sensore

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!**

SENSORI DI CORRENTE: I GRANDI LAVORATORI DELL'ECOSISTEMA EV

di LEM

L'efficienza e la sicurezza sono tra i requisiti principali nella progettazione dei veicoli elettrici (EV). Entrambi sono influenzati dagli sviluppi della tecnologia delle batterie oltre che dalle architetture dei veicoli, e qualsiasi modifica richiede che la corrente assorbita nei punti critici del sistema sia attentamente e continuamente monitorata dal processo di ricarica delle batterie fino al controllo dei motori ad alta potenza del veicolo. Per questo motivo, sono essenziali i dispositivi di rilevamento della corrente adeguati, e che il raggiungimento della massima efficienza possibile in termini di costi e la facilità di integrazione siano al centro di ogni considerazione.

I SENSORI DI CORRENTE COME PUNTO CENTRALE

I sensori di corrente svolgono un ruolo significativo nello sviluppo e nel miglioramento degli EV e si trovano nell'intero ecosistema dei veicoli elettrici, dagli on-board charger (OBC), nelle fasi di conversione della potenza e della corrente, ai sistemi di gestione della batteria e al controllo dei motori del veicolo elettrico. Garantiscono la sicurezza della batteria e la gestione efficace delle alte tensioni coinvolte. I sensori di corrente fanno anche parte dei sistemi sviluppati per l'infrastruttura di ricarica dei veicoli elettrici, sia domestica che commerciale.

La sicurezza del sistema e dei componenti a bordo dei veicoli è gestita dal BMS (Battery Management System), dove sono necessari sensori di corrente ad alta precisione per misurare e monitorare lo stato delle batterie e consentire una precisa stima dell'autonomia di guida. Un sensore di corrente qui monitora la corrente dentro e fuori dalla batteria, per controllarne lo stato di carica e di salute. Contribuisce anche all'architettura di sicurezza del BMS a seconda del livello di sicurezza ASIL.

Ed è qui che LEM offre la serie CAB, dispositivi di monitoraggio della corrente, basati sulla sua nota e consolidata tecnologia Fluxgate. Questi dispositivi rappresentano la migliore soluzione di monitoraggio della corrente per pacchi batteria ad alta tensione, offrendo intervalli di 500A e 1500A DC e la misurazione della corrente bidirezionale fino a 1500A. Sono altamente efficienti dal punto di vista energetico, e forniscono anche un'elevata precisione (<0.5%), un basso offset (<50 mA) e la conformità ISO26262 ASIL C.

I sensori di corrente svolgono un ruolo importante, determinante anche nel controllo dei motori, dove monitorano il flusso di corrente attraverso gli avvolgimenti degli stessi, per un controllo accurato ed efficiente e una pro-

tezione da correnti eccessive. In genere, qui operano quattro sensori: uno nello stadio di ingresso e uno per ciascuna delle tre fasi del motore in uscita, con i loro segnali poi utilizzati in un loop di controllo per ottimizzare il sistema.

I dispositivi LEM HC16F e HAH3 a effetto Hall offrono la migliore misurazione della corrente per il controllo motori monofase e trifase. La famiglia di sensori HC16F è stata progettata specificamente per la misura delle correnti DC, AC e pulsate in sistemi automobilistici ad elevata potenza, mentre la famiglia di prodotti HAH3 comprende sensori di corrente trifase, che misurano la corrente DC, AC e pulsata in ambienti ad alta potenza e bassa tensione.

SENSORI DI CORRENTE NEGLI OBC

Poiché gli OBC sono anche l'interfaccia con l'utente finale, la sicurezza nell'alta tensione è importante e, in particolare, il monitoraggio delle perdite di corrente. I sensori di corrente sono una parte cruciale degli OBC, in particolare negli OBC bidirezionali, dove è necessario non solo misurare e controllare la corrente che entra ed esce dal veicolo, ma anche monitorare con precisione la corrente di dispersione AC e DC senza fluttuazioni per garantire la sicurezza dell'utente finale.

Per evitare rischi di tipo elettrico quando il veicolo è collegato alla rete AC, è importante che le correnti AC e DC siano rilevate correttamente. La corrente residua è la somma delle correnti di tutti i conduttori (eccetto la terra che è di protezione) che alimentano il sistema. Queste correnti possono derivare da guasti di isolamento e perdite e, nelle applicazioni di ricarica dei veicoli elettrici, i requisiti sono particolarmente rigorosi per rilevare sia le correnti di dispersione AC che DC. In un OBC bidirezionale, un RCD Type-A può risultare compro-

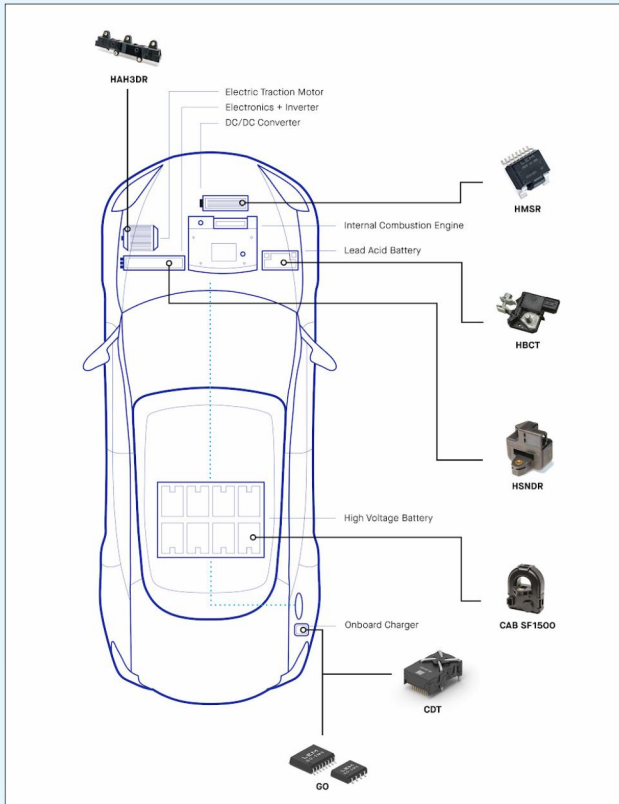


Figura 1

messo se una corrente di guasto DC supera i 6 mA. Il dispositivo potrebbe non rilevare o non scattare correttamente, il che potrebbe causare scosse elettriche. Solo un dispositivo Residual Current Device (RCD) Type-B rileva con precisione sia le correnti residue AC che DC senza oscillazioni e il sensore CDT LEM è stato progettato specificamente per questo uso. Il sensore di corrente CDT LEM è stato progettato per rappresentare l'abbinamento perfetto per RCM Type B in OBC bidirezionali, dove le correnti residue vengono rilevate e monitorate, comprese le correnti di dispersione AC e DC. Il CDT controlla la differenza della corrente tra due punti, consentendo di rilevare rapidamente

low-power, ed effettuata per lo più durante la notte. La ricarica sul posto di lavoro o, diciamo, anche in un hotel, può essere più breve, fino a sei ore, e quindi la velocità di ricarica dei veicoli aumenta nei punti pubblici come le stazioni di ricarica di destinazione, consentendo ai proprietari di veicoli di ricaricare la loro auto in pochi minuti. La ricarica a casa e sul posto di lavoro è normalmente tra i 7.4-22kW AC, mentre la ricarica in stazioni di servizio è del tipo 100kW DC. La ricarica a destinazione può essere di 11-22kW AC, <50kW DC o >400kW DC. La ricarica AC richiede il monitoraggio della corrente residua e una misura accurata dell'uscita, mentre la ricarica DC richiede una misura accurata della corrente nel modulo AC/DC e per la misura dell'energia. I tipi di apparecchiature di ricarica AC includono IC-CPD, wall box o Colonnina, mentre per la ricarica DC possono essere wall box (11-30kW), fast charging (<250kW), super-fast (<400kW) o mega-fast (>400kW). Ogni tipo di apparecchiatura richiede il monitoraggio e la misura della corrente, garantendo che le correnti di dispersione AC e DC siano rilevate correttamente.

L'RCD Type-A è progettato per rilevare la corrente di dispersione e spegnere il circuito di cui monitora la sicurezza. Tuttavia, questo tipo di dispositivo è suscettibile al "blinding effect" che si verifica quando interpreta erroneamente una dispersione DC come AC normale, rendendolo meno efficace nel rilevare i guasti effettivi. La sostituzione di un RCD Type-A con un Type-B è una soluzione perfetta, poiché il Type B rileva con precisione sia le correnti residue AC che DC, eliminando il suddetto blinding effect associato agli RCD Type-A. Un sensore di corrente di dispersione DC come il CDSR di LEM può essere utilizzato all'interno del set di cavi (Livello 1) o della wallbox (Livello 2). Il CDSR di LEM è stato sviluppato per soddisfare la domanda del mercato per stazioni di ricarica residenziali e commerciali, con opzioni per topologie monofase o trifase.

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!**

IL NITRURO DI GALLIO TRA INNOVAZIONE ED EFFICIENZA

di Redazione

Nel panorama in continua evoluzione dell'elettronica di potenza, uno dei materiali protagonisti del momento è il nitruro di gallio, o GaN. Grazie alle sue straordinarie caratteristiche, questo materiale sta sostituendo progressivamente il tradizionale silicio in molte applicazioni, soprattutto nei settori automotive, dell'elettronica di potenza, delle comunicazioni, della mobilità elettrica e delle energie rinnovabili. Infineon Technologies, uno dei leader globali nella produzione di semiconduttori, ha messo a frutto le potenzialità di questo materiale avanzato per sviluppare soluzioni innovative in grado di rispondere alle crescenti esigenze di efficienza energetica, miniaturizzazione e velocità di commutazione. Questo articolo esplora le caratteristiche del nitruro di gallio, le sfide e le opportunità che offre, e approfondisce il modo in cui Infineon sta sviluppando e integrando soluzioni basate sul nitruro di gallio nei suoi prodotti.

NITRURO DI GALLIO: UN MATERIALE RIVOLUZIONARIO PER I SETTORI POWER E AUTOMOTIVE

Il nitruro di gallio è un semiconduttore che si sta rapidamente affermando come un'alternativa molto più potente ed efficiente rispetto al silicio tradizionale, soprattutto quando si tratta di gestire alte potenze, frequenze e temperature elevate. Grazie alle sue eccezionali proprietà fisiche, il GaN offre vantaggi importanti, che spaziano da una maggiore velocità di commutazione a una migliore gestione del calore, fino ad una maggiore densità di potenza. In primo luogo, ha una banda di interdizione più ampia rispetto al silicio, che gli consente di gestire tensioni più elevate senza subire danni, caratteristica che lo rende ideale per applicazioni ad alta potenza, come i convertitori DC-DC, i caricatori rapidi ed i sistemi di alimentazione per veicoli elettrici. Inoltre, il nitruro di gallio ha una mobilità elettronica maggiore rispetto al silicio, il che consente di ottenere tempi di commutazione molto più rapidi.

Ciò si traduce in una maggiore efficienza energetica e nella capacità di operare a frequenze molto più elevate, riducendo così la necessità di componenti passivi ingombranti e costosi. Un'altra caratteristica fondamentale è la sua capacità di operare a temperature molto più elevate rispetto al silicio. Mentre i dispositivi in silicio possono cominciare a subire degrado termico sopra una certa temperatura, il **GaN** può gestire temperature di funzionamento più alte, migliorando la dissipazione del calore e consentendo ai dispositivi di funzionare in ambienti più estremi, un aspetto che risulta particolarmente vantaggioso in applicazioni come i veicoli elettrici ed i sistemi di energia solare, dove l'affidabilità a lungo termine e la gestione termica sono cruciali.

LE SFIDE NELL'ADOZIONE DEL NITRURO DI GALLIO

Nonostante i numerosi vantaggi, l'adozione del nitruro di gallio non è priva di ostacoli. La tecnologia GaN, infatti, richiede processi di produzione altamente sofisticati. A differenza del silicio, il nitruro di gallio non è facilmente integrabile con la tecnologia di produzione esistente e richiede nuove tecniche di crescita dei cristalli e di lavorazione dei semiconduttori. Inoltre, la sua produzione su substrati di silicio, pur riducendo i costi, presenta ancora delle sfide in termini di qualità del materiale e di efficienza del processo. Un altro ostacolo riguarda la disponibilità di componenti di qualità a prezzi competitivi: sebbene i costi di produzione stiano diminuendo con l'avanzare delle tecnologie, il nitruro di gallio rimane ancora più costoso rispetto ai tradizionali dispositivi in silicio, anche se con l'evoluzione della ricerca e lo sviluppo nel campo della produzione di semiconduttori, i costi stanno gradualmente diminuendo e il GaN sta diventando sempre più accessibile per applicazioni commerciali di massa.

INFINEON E LE SOLUZIONI GAN: UN PASSO AVANTI VERSO L'EFFICIENZA ENERGETICA

Infineon Technologies è tra i principali attori nella progettazione e produzione di soluzioni GaN, con una serie di dispositivi avanzati che vanno dai transistor di potenza alle soluzioni integrate, tutte progettate per ottimizzare le prestazioni e l'efficienza in una vasta gamma di applicazioni. Infineon ha investito notevolmente nella ricerca e nello sviluppo del nitruro di gallio, mirando a rendere questo materiale una tecnologia di riferimento nell'**elettronica di potenza**. Una delle principali aree in cui Infineon ha concentrato i suoi sforzi è la realizzazione di transistor ad alta efficienza per applicazioni



di alimentazione. Questi dispositivi sono progettati per supportare tensioni elevate e frequenze di commutazione più rapide, permettendo una gestione della potenza estremamente efficiente. Le soluzioni di Infineon sono destinate ad una vasta gamma di applicazioni, tra cui alimentatori per dispositivi elettronici, caricatori rapidi per veicoli elettrici, sistemi di energia solare e molto altro ancora. Un aspetto chiave dei dispositivi di Infineon è l'integrazione di tecnologie avanzate che migliorano ulteriormente le prestazioni e riducono le dimensioni. Infineon ha sviluppato soluzioni che combinano il GaN con altri materiali semiconduttori, come il silicio, per ottenere il meglio di entrambi i mondi. Un approccio ibrido consente di ridurre i costi di produzione, migliorare la qualità e mantenere alta l'affidabilità del prodotto finale. Inoltre, Infineon sta lavorando per ridurre i costi di produzione del GaN, attraverso l'ottimizzazione dei processi.

tempi di ricarica. Inoltre, Infineon ha sviluppato soluzioni destinate alla generazione di energia rinnovabile. I sistemi fotovoltaici, ad esempio, richiedono dispositivi di potenza altamente efficienti per gestire la conversione dell'energia solare in elettricità. I transistor GaN di Infineon offrono vantaggi in termini di efficienza, dimensioni e affidabilità, rendendo i sistemi di energia solare più accessibili e convenienti. La possibilità di utilizzare questi dispositivi per migliorare l'efficienza delle celle solari e dei sistemi di conversione dell'energia elettrica è una delle principali applicazioni del nitruro di gallio.

Il settore delle comunicazioni, in particolare le telecomunicazioni 5G, è un'altra area in cui le soluzioni di Infineon stanno facendo progressi. Le reti 5G richiedono una trasmissione di potenza elevata con un'alta efficienza energetica per garantire prestazioni ottimali e ridurre i costi di gestione. I transistor GaN di Infineon sono in grado di

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!**

CORSO DI ELETTRONICA PER RAGAZZI – PUNTATA 26

di Fulvio De Santis

Nella precedente puntata, abbiamo fatto un ripasso sulla giunzione p-n polarizzata direttamente e inversamente, e abbiamo descritto il funzionamento del diodo a giunzione polarizzato direttamente di cui abbiamo spiegato il significato dell'equazione del diodo, ossia la relazione corrente-tensione. Infine, abbiamo anche visto come determinare graficamente il punto di lavoro del diodo mediante il tracciamento della retta di carico su un piano di coordinate cartesiane. In questa nuova puntata, proseguiremo lo studio del diodo a giunzione esplorando il suo funzionamento nella zona di polarizzazione inversa. Completeremo la puntata introducendo l'analisi del funzionamento del diodo Zener.

INTRODUZIONE - IL DIODO IN POLARIZZAZIONE INVERSA

Prima di andare ad approfondire il comportamento del diodo a giunzione nella zona di polarizzazione inversa, è utile fare un riepilogo introduttivo su questo argomento che abbiamo trattato nella puntata precedente. In **Figura 1** viene riportato il grafico dell'andamento della corrente in funzione della tensione in un diodo reale, ossia con resistenza interna non nulla.

Il grafico di **Figura 1** mostra le zone di funzionamento del diodo polarizzato direttamente e inversamente. Nella zona di polarizzazione inversa si noti il basso valore della corrente I_D , che scorre nel diodo in direzione opposta alla corrente diretta della zona a polarizzazione diretta. Ancora nella puntata precedente, abbiamo spiegato e dimostrato analiticamente (rivedi l'argomento sull'equazione del diodo) che quando il diodo è polarizzato inversamente, ovvero la tensione fra anodo e catodo del diodo è negativa ($V_D < 0$), nel diodo fluisce solo la bassa corrente chiamata corrente di saturazione inversa.

Quindi, applicando ai capi del diodo una tensione inversa, cioè collegando il morsetto negativo della batteria all'anodo e il morsetto positivo al catodo, si crea una corrente che, fino a certi valori di tensione inversa, è quasi irrilevante. Se la tensione inversa supera un determinato valore critico, avviene un importante fenomeno chiamato **moltiplicazione a valanga**, che in gergo tecnico inglese è noto come **breakdown**, in cui la corrente inversa può assumere valori elevati.

“**MA COME AVVIENE LA MOLTIPLICAZIONE A VALANGA IN UN DIODO?**”

Da quanto detto in varie puntate precedenti, i portatori

di carica minoritari generati per effetto termico (che costituiscono la corrente di saturazione inversa), mediante la tensione inversa applicata alla giunzione, superano la barriera di potenziale e vanno a scontrarsi con gli ioni dislocati in corrispondenza della giunzione. Dopo la collisione, in ogni reticolo cristallino degli ioni si spezza il legame covalente per effetto dell'energia dei portatori di carica, creando così nuove coppie lacuna-elettrone che vanno a sommarsi ai portatori di carica preesistenti. Il processo di generazione di nuovi portatori di carica per effetto della collisione e conseguente rottura dei legami covalenti degli ioni produce a sua volta la generazione ripetitiva di ulteriori portatori di carica, ossia avviene la moltiplicazione a valanga (o breakdown a valanga) dei portatori di carica, che provoca la formazione di una corrente inversa elevata che attraversa la giunzione.

IL DIODO ZENER

I normali diodi hanno bisogno di elevate tensioni inverse per scatenare il processo di moltiplicazione a valanga. Esiste un altro metodo per provocare il breakdown che non implica la collisione di portatori di carica minoritari con gli ioni, che invece avviene nel caso della moltiplicazione a valanga. La moltiplicazione a valanga senza collisione si basa sulla realizzazione di speciali diodi drogati con forti dosi d'impurità. L'elevata concentrazione d'impurità crea un notevole accumulo di cariche elettriche fisse, gli ioni appunto, in prossimità della giunzione, rispetto al normale drogaggio e, di conseguenza, una forte intensità di campo elettrico agli estremi della giunzione. In questa situazione, basta una minima tensione inversa applicata ai capi della giunzione per generare la rottura dei legami covalenti e quindi la formazione di nuove cariche elettriche libere che costituiscono la corrente di **breakdown di Zener**. Questo tipo di diodo prodotto appositamente con un forte drogaggio è chiamato diodo Zener.

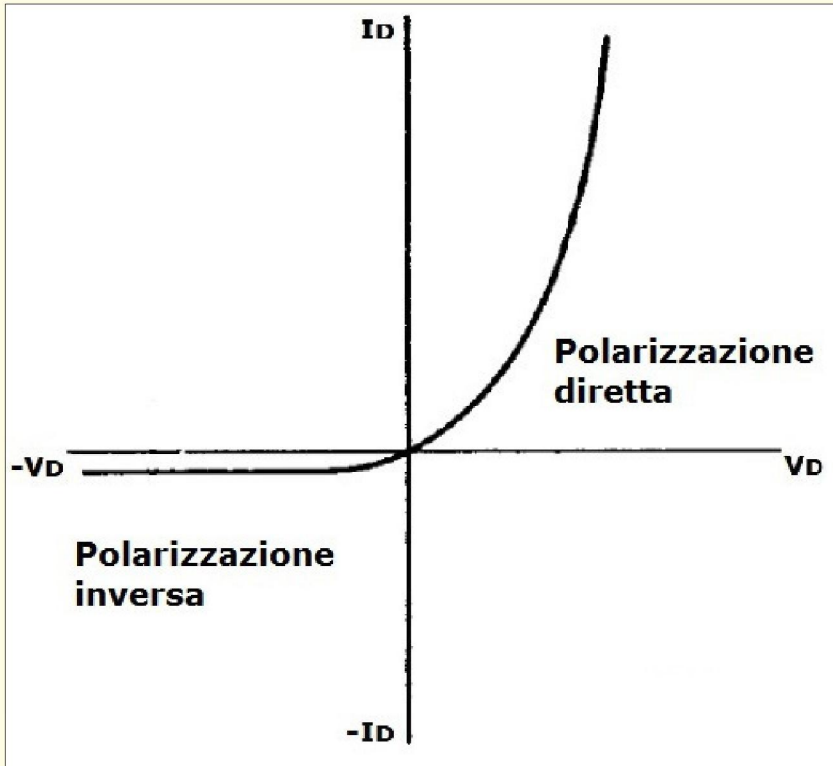


Figura 1: Andamento della corrente in funzione della tensione in un diodo reale

La **Figura 2** mostra il grafico della caratteristica corrente-tensione in cui nella zona di polarizzazione inversa viene confrontato l'andamento della corrente inversa di breakdown a valanga con quello di breakdown di Zener.

Nel grafico di **Figura 2**, il simbolo V_{BV} rappresenta la tensione di breakdown nel caso di moltiplicazione a valanga, mentre V_Z è la tensione di breakdown di Zener. In corrispondenza di questi valori di tensione avviene il processo di rottura dei legami covalenti e la generazione di una corrente inversa elevata. Si noti che occorre una tensione abbastanza più grande nel diodo a

Quindi, da questi calcoli deduciamo che la corrente nel diodo Zener è determinata dal valore della resistenza del resistore R .

Ora, ipotizzando che il valore di resistenza del resistore R sia di 2000 ohm, che la batteria sia di 12 V e che il diodo Zener abbia una tensione nominale V_Z di 5 V, sostituendo questi valori nella formula di I_Z otteniamo la corrente I_Z che scorre nel diodo Zener.

$$I_Z = (12 - 5) / 2000 = 7 / 2000 = 0,0035 \text{ A} = 3,5 \text{ mA}$$

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 %



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