

Firmware

it.emcelettronica.com

SPECIALE LIGHTING & OPTOELECTRONICS

Illumina i tuoi progetti



MOUSER
ELECTRONICS

Distributore
autorizzato

- > La Gestione degli Interrupt sui Microcontrollori Arduino (ATMega e ATSAM3X8E)
- > VHDL for beginners: Statement concorrenti e sequenziali
- > Il Design di uno Spirometro
- > Convertitori AC/DC per l'IoT e Smart Home
- > Progetto per un convertitore DC-DC
- > Tecnologia DLP
- > Risparmio energetico: il ruolo chiave dell'illuminazione a stato solido
- > Illuminazione a LED: un futuro radioso
- > Display e accessori 4D Systems
- > Una panoramica sulle misure ottiche
- > I sensori ottici
- > Aspetti ingegneristici della radiazione ultravioletta



Electronica Open Source

SHAPING SMARTER CITIES

IN COLLABORAZIONE CON **WIRED** BRAND LAB

Unisciti a Grant Imahara nel suo tour tecnologico in giro per il mondo e scopri come le città del futuro possano migliorare le nostre vite. Alla scoperta delle tecnologie che rendono le nostre città più efficienti, più semplici e più intelligenti.



POTENZIAMO L'INNOVAZIONE INSIEME
mouser.com/empowering-innovation/smarter-cities



SPONSORED BY:



Sempre più optoelettronica e fotonica!

Nel packaging optoelettronico c'è un enorme potenziale per capitalizzare l'evoluzione del 5G e ampliare la capacità di collegare più dispositivi. IoT è previsto essere un motore principale della crescita nei prossimi cinque anni. I volumi sono destinati a salire da 20 miliardi di dispositivi nel 2017 a 50 miliardi nel 2020.

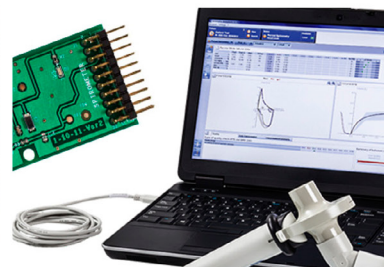
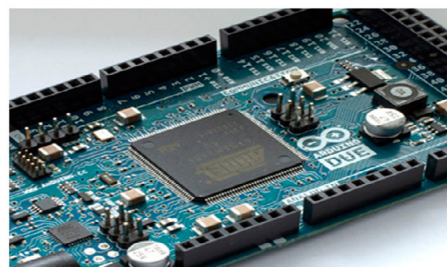
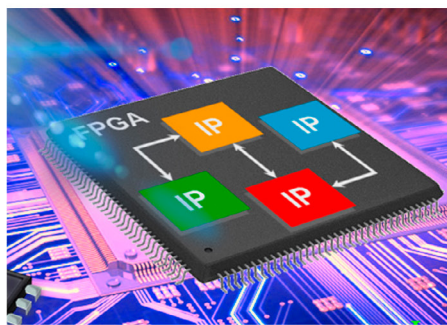
“ La crescita di 5G e di IoT è una enorme opportunità per l'industria optoelettronica.

Poiché altri dispositivi stanno collegando i progressi della digitalizzazione, ci sarà una crescente domanda di prodotti a semiconduttore, che a sua volta porterà alla crescita dell'industria optoelettronica. I circuiti integrati fotonici sono l'integrazione di elementi o componenti ottici multipli nella scala di chip che consentono funzioni complesse analoghe ai circuiti integrati elettrici. Poiché questi chip aumentano **in termini di complessità** e funzionalità, stanno trovando nuove applicazioni nel campo spaziale: micro spettrometri, giroscopio a stato solido integrato, modulazione/demodulazione ottica complessa, commutazione ottica, formazione di fasci ottici, elaborazione di pacchetti dati. Il vantaggio principale di questo approccio è chiaramente quello di indirizzare un vantaggio verso una riduzione dei costi (produzione, assemblaggio e qualificazione).

I microchip fotonici hanno il vantaggio di essere più veloci e più efficienti dal punto di vista energetico, il che significa che i dispositivi possono lavorare più a lungo con le batterie. Ciò può portare a notevoli risparmi di energia nei datacenter e questo è esattamente ciò che è necessario per il traffico e l'utilizzo dei dati altamente esigenti entro dieci anni. Inoltre, la fotonica integrata offre opportunità di funzionalità completamente nuove in molti altri campi come l'industria automobilistica, lifetech e alimentare. Nel campo dei materiali, le proprietà del Graphene lo rendono ideale per sistemi di comunicazione optoelettronica e ottica di nuova generazione. **Le sue eccellenti proprietà elettriche e l'assorbimento ottico a banda larga sono particolarmente adatti per dispositivi optoelettronici** ad alte prestazioni e possono essere facilmente integrati con sistemi fotonici a silicio. Inoltre, la sua flessibilità, robustezza e stabilità ambientale hanno il potenziale di abilitare dispositivi completamente nuovi. Le tecnologie a base di grafene stanno dimostrando l'integrazione di una nuova generazione di comunicazione, come 5G e l'Internet delle cose, consentendo sistemi di comunicazione ottica ad alte prestazioni attraverso dispositivi optoelettronici ultra veloci e compatti. Da laser e switch ottici, alla comunicazione wireless e alla **raccolta di energia**, il grafene giocherà un ruolo importante **all'interno dell'optoelettronica**.

Maurizio Di Paolo Emilio





EDITORIALE

Sempre più optoelettronica e fotonica! 1

NEWS

News 3
Novembre 2017

Founder & Publisher
Emanuele Bonanni

Editor-in-Chief
Maurizio Di Paolo Emilio

Marketing
Sara Ercolani

Advertising
Michela Lemma

michela@emcelettronica.com

Circulation
Users - 129.701
Social Network - 124.144

© Copyright

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

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.

Autorizzazione alla pubblicazione del Tribunale MI n. 20 del 16/01/2006

MERCATI

Le aspettative di mercato dell'optoelettronica 7

INTERVISTA

Lighting e Optoelettronica – Intervista a Mark Patrick Technical Marketing Manager @ Mouser Electronics 9

TOOLS

La Gestione degli Interrupt sui Microcontrollori Arduino (ATMega e ATSAM3X8E) 12

VHDL for beginners: Statement concorrenti e sequenziali 17

DESIGN

Considerazioni di design per la realizzazione di uno spirometro 22

POWER

Convertitori AC/DC per l'IoT e Smart Home 29

FOCUS

Considerazioni progettuali per un efficiente convertitore DC-DC 32

Dai proiettori ai display HUD: principio di funzionamento della tecnologia DLP 38

Risparmio energetico: il ruolo chiave dell'illuminazione a stato solido 42

Illuminazione a LED: un futuro radioso 45

Display e accessori 4D Systems 49

Una panoramica sulle misure ottiche 52

I sensori ottici 56

Aspetti ingegneristici della radiazione ultravioletta 60



Autenticazione e Crittazione Senza Problemi

Microcontroller CEC1702 per crittografia
hardware-enabled



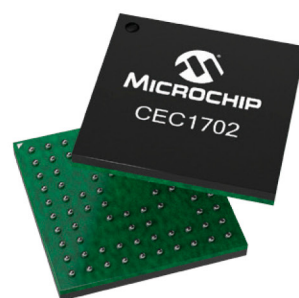
L'MCU CEC1702 offre la possibilità di autenticazione e crittazione senza problemi per applicazioni connesse, oltre ad una grande facilità di utilizzo.

Caratteristiche del Prodotto

- ▶ Basso consumo
- ▶ Potente microcontroller 32-bit programmabile
- ▶ Suite per crittografia hardware di facile utilizzo per crittazione, autenticazione e possibilità di chiavi pubbliche/private
- ▶ Programmazione personalizzabile

Aspetti salienti

- ▶ Supervisore di sicurezza
- ▶ Può sostituire preesistenti microcontroller
- ▶ Aggiunge l'autenticazione con solo un piccolo costo aggiuntivo
- ▶ Può essere utilizzato come coprocessore standalone per la sicurezza



microchip
DIRECT
www.microchipdirect.com

 **MICROCHIP**

www.microchip.com/CEC1702

Il mercato dell'elettronica con le ultime news. Dall'ultimo modulo 5G multichip della Plextek RFI al nuovo SoC Imagi della ON Semiconductor.

COLLABORAZIONE TRA SECURERF E INTEL

SecureRF e Intel hanno annunciato la loro collaborazione per fornire agli ingegneri **soluzioni di autenticazione e di protezione dati** per progetti di Internet of Things (IoT) basati su FPGA Intel.

Per supportare l'implementazione veloce e semplice, SecureRF fornisce un SDK completo. Il primo toolkit di sicurezza affronta la scheda di sviluppo Intel DE10-Nano sviluppata intorno al Cyclone V FPGA, insieme alla memoria DDR3 ad alta velocità. **I dispositivi Intel FPGA-SoC sono adatti per un'ampia varietà di funzioni**, inclusa la funzionalità di gateway IoT che consente l'autenticazione e il controllo di centinaia di endpoint remoti. Gli endpoint, spesso in esecuzione su processori a 8 o 16 bit, limitano le opzioni per una forte protezione che deve essere eseguita anche su un gateway IoT. I metodi di sicurezza legacy come ECC sono troppo costosi. Il toolkit di sicurezza di SecureRF include il protocollo Ironwood Key Agreement (Ironwood KAP) e l'algoritmo di firma digitale Walnut (WalnutDSA), progettati per funzionare sui più piccoli processori. Ironwood consente a due endpoint di generare un segreto codice condiviso su un canale

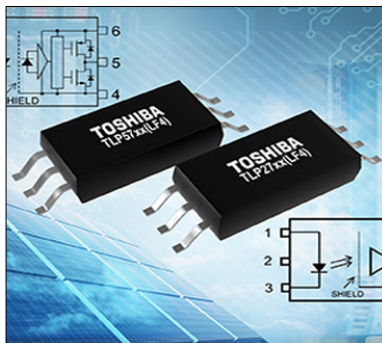
aperto, mentre WalnutDSA consente a un dispositivo di generare un documento che può essere verificato da un altro dispositivo. Entrambi i metodi sono implementati parzialmente in software sul **ARM Cortex-A9** di Intel Cyclone V e parzialmente nella FPGA. Tutte le routine di calcolo intensivo vengono eseguite in hardware per migliorare le prestazioni. Basandosi sul suo strumento di sicurezza Group Theoretic Cryptography, SecureRF afferma che le sue soluzioni sono fino a 60 volte più efficienti di ECC, consumano fino a 140 volte meno energia e sono resistenti a tutti gli attacchi noti.

NUOVO PACKAGE DA TOSHIBA

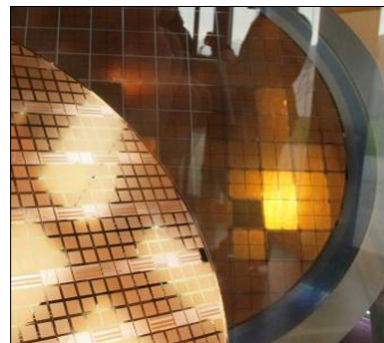
Toshiba ha presentato un nuovo package tipo SO6L(LF4) per gli accoppiatori ottici. Il package è disponibile per tre dispositivi high speed e cinque **driver IGBT / MOSFET**. Lo sviluppo di nuovi package vede l'utilizzo di dispositivi microelettronici al fine di offrire una maggiore efficienza.

I nuovi **accoppiatori ottici** possono essere montati direttamente su supporti PCB destinati ai prodotti SDIP6 (tipo F). Il package a basso profilo da 2,3 mm **SO6L (LF4)** offre una riduzione di altezza del 45% su SDIP6 (tipo F) e consente l'utilizzo in applicazioni di elevata importanza, come il

PRODOTTI



■ **Toshiba ha presentato un nuovo package tipo SO6L(LF4) per gli accoppiatori ottici.**



■ **Samsung Electronics ha annunciato di aver ampliato la leadership della tecnologia di processo FD-SOI.**

montaggio sul lato inferiore dei PCB. Il package SO6L (LF4) ha una spaziatura di 9,35 mm (min.) che fornisce una distanza di creepage di sicurezza di 8,0 mm e un BV di 5 kVrms (min.). Per supportare la sostituzione di prodotti più popolari del **package SDIP6 (tipo F)**, Toshiba espanderà l'ampia opzione per includere altri accoppiatori ottici IC SO6L. I nuovi dispositivi sono adatti per interfacce digitali ad alta velocità, interfacce I/O, PLC, moduli di potenza intelligenti e inverter per l'aria condizionata, applicazioni industriali e l'energia solare. Di seguito alcune caratteristiche riassuntive:

- Altezza: 2.3mm (max); 1.85mm più basso del SDIP6(F type).
- Distanza pin: 9.35mm (min) ; la sostituzione diretta è possibile poiché la distanza del pin SDIP6 (tipo F) è di 9,4 mm (min).

CHIP EMRAM BASATO SUL PROCESSO FD-SOI 28NM DA SAMSUNG

Samsung Electronics ha annunciato di aver ampliato la propria leadership della tecnologia di processo FD-SOI offrendo derivati che **includono RF e eMRAM**.

Avendo già stabilito una serie completa di soluzioni di progettazione FD-SOI con una gamma di importanti partner per la tecnologia di processo a 28 nanometri (nm) FD-SOI (28FDS), Samsung ha annunciato di aver ampliato la propria leadership della tecnologia di processo FD-SOI, in grado

di offrire RF e eMRAM sulle tecnologie 28FDS e 18FDS. "Samsung ha avviato la produzione di massa della sua tecnologia di processo 28FDS l'anno scorso e ha già raggiunto la durata desiderata del processo prima del previsto", ha dichiarato Ryan Lee, Vice Presidente di Marketing Foundry di Samsung Electronics. "Finora abbiamo registrato più di 40 prodotti basati sul processo FD-SOI per diversi clienti". **Samsung eMRAM è la più recente aggiunta alla famiglia di memorie non volatili incorporate e offre vantaggi molto più evoluti di velocità, potenza e resistenza.** Aggiungendo solo tre livelli nella parte posteriore del processo, è possibile integrare le nuove cellule eMRAM nel processo di base FD-SOI. Samsung sta lavorando con **NXP su un chip di prova**, ottimizzato per l'integrazione e la produzione dei processori embedded. Samsung ha completato il suo set di soluzioni 28FDS con diversi partner tra cui Cadence e Synopsys.

IMEC PRESENTA IL SENSORE DI PRESSIONE BASATO SU MOMS

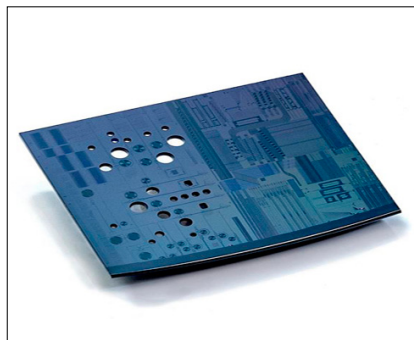
Il centro di ricerca nanotecnologico belga della IMEC ha sviluppato un sensore di pressione basato sulla tecnologia micro-optomechanical systems (MOMS). Il dispositivo esprime un'ottima precisione di misura su una vasta gamma di pressione.

Il sensore avanzato della IMEC potrebbe essere utilizzato in una varietà di applicazioni, in particolare nei setto-

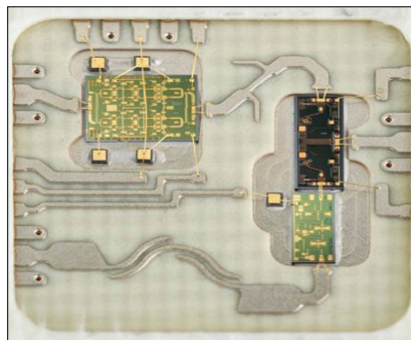
ri della medicina e della vita, come la misura della pressione intracranica o il monitoraggio della pressione sanguigna intravascolare dove è necessario un rilevamento remoto ad alta qualità. Il sensore ha anche dimostrato la sua biocompatibilità e può essere utilizzato in combinazione **con la tecnologia MRI in quanto non ci sono parti metalliche**. I sensori di pressione per misurare parametri come l'altitudine e la profondità o per impegnarsi in sensori di flusso sono attualmente basati su tecnologie MEMS o fibre ottiche che portano vantaggi e carenze. I **sensori di pressione MEMS** sono noti per la loro buona prestazione e le dimensioni ridotte. I sensori di fibra ottica, nel frattempo, sono adatti per l'uso in ambienti difficili, ma sono meno integrati e più complessi e costosi. Il dispositivo basato su MOMS di IMEC dovrebbe combinare entrambe le caratteristiche, come dimostra la sua alta precisione; inoltre, il nuovo sensore dimostra un'alta tolleranza alle interferenze EMI e supporta la multiplexing. I test hanno mostrato una precisione quadrata media minore di 1Pa in una gamma che potrebbe raggiungere i 100 kPa.

MODULO MULTICHIP PER 5G

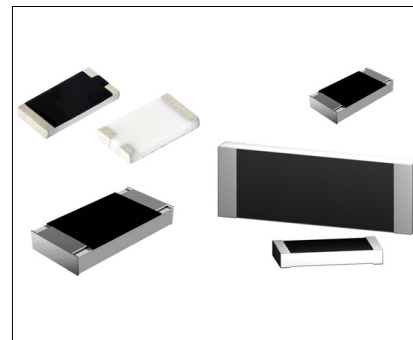
Plextek RFI ha annunciato di aver sviluppato un modulo multi-chip (MCM) per coprire la "Pioneer Band" europea recentemente designata per un **millimetro di onda (mmWave) di 5G** a circa 26GHz. Lo sviluppo del Modulo Front-End (FEM) è stato realizzato in colla-



■ Il centro di ricerca nanotecnologico belga della IMEC ha sviluppato un sensore di pressione su tecnologia MOMS.



■ Plextek RFI ha annunciato di aver sviluppato un modulo multi-chip (MCM) per coprire la "Pioneer Band" europea.



■ Vishay Intertechnology ha introdotto una serie di resistenze di chip a spessore.

borazione con Filtronic Broadband.

La fascia da 24,25 a 27,5 GHz è stata designata alla fine dello scorso anno dal gruppo politico di radiofrequenza dell'Unione europea (RSPG) come banda preferita, o **"Pioneer Band"**, per mmWave 5G. L'apertura di questa banda di spettro per 5G ha identificato presto una mancanza di componenti disponibili, che ha portato a definire questo progetto di sviluppo FEM. Il FEM comprende un amplificatore a bassa rumorosità GaAs (LNA), un amplificatore di potenza (PA) e switch di trasmissione / ricezione alloggiato in un package a montaggio su superficie laminata personalizzata (SMT) di 10 mm x 10 mm. **Il guadagno in ricezione dell'antenna è di 20 dB in tutta la banda, con una grandezza di rumore di 3,5 dB.** Mentre quello in trasmissione è di 19 dB e l'intermodulazione di terzo ordine (IP3) è di +36 dBm. Il filtro RF a bassa perdita è stato integrato nella struttura del package, con un filtro passa-banda dopo l'LNA e un filtro armonico di reiezione dopo la PA. Le figure di perdita di inserzione sono 0,7dB per il filtro passa-banda e 0,2dB per il filtro armonico. Questo sviluppo ha dimostrato come è possibile superare le sfide produttive dell'integrazione dei filtri insieme a più stampi in un package SMT. Questo non è facile alle frequenze mmWave e rappresenterà una partenza fondamentale per la produzione eventuale, quando la domanda di mercato per i componenti 5G a 26GHz inizierà a crescere.

NUOVE RESISTENZE DA VISHAY

Vishay Intertechnology ha introdotto una serie di resistenze di chip a spessore che combinano una resistenza allo zolfo avanzata con una buona prestazione del carico a impulsi e un alto fattore di potenza.

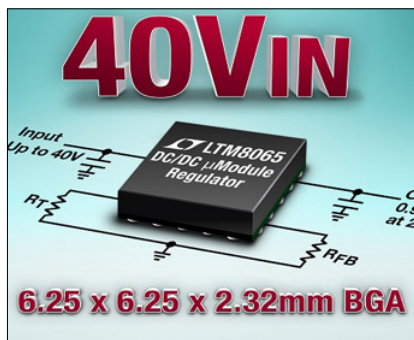
Vishay Intertechnology è uno dei maggiori produttori mondiali di semiconduttori discreti (diodi, MOSFET e optoelettronica a infrarossi) e componenti elettronici passivi (resistori, induttori e condensatori). L'ultimo set di resistenze della serie RCA-HP offre aspetti significativi nel **campo automotive**. In considerazione delle applicazioni automobilistiche e industriali, le resistenze qualificate AEC-Q200 dispongono di una costruzione che fornisce una capacità di sopportazione di zolfo in accordo con ASTM B809-95, testato ad un livello avanzato di 90 °C per 1.000 ore. **Le resistenze sono progettate per resistere ad impulsi elevati e ripetitivi e fornire un range di potenza di 1,5 W.** Le resistenze serie RCA-HP e3 sono disponibili in otto dimensioni da 0402 a 2512. I dispositivi offrono una portata di resistenza da 1 Ω a 1 M Ω con tolleranze di $\pm 1\%$ e $\pm 5\%$, TCR di ± 100 ppm / K e ± 200 ppm / K e un range di tensione di esercizio da 50 V a 500 V. Queste resistenze alogene sono dotate di elementi di resistenza stampati monolaterali (0402) o su due lati (0603 a 2512) con un rivestimento protettivo. I dispositivi offrono una proprietà di stagno puro, che garantisce la compatibilità con i processi di saldatu-

ra senza piombo (Pb) e con piombo.

REGOLATORE μ MODULE SILENT SWITCHER

Analog Devices, Inc., che ha recentemente acquisito Linear Technology Corporation, ha annunciato **LTM8063**, un regolatore step-down μ Module® da 40VIN, 2A in un package BGA compatto di 6,25mm x 4mm.

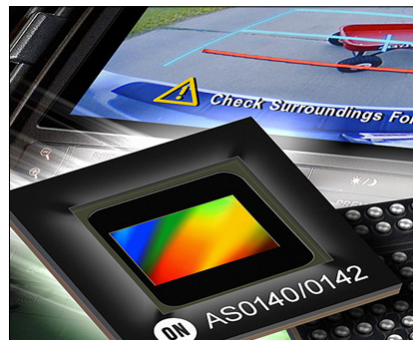
Il nuovo IC dalle dimensioni compatte, inferiori del 75% rispetto a quelle del prodotto equivalente in commercio, riduce al minimo le **emissioni EMI**, permettendo di essere conforme allo standard CISPR 22 EMC Classe B. Le dimensioni si aggirano sui 70mm² con l'aggiunta di pochi componenti esterni. Offre un minimo di rischio alle interferenze elettromagnetiche, rendendolo ideale per le applicazioni di elaborazione del segnale sensibili al rumore, tra cui l'imaging e i sistemi RF. **LTM8063 può fornire 2A (picco 2,5A) di corrente di uscita continua da 12VIN a 5VOUT a una temperatura ambiente di 85°C**, e frequenza di switching selezionabile da 200kHz a 2,2MHz. Il range di tensione di ingresso permette di far lavorare il dispositivo in ambienti rumorosi come i sistemi avionici, l'automazione e la robotica industriale. La tensione di uscita da 0,8V a 15V offre uno standard per generare rail a bassa tensione quali le tensioni di I/O e ausiliarie dei circuiti integrati digitali e tensioni del bus di sistema comune di 3,3V, 5V e 12V. L'IC offre diversi modi di funzionamento, quali Burst Mode®,



■ Analog Devices, Inc., che ha recentemente acquisito Linear Technology Corporation, ha annunciato **LTM8063**.



■ Texas Instruments ha introdotto due dispositivi di interfaccia di rilevazione multi-switch (MSDI).



■ ON Semiconductor continua a compiere importanti progressi nell'ambito del **settore dell'imaging automotive**.

pulse-skipping, pulse-skipping con modulazione Spread Spectrum e sync esterna.

Alcune principali caratteristiche possono essere riassunte nei punti seguenti:

- Architettura Silent Switcher a basso rumore.
- Sincronizzazione su clock esterno.
- Soft-start programmabile.
- Package BGA.

DISPOSITIVI DI INTERFACCIA DI RILEVAZIONE MULTI-SWITCH (MSDI) DA TI

TI ha introdotto due dispositivi di interfaccia di rilevazione multi-switch (MSDI) che consumano fino al 98% di potenza in meno rispetto alle soluzioni discrete tradizionali.

TIC12400 e TIC12400-Q1 sono i primi interruttori e sensori che interagiscono direttamente con interruttori codificati con resistenza. TIC12400 e TIC12400-Q1 controllano nativamente gli ingressi e decodificano il percorso di resistenza di ben 54 interruttori in un dispositivo, scaricando l'attività di decodifica del segnale dal processore. **Inoltre, monitorando direttamente e fornendo la diagnostica integrata per gli ingressi a 24 canali**, l'architettura delle sequenze di polling dei dispositivi riduce il tempo attivo del microcontrollore del sistema, **riducendo il consumo di energia** del sistema per applicazioni quali l'elettronica del corpo automobilistico e le apparecchiature di fabbrica e di automazione. **TIC12400-Q1 è dotato di un**

ADC integrato a 10 bit per monitorare gli interruttori analogici a più posizioni e un comparatore per monitorare gli interruttori digitali indipendentemente dal MCU. Le soglie di rilevamento possono essere programmate per l'ADC e il comparatore per supportare diverse topologie di commutazione e non idealità del sistema. Il dispositivo monitorizza 24 ingressi a commutazione diretta, con 10 ingressi configurabili per monitorare gli interruttori collegati a terra o a batteria. Il dispositivo supporta l'operazione di sveglia su tutti gli ingressi dell'interruttore per eliminare la necessità di mantenere continuamente attivo l'MCU in modo da ridurre il consumo di energia del sistema. TIC12400-Q1 supporta 2 modalità di funzionamento: modalità continua e polling in funzione della modalità di corrente di lavoro.

Alcune caratteristiche sono riassunte di seguito:

- AEC-Q100 Qualified.
- Switch Input Withstands fino a 40 V (Load Dump Condition) e -24 V (Reverse Polarity Condition).
- 6 Configurable Wetting Current Settings: (0 mA, 1 mA, 2 mA, 5 mA, 10 mA, and 15 mA).

SOC IMAGING DA ON SEMICONDUCTOR

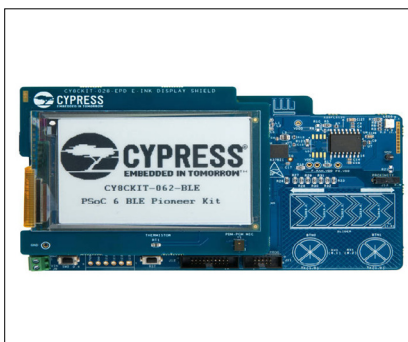
ON Semiconductor continua a compiere importanti progressi nell'ambito del **settore dell'imaging automotive** in rapida crescita, con l'annuncio di due nuovi prodotti CMOS altamente inte-

grati da 1.0 megapixel (Mp) per la rilevazione delle immagini.

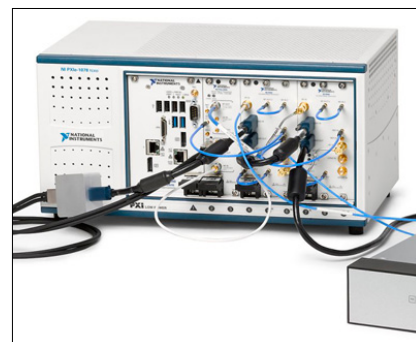
I nuovi dispositivi offrono una soluzione completa per l'imaging e funzionalità di elaborazione integrate in un sistema a basso consumo (SoC), che semplifica e velocizza l'adozione in applicazioni come telecamere posteriori e surround. Il **risparmio PCB di oltre il 30%** può essere raggiunto rispetto alle soluzioni convenzionali costituite da componenti discreti relativamente al sensore e processore. Ciò aiuta i progettisti ad implementare soluzioni fotocamere senza influenzare lo stile o l'estetica del veicolo. Il numero di telecamere e altre tecnologie di rilevamento delle immagini utilizzate sui veicoli continua ad aumentare rapidamente. Le previsioni di analisti del settore suggeriscono che le spedizioni annuali di macchine fotografiche per l'automotive supereranno poco più di 80 milioni di unità entro il 2020. I sensori che supportano la progressione verso la guida autonoma rappresentano un'area importante di applicazione, mentre i dispositivi di imaging come **AS0140 e AS0142 possono essere utilizzati per migliorare il comfort**, la convenienza e la sicurezza attraverso una vasta gamma di sistemi di assistenza guidata avanzata (ADAS). AS0140 e AS0142 sono entrambi dispositivi 1/4" in grado di supportare il throughput di 45 fps a piena risoluzione o 60 fps a 720p. Le caratteristiche principali includono la correzione della distorsione e le interfacce NTSC ed Ethernet.



■ **Antenova** ha introdotto due antenne per ISM e frequenze cellulari: **Draco** e **Pacifica**.



■ **Cypress** ha rilasciato un kit di sviluppo PSoC 6 BLE Pioneer Kit (CY8CKIT-062-BLE) per **dispositivi IoT**.



■ **National Instruments** ha introdotto una soluzione di test VRTS progettata con tecnologia a onda millimetrica.

I diodi luminosi LED sono la fonte di illuminazione per eccellenza con un'efficienza dieci volte superiore rispetto alle soluzioni tradizionali. Tale attributo, unito alla lunga vita lavorativa e all'affidabilità, ha reso i LED la scelta ideale per la prossima generazione di sistemi di illuminazione, tra cui luci di emergenza, retroilluminazione, automotive, indoor e outdoor.

LE ASPETTATIVE DI MERCATO DELL'OPTOELETTRONICA

Zion Market Research ha pubblicato un nuovo rapporto intitolato "LED lighting Market for Residential, Architectural and Outdoor Applications: Global Industry Perspective, Comprehensive Analysis, and Forecast, 2016 - 2022". Secondo la relazione, il mercato mondiale di illuminazione a LED è stato pari a 26,09 miliardi di dollari nel 2016 e dovrebbe raggiungere i 54,28 miliardi di dollari entro il 2022, crescendo con un **CAGR di circa il 13% tra il 2017 e il 2022**.

Il mercato dell'illuminazione a LED è principalmente guidato dai vantaggi offerti dalle luci rispetto ad altre soluzioni in termini di efficienza energetica, maggiore luminosità e una durata di vita più lunga. L'introduzione continua di nuovi prodotti da parte di produttori quali Philips e GE con tecnologia innovativa sta attirando l'attenzione dei vari clienti a livello globale. Tuttavia, lo sviluppo del mercato per la retroilluminazione probabilmente aprirà nuove porte

per la richiesta di soluzioni a LED. Il segmento delle applicazioni residenziali ha dominato il mercato dell'illuminazione LED e ha **rappresentato oltre il 40%** della quota di mercato del 2016. Le applicazioni residenziali per l'illuminazione a LED includono l'illuminazione per bagni, corridoi, sale da pranzo e cucine. L'aumento dell'utilizzo di illuminazione a LED per applicazioni esterne come strade, semafori, tunnel, parcheggi e garage sarà in grado di offrire importanti opportunità di crescita a questo mercato nei prossimi anni. L'applicazione architettonica comprende sia l'illuminazione funzionale che decorativa. I LED decorativi vengono utilizzati per illuminare piscine, giardini, fontane e statue. L'applicazione funzionale, invece, comprende facciate paesaggistiche e di costruzione (figura 1).

LED & OPTO

L'Europa è emersa come mercato dominante per l'illuminazione

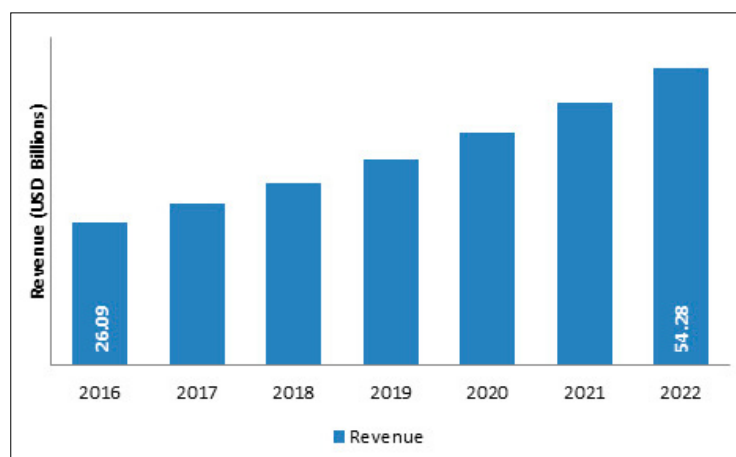


Figura 1: andamento del mercato lighting [Fonte: Zion Market Research]

zione a LED nel 2016 e ha rappresentato oltre il 31% della quota di mercato. Il mercato dell'illuminazione a LED ha un'enorme opportunità di crescita nei mercati emergenti dell'Asia Pacifico a causa della elevata domanda del segmento applicativo residenziale.

Il Medio Oriente e l'Africa dovrebbero mostrare una crescita notevole nei prossimi anni. **Il mercato globale dell'illuminazione outdoor è previsto crescere ad un CAGR dell'8,4% durante il periodo di previsione;** si riferisce all'uso dell'illuminazione all'aperto di giardini privati e paesaggi pubblici per il miglioramento della sicurezza, dell'estetica notturna, della comodità e della sicurezza. Oggi l'optoelettronica è l'industria mondiale dei semiconduttori come segmento in più rapida crescita. Poiché il mercato globale dell'optoelettronica esegue ogni anno una crescita pluridirezionale, la presa nell'industria dei semiconduttori è probabile che si rafforzerà ulteriormente. I segmenti robusti all'interno dell'industria, in particolare quelli che alimentano la causa dell'efficienza energetica, hanno portato all'innovazione nei sensori di immagine e nei LED. Con diversi altri sviluppi in corso,

Transparency Market Research stima un alto CAGR per il mercato globale di optoelettronica tra il 2016 e il 2024. Gli esperti connettono il mercato dell'optoelettronica in termini di tipo e applicazioni come LED, Internet e compact disc (CD), OLEDs, Blue Ray e DVD tra gli altri. La domanda esponenzialmente crescente di questi prodotti e la loro facile disponibilità sono i fattori principali che si traducono in opportunità per l'industria dell'optoelettronica. Inoltre, la spesa sempre crescente sostenuta dal potere dei consumatori in Asia Pacifico ha contribuito immensamente all'elevato ricavo generato dall'industria negli ultimi due anni.

Sul lato negativo, **l'optoelettronica ha costi maggiori** rispetto alle controparti convenzionali. Ciò potrebbe ostacolare in una certa misura l'espansione del mercato. In termini di applicazione, la domanda di **display a cristalli liquidi (LCD)**, che è il sostituto chiave per i LED come soluzione più economica, nonostante la differenza in termini di qualità, continuerà a salire nel periodo previsionale. Oltre a questo, l'elevato costo di sostituzione dei pezzi di ricambio sarà anche un importante ostacolo per le vendite di

LED, che occupano una quota di entrata significativa nel mercato dell'ottica optoelettronica globale.

L'Asia Pacifico, tra i principali settori regionali, è predisposto per esibire opportunità di mercato redditizie. In Europa, il mercato dovrebbe attirare opportunità interessanti in paesi come Germania, Francia, U.K e altri (figura 2).

LED IR

Il mercato globale IR LED è previsto crescere a un CAGR del 14,3% durante il periodo di previsione. Un diodo emettitore a infrarossi (IR LED) si riferisce ad un meccanismo SSL (illuminazione a stato solido) che utilizza fonti di illuminazione a semiconduttore come i LED (Diodi Emittitori), PLED (Diodi Emittitori Polimerici) e OLED (Diodi Emittitori Organici), anziché filamenti elettrici, plasma e gas. Il **LED IR** appare simile a un LED comune; tuttavia, le radiazioni dei LED IR non possono essere identificate con l'occhio umano. I LED IR vengono utilizzati in un gran numero di applicazioni e dispositivi nell'industria della sorveglianza, incluse le soluzioni ID biometriche e il riconoscimento delle immagini.

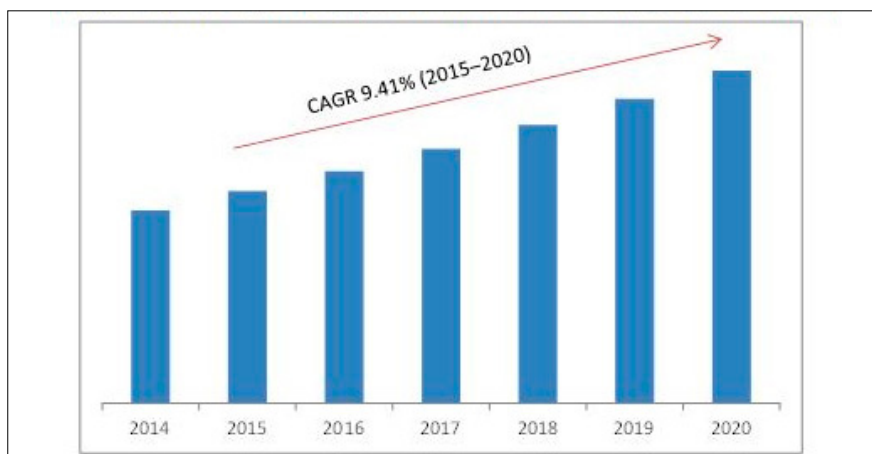


Figura 2: il mercato dell'optoelettronica [Fonte: MarketsandMarkets]

Nel corso degli ultimi anni il settore dell'optoelettronica seguito da quello dell'illuminazione ha visto lo sviluppo di nuovi dispositivi, con un deciso trend verso nuovi materiali per aumentare l'efficienza di nuovi dispositivi.

LIGHTING E OPTOELETTRONICA - INTERVISTA A MARK PATRICK TECHNICAL MARKETING MANAGER @ MOUSER ELECTRONICS

Trasmettitori, LED, sensori di immagine e tanti altri stanno rappresentando, di fatto, una buona fetta del mercato dell'optoelettronica che sta trovando spazio con l'avvento del nuovo paesaggio IoT e Industry 4.0. I sensori di immagine stanno trovando spazio nel mercato della videosorveglianza, così come nel settore medical. I LED, invece, hanno raggiunto un buon grado di efficienza e lo studio di nuovi materiali potrà condurre il mercato verso nuove soluzioni ad alta potenza.

Mark Patrick, Technical Marketing Manager @ Mouser Electronics ci conduce attraverso questa intervista nel paesaggio del lighting e dell'optoelettronica. Mark è entrato a far parte di Mouser Electronics nel luglio 2014, avendo precedentemente svolto importanti attività di marketing presso RS Components. Prima di RS, Mark ha trascorso periodi in Texas Instruments come supporto tecnico alle vendite. Attualmente, Mark è Technical Marketing Manager per Mouser in EMEA, gestendo anche le relazioni e le attività di marketing con alcuni fornitori chiave.

1. I LED hanno la capacità di essere più piccoli, più economici, più dinamici, più efficienti e forse più luminosi di qualsiasi altra tecnologia di illuminazione. Quale sarà il futuro della tecnologia dell'illuminazione?

OLED diventerà affidabile e conveniente come lo sono attualmente i LED. Ciò cambierà il modo in cui definire "illuminazione", in quanto gli OLED sono veri emettitori di aree. Possono anche essere utilizzati come carta da parati. La combinazione di sorgenti luminose a punti (LED) e **sorgenti luminose di area (OLED)** con circuiti di controllo "intelligenti" trasformerà il tutto in un nuovo **modo di pensare al lighting**.

2. Quali sono le sfide circa il design dell'illuminazione e come si intende sviluppare la suite di prodotti per rispondere a queste sfide?

La principale sfida per quanto riguarda la tecnologia LED è il trasferimento termico e il raffreddamento. Con una luminosità crescente, questo problema peggiora. Il problema può anche essere peggiore con gli OLED, poiché i componenti organici sono molto sensibili



**MOUSER
ELECTRONICS**



Figura 1: High power LED GW CS8PM1.PM della OSRAM a catalogo Mouser

al calore, ma la luminanza è di solito più piccola. **Mouser continua ad espandere il portafoglio e il know-how dei prodotti di raffreddamento.**

3. Oggi si utilizzano sensori ottici nel settore medico, ad esempio per misurare il livello di ossigeno nel sangue - di solito tramite sensori a dito con LED integrati. Quali sono i loro vantaggi rispetto ad altre tecnologie sensoristiche?

Misura di parametri vitali con piccole quantità di sangue, ad es. nel monitoraggio del glucosio per i diabetici. Risultati più veloci. Ottima precisione senza bisogno di un laboratorio biochimico. I LED di diverse lunghezze d'onda e i relativi sensori ottici effettuano le misure che vengono analizzate rapidamente sia in un dispositivo elettronico medico portatile specializzato sia da smartphone.

4. Quali sono le principali aree di applicazione per questa tecnologia e quali sono le opportunità per il futuro?

Le aree mediche, automotive e di sicurezza sono le principali. La sicurezza (automazione industriale, la robotica ...) è un altro driver importante. La tecnologia medica più avanzata, ad esempio per gli impianti, ecc., così come l'avvento di

automobili a guida autonoma stanno per offrire un enorme mercato nel prossimo futuro.

5. Diverse caratteristiche dei dispositivi LED / Optoelettronici devono essere considerati all'interno di un progetto. Questi sono influenzati dalla dimensione e dai ma-

teriali dei semiconduttori utilizzati. Qual è il futuro dei materiali utilizzati per le soluzioni di illuminazione / optoelettronica e come influenzeranno il design?

I materiali organici stanno guadagnando terreno nell'optoelettronica - i LED bianchi erano solo l'inizio. Con gli OLED che si stanno diffondendo sempre più, ci sarà un vasto mix di materiali di base da impiegare. I sistemi ottici (ad esempio lenti per LED e array di lenti per display) stanno diventando sempre più sofisticati. Si stanno sviluppando nuovi materiali con indici di rifrazione specifici.

Naturalmente, i produttori di LED stanno sempre cercando nuovi materiali di transizione a semiconduttore per aumentare la luminanza e CRI. I composti InGaN e ZnSe sono stati estremamente difficili da gestire, fino a che i ricercatori non hanno deciso di abbandonare i relativi studi. Nuovi composti di semiconduttori III / V sono in fase di sviluppo ma sono estremamente instabili (al momento). Ciò sarà interessante nel futuro, così come la necessità di tecnologie di raffreddamento più sofisticate. Per qualsiasi tipo di illuminazione, il raffreddamento è il fattore limitante. I produttori di LED utilizzano sempre più (o fanno ricerche promettenti) con i semiconduttori III / V. Con le eccezioni di Boro e Alluminio (in una certa misura), tutti gli elementi del gruppo principale III sono tossici. **Con un crescente numero di LED utilizzati,** i componenti dovranno essere protetti per evitare fuoriuscite di materiale tossico nell'ambiente. Non vorrei che il Thallium (ad esempio) galleggiasse liberamente nelle camere dei miei figli.



Figura 2: Mark Patrick, Technical Marketing Manager @ Mouser Electronics

La Gestione degli Interrupt sui Microcontrollori Arduino (ATMega e ATSAM3X8E)

di **Gaspere Santaera**

*Tutti oramai sanno cos'è un **Arduino**, ovvero di come un dispositivo di prototipizzazione elettronica rapida abbia semplificato i test e la realizzazione di molti circuiti, avvicinando un gran numero di non addetti ai lavori, al mondo dell'elettronica. Arduino si è imposto per la sua semplicità d'utilizzo e la sua community, che in una sorta di effetto valanga si allarga in continuazione. Tuttavia l'IDE di sviluppo, consigliata ed usata dalla maggior parte degli utenti per la scrittura degli sketch, proprio in nome della semplicità, non permette di sfruttare appieno tutte le periferiche a bordo dei micro-controllori appartenenti alla famiglia Arduino, limitando pertanto le funzioni della scheda. Un esempio su tutti è dato dalle periferiche di timing che normalmente tutti i micro-controllori montano, ma (a meno di particolari librerie) sono totalmente trasparenti all'IDE. In questo articolo ci occuperemo di dare le indicazioni necessarie per l'utilizzo di tali periferiche, usate per la generazione di interrupt.*

COS'È UN INTERRUPT

Usando un micro-controllore un generico utente può in modo semplice e veloce configurare un proprio sistema embedded, scrivendo una logica che sfrutta le periferiche interne a quest'ultimo o a dispositivi esterni. Realizzando ad esempio un interruttore **crepuscolare**, l'utente collegherà un sensore di luminosità al convertitore ADC del micro-controllore, e nel caso in cui il valore d'uscita di quest'ultimo sia maggiore/minore di una determinata soglia, il micro-controllore provvederà ad accendere/spegnere una lampada collegata mediante, ad esempio, un relè.

Quando si scrive un codice come quello di questo esempio, normalmente si procede in modo verticale, ovvero, il codice è sequenziale: prima si legge il sensore di luce, dopo si confronta il suo valore con una soglia prestabilita e successivamente si accende o meno la lampada (il tutto ripetuto in un loop infinito), tuttavia in alcune applicazioni può essere fondamentale eseguire alcune operazioni in istanti prefissati di tempo indipendentemente da tutte le altre operazioni presenti nel programma. Ad esempio, in un cronometro il micro-controllore deve occuparsi della gestione dei tasti, della gestione del display ma soprattutto del conteggio del tempo. In questi casi una logica sequenziale è fallace in quanto se

ad esempio si vuole fissare per il cronometro una risoluzione di 1 ms, ma il micro-controllore impiega 6 ms per il controllo del display, non sarà mai possibile scrivere sul display stesso il tempo esatto, in quanto il tempo impiegato dal micro-controllore per la gestione del display inficia il conteggio stesso dei millisecondi che passano, e quindi il tempo mostrato sul display non sarà mai esatto. **In questi casi si ha la necessità di operare in modo orizzontale ovvero di eseguire le operazioni in modo parallelo.** Poiché un micro-controllore normalmente non dispone dell'hardware adatto ad eseguire operazioni parallele (due o più core che fanno operazioni diverse contemporaneamente), si utilizzano in questi casi le periferiche di timing.

Le periferiche di timing vengono utilizzate dal micro-controllore per la generazione di interrupt ad istanti prefissati di tempo; quando un interrupt viene generato il micro-controllore congela le operazioni che stava normalmente eseguendo e corre ad eseguire quelle associate all'interrupt. In questo modo si garantisce l'esecuzione delle istruzioni connesse all'interrupt in istanti prefissati di tempo. Tornando all'esempio del cronometro, il modo migliore di agire in questo caso è quello di far gestire i tasti ed il display al micro-controllore dentro un loop infinito e di affidare l'incremento del contatore

del tempo ad una funzione connessa ad un interrupt con cadenza di un 1ms, in questo modo ogni millisecondo il micro-controllore congelerà quello che stava facendo, eseguirà le istruzioni di interrupt, ovvero incrementerà il contatore e tornerà a rifare quello che stava facendo fino al nuovo interrupt. Quindi se il micro-controllore impiega 6ms per gestire il display, le funzioni di gestione del display stesso verranno interrotte circa sei volte per incrementare il contatore del tempo; queste operazioni di incremento del contatore impiegheranno del tempo che si sommerà a quello di gestione del display, ma poiché le istruzioni di incremento sono atomiche questo verrà aggiornato, ad esempio, ogni 6.3 ms piuttosto che 6ms, ma del valore esatto. Una logica di questo tipo, ovviamente ha senso se è solo se le operazioni eseguite dentro le funzioni legate all'interrupt richiedono un tempo di esecuzione inferiore al tempo stesso tra un interrupt e un altro, altrimenti il micro-controllore si troverà a chiamare un nuovo interrupt prima di aver svolto tutte le operazioni relative al precedente entrando ben presto in un loop infinito. **Normalmente le periferiche di timing all'interno di un micro-controllore possono essere usate come counter o timer.** I timer hanno un funzionamento simile a degli orologi, infatti, ad ogni colpo di clock il timer incrementa un registro contatore, quando questo raggiunge un determinato valore, o semplicemente va in overflow, il timer può generare un

interrupt. E' quindi possibile generare interrupt ad istanti precisi di tempo conoscendo la frequenza di clock del micro-controllore e fissando il valore della soglia che il contatore deve superare per generare l'interrupt.

I parametri caratteristici dei timer sono il range e la risoluzione. Per range di un timer si intende la massima quantità di tempo che un timer può contare, ovvero il massimo tempo tra due interrupt successivi. Viceversa, la risoluzione indica il minor tempo possibile tra due interrupt successivi. I contatori hanno un funzionamento molto simile ai timer, anche per i contatori, infatti, viene incrementato un registro contatore in occasione di un determinato impulso o evento che può essere interno al micro-controllore come lo è un colpo di clock per i timer o esterno a quest'ultimo come ad esempio un colpo di clock da un dispositivo esterno, o il cambio di stato di un pin dovuto sempre ad un dispositivo esterno. Nel caso del counter, inoltre, è possibile usare un interrupt generato da un timer per incrementare il proprio registro contatore il quale verrà poi usato per generare interrupt di range maggior rispetto a quelli generabili dal singolo timer. Per il settaggio delle periferiche di timing spesso si utilizzano due ulteriori registri: il prescaler e il post-scaler. Il registro di prescaler è presente in quasi tutte le periferiche di timing del micro-controllore e si usa per dividere la frequenza di clock di quest'ultimo in modo da incrementare il registro contatore della periferica con

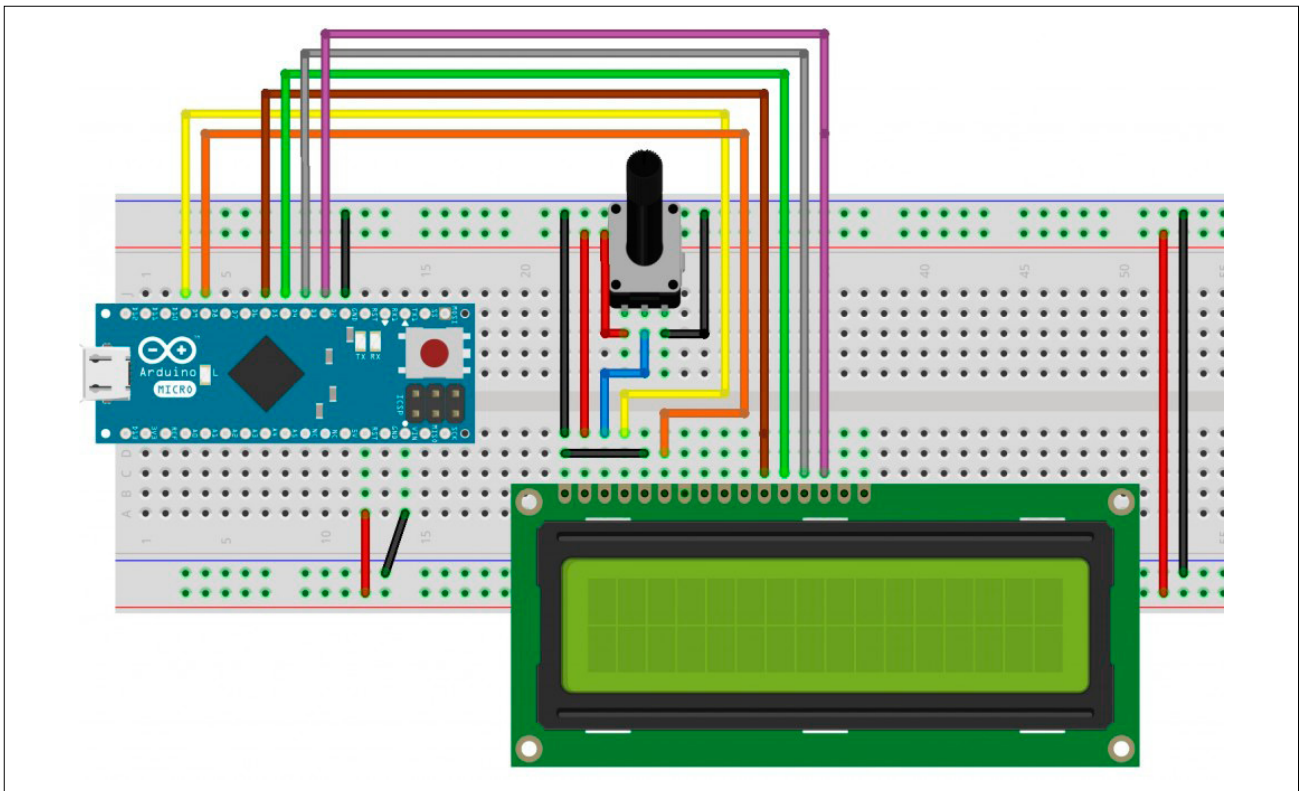


Figura 1: Schema Circuitale

frequenze più basse, ovvero più lentamente, aumentando il range del timer. Il postscaler invece si trova a valle del timer e fissa il moltiplicatore per la generazione dell'interrupt, ovvero, quanti overflow del timer sono necessari a creare un interrupt. In questa sede vedremo come utilizzare i timer interni ai micro-controllori Atmel, comunemente montati a bordo delle schede Arduino, riproponendo l'esempio del cronometro per varie tipologie di schede della famiglia Arduino. Lo scopo di questo modus operandi è quello di dare all'utente una buona base di partenza per l'utilizzo delle periferiche di timing nei propri futuri progetti. Il cronometro che andremo ad realizzare è composto da un Arduino che varierà di esempio in esempio e di un display lcd 16x2, nella figura 1 viene riportato lo schematico per il caso dell'Arduino Micro.

ATMEGA 328

Il micro-controllore ATMEGA 328, è forse il più famoso della propria famiglia e viene montato su Arduino Uno, Arduino Mini, Arduino Nano e sul Lilypad. Il micro-controllore porta al suo interno tre periferiche timer/counter, due con un registro contatore ad 8 bit (Timer0 e Timer2) ed uno con un registro contatore a 16 bit (Timer1). Nel nostro esempio abbiamo utilizzato il Timer 1, nello sketch per Arduino (scaricabile da qui), viene dapprima

inizializzate tutte le periferiche di timing, tramite il registro GTCCR;

GTCCR = 0b00000000;

ovvero il General Timer Counter Control Register. **Questo è composto da tre bit configurabili, dove il bit TSM se impostato ad 1 permette alla periferica di mantenere i valori dei registri PSRASYS e PSRSYNC.** Questi ultimi vengono usati per resettare le periferiche, che altrimenti vengono automaticamente resettate dall'hardware in modo da far partire il timer ed il counter simultaneamente (figura 2).

Dopo aver resettato le periferiche, viene impostato il Timer 1 mediante i registri TCCR1A ed TCCR1B (Figura 3 e 4).

TCCR1A = 0b00000011;

TCCR1B = 0b00000010;

Nel registro TCCR1A i bit dal 7 al 4 (COM1A1, COM1A0, COM1B1, COM1B0) vengono usati per settare i pin connessi alle uscite del timer, ovvero è possibile tramite opportune impostazioni riportare lo stato di un interrupt fuori dal micro-controllore; nel nostro caso abbiamo lasciato le periferiche disconnesse dai pin esterni. I bit di

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x23 (0x43)	TSM	–	–	–	–	–	PSRASYS	PSRSYNC	GTCCR
Read/Write	R/W	R	R	R	R	R	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Figura 2: Il registro GTCCR

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0x80)	COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	–	–	WGM11	WGM10	TCCR1A
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R	R	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Figura 3: Il registro TCCR1A

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0x81)	ICNC1	ICES1	–	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	TCCR1B
Read/Write	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Figura 4: TCCR1B

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0x6F)	–	–	ICIE1	–	–	OCIE1B	OCIE1A	TOIE1	TIMSK1
Read/Write	R	R	R/W	R	R	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Figura 5: Il registro TIMSK1

tipo WGM (2 nel registro TCCR1A e 2 nel registro TCCR1B), vengono invece usati dal micro-controllore per impostare la periferica (timer o contatore), con quale tipo di onda la periferica deve generare l'interrupt, il numero di bit da assegnare al contatore e quando deve avvenire l'interrupt. Nel nostro caso ad esempio abbiamo deciso di usare un timer che genera un'onda **PWM** corretta in fase, incrementando un registro a 10 bit e generando un interrupt in caso di overflow di quest'ultimo. **Nel caso di un'onda corretta in fase, il contatore si inizializza sul valore minimo e conta fino al valore massimo per poi ritornare indietro, quindi conta due volte prima di andare in overflow.** Il bit ICNC1 ed ICES1 vengono utilizzati nel caso in cui si voglia far incrementare il contatore da un dispositivo esterno connesso ad un opportuno pin, in particolare il bit ICNC1 se viene settato ad 1, filtra il segnale presente sul pin esterno, in modo da evitare errati conteggi a causa di fluttuazioni della tensione, mentre il bit ICES1 viene usato per stabilire se incrementare il contatore a causa di un fronte di salita o di discesa della tensione sul pin esterno. Infine, gli ultimi tre bit del registro TCCR1B vengono utilizzati per settare il prescaler che per questo timer può avere sei differenti valori, nel nostro caso abbiamo scelto un prescaler di 1 / 8. Negli ultimi due passaggi del main viene abilitato il timer1 alla generazione dell'interrupt, tramite il registro TIMSK1 ed inizializzato il counter (Figura 5).

```
TIMSK1 |= (1 << TOIE1);
```

```
TCNT1=0;
```

Riassumendo le scelte fatte, nell'esempio del cronometro abbiamo un prescaler impostato ad un ottavo della frequenza di clock, che nel caso dell'Arduino Uno è 16 Mhz, quindi il contatore del timer viene incrementato ogni $(1 / (16000000/8))$ s, ovvero 500 ns, avendo inoltre impostato il contatore a 10 bit con una modalità di conteggio doppia (dallo 0 a 1024 e viceversa), l'interrupt verrà generato dopo 2048 cambi di stato del registro contatore, ovvero $(500 \text{ ns} \times 2048) = 1.024 \text{ ms}$. **Lo sketch prosegue con la classica dichiarazione della funzione loop dove, normalmente, vengono scritte tutte quelle operazioni che devono ripetersi ciclicamente e non hanno particolari vincoli di tempo, come la gestione del display o della porta seriale.** Infine bisogna specificare al micro-controllore le operazioni da svolgere all'occorrenza dell'interrupt, ciò avviene nel caso in cui il contatore relativo al timer va in overflow, pertanto la funzione, che di default si chiama sempre ISR, verrà chiamata proprio al verificarsi dell'o-

verflow sulla periferica di timing scelta.

```
ISR(TIMER1_OVF_vect)
{ ..... }
```

All'interno di questa vanno scritte tutte le operazioni da eseguire ad intervalli precisi di tempo, nel caso in questione vengono incrementate, ogni millisecondo, le variabili che conteggiano il tempo ed un'ulteriore variabile counter in modo da aggiornare il display ogni venti millisecondi.

ATMEGA 32U4

Il micro-controllore ATMEGA 32u4 viene montato su Arduino Leonardo e su Arduino Micro, è simile al predecessore 328 e contiene al suo interno tre periferiche timer/counter una con un registro contatore ad 8 bit (Timer0), e due con un registro contatore a 16 bit (Timer1, Timer3). Ancora una volta riproponiamo l'esempio del cronometro, usando in questo caso il Timer3, questo codice (scaricabile da qui) è perfettamente speculare all'esempio precedente in quanto i registri del Timer1 sull'ATMEGA 328 ed i registri del Timer3 sull'ATMEGA 32u4 hanno gli stessi nomi e la stessa struttura, pertanto rimandiamo all'esempio precedente per i dettagli.

ATMEGA 2560

Il micro-controllore ATMEGA 2560 è il più grande della famiglia dei micro-controllori ATMEGA ad 8 bit per numero di pin e di periferiche e pertanto si presta benissimo in tutte quelle applicazioni che richiedono un gran numero di device da controllare, come ad esempio una **stampante 3D**. **A differenza dei due micro-controllori citati in precedenza, questo monta a bordo ben sei timer diversi, due ad 8 bit (Timer0, Timer2) e quattro a 16 bit (Timer1, Timer3, Timer4, Timer5).** Ancora una volta, essendo questo micro-controllore il più grande della sua famiglia, i nomi dei timer e dei registri dedicati sono uguali a quelli già descritti. Nell'esempio pratico relativo a questo micro-controllore (è possibile scaricare lo sketch qui), abbiamo utilizzato il Timer1, ottenendo un codice è identico al quello visto nel caso dell'ATMEGA 328.

ATMEL SAM3X8E

Il micro-controllore **SAM3X8E** appartiene alla famiglia di micro-controllori **ARM** Cortex-M3 RISC a 32 bit, ed ha un clock massimo di 84 MHz con 512 Kbytes di memoria Flash e 100 Kbytes di SRAM. E' il micro-controllore montato dalla board Arduino Due, che con la sua varietà

e ricchezza di periferiche integrate si presta ad essere un'ottima soluzione per molti sviluppatori, infatti, il micro-controllore monta a bordo due periferiche CAN, cinque UART, quattro SPI, due I2C, un RTC, sedici ADC a 12 bit e ben nove timer a 32 bit. Ancora una volta vedremo, passo-passo, come implementare l'esempio del cronometro su questo micro-controllore, soffermandoci sulle istruzioni più importanti (da qui è possibile scaricare l'intero sketch). Nella funzione setup del nostro sketch viene dapprima disabilitata la protezione del registro pmc, ovvero power management control, che si occupa di ottimizzare il consumo del micro-controllore,

```
pmc_set_writeprotect(false);
```

Successivamente viene abilitato il TC7, ovvero il secondo canale del timer 2, infatti, nel SAM3X8E, sono presenti tre periferiche di timing, ognuna delle quali ha tre canali, per un totale di nove timer dal TC0 al TC8.

```
pmc_enable_periph_clk(ID_TC7);
```

A questo punto, sempre all'interno del setup viene configurato il timer, ovvero: fissata la periferica timer da usare (TC2), il canale di questa (1), il tipo d'onda da generare ed il prescaler. Per il prescaler va detto che purtroppo le scelte possibili sono soltanto cinque, ovvero, 1/2, 1/8, 1/32, 1/128, ed uno slow clock (32 KHz circa) relativo all'oscillatore RC interno al micro-controllore. Nel nostro caso abbiamo scelto la terza opzione (TIMER_CLOCK_3) che fissa il prescaler ad 1 / 32, ed incrementa il contatore interno del timer ad una frequenza di $84\text{MHz}/32 = 2,625\text{ MHz}$.

```
TC_Configure(TC2,1, TC_CMR_WAVE | TC_CMR_WAVSEL_UP_RC | TC_CMR_TCCLKS_TIMER_CLOCK3);
```

Fissato il prescaler ed il tipo d'onda da generare, ci resta soltanto da fissare il valore massimo che il contatore deve raggiungere **per la generazione dell'interrupt**. A tal proposito, nel nostro esempio del cronometro abbiamo sempre generato un'interruzione ogni millisecondo, pertanto se incrementiamo il contatore ogni $1/(2,625 * 1000000)\text{s} = 381\text{ns}$ dobbiamo contare fino 2625 prima che passi un millisecondo.

```
TC_SetRC(TC2, 1, 2625);
```

A questo punto viene avviato il timer2, canale 1,

```
TC_Start(TC2, 1);
```

impostati i bit per abilitare la periferica alla generazione dell'interrupt,

```
TC2->TC_CHANNEL[1].TC_IER=TC_IER_CPCS;  
TC2->TC_CHANNEL[1].TC_IDR=~TC_IER_CPCS;
```

ed infine abilitato il vettore dell'interrupt controller

```
NVIC_EnableIRQ(TC7_IRQn);
```

Nel loop, come già visto negli esempi precedenti, ci occupiamo della gestione del display e della porta seriale, mentre il cuore delle operazioni da eseguire alla generazione dell'interrupt, viene scritto all'interno della funzione speciale TC7_Handler(). In questa viene sempre chiamata la funzione

```
TC_GetStatus(TC2, 1);
```

Fondamentale in quanto, oltre a rilevare lo status del timer, si occupa di resettare il contatore interno a quest'ultimo e di riavviare il conteggio. Successivamente nello sketch vengono eseguite le normali operazioni di conteggio già viste negli esempi precedenti.

CONCLUSIONI

In questo articolo abbiamo analizzato le periferiche di timing per i micro-controllori della famiglia Arduino, soffermandoci sul pieno utilizzo attraverso **l'impostazione di registri e parametri**. Come accennato, in nome della semplicità d'utilizzo, troppo spesso queste periferiche, fondamentali in molte applicazioni, sono totalmente sconosciute agli sviluppatori che poi in caso di applicazioni più complesse sono costretti ad utilizzare altre tipologie di micro-controllori, poichè non hanno idea della potenzialità di quelli che già posseggono.

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

<https://it.emcelettronica.com/la-gestione-degli-interrupt-sui-microcontrollori-arduino-atmega-e-%EF%BB%BF%EF%BB%BFatsam3x8e>

VHDL for beginners: Statement concorrenti e sequenziali

di **Daniele Valanzuolo**

*Il **VHDL** viene concepito per la descrizione dei circuiti elettronici e quindi consente la realizzazione di sistemi molto complessi. In elettronica troviamo una differenza sostanziale tra circuiti combinatori e sequenziali data dalla presenza di una cella di memoria al proprio interno. Infatti, nei circuiti combinatori, l'output è il risultato di una funzione logica dei soli input. Differentemente nel circuito sequenziale troviamo di fatto un elemento di memoria che porta in conto lo stato attuale (o quello precedente) del circuito stesso. In merito, il VHDL mette a disposizione diversi costrutti molto interessanti che possono rendere efficace e leggibile l'implementazione dei circuiti combinatori e/o dei circuiti sequenziali. A differenza dei linguaggi di programmazione, inoltre, il VHDL consente l'implementazione di comportamenti "concorrenziali", ossia determinate istruzioni che possono essere eseguite in modo contemporaneo, proprio perché esse sono legate a parte di circuiti indipendenti. Questa caratteristica è molto semplice ma estremamente potente in quanto è il punto di forza principale della tecnologia e consente di sintetizzare dei circuiti combinatori molto veloci. Ovviamente il linguaggio mette a disposizione anche determinati costrutti che favoriscono l'implementazione di logiche sequenziali.*

INTRODUZIONE

In questo articolo affronteremo una panoramica generale di tutti i costrutti principali disponibili in VHDL suddividendoli tra comportamento concorrente e sequenziale. **Per prima affronteremo i costrutti concorrenti, molto utili in quanto garantiscono la progettazione di funzioni logiche veloci ed efficaci.** Successivamente affronteremo i costrutti sequenziali e vedremo le peculiarità e la potenza del loro utilizzo. Al termine dell'articolo concluderemo con alcune note sulla realizzazione dei circuiti sequenziali e combinatori, valutando quali costrutti possono aiutare nella progettazione ed implementazione. Buona lettura.

STATEMENT CONCORRENTI

All'interno del corpo di un'architettura tutte le istruzioni "semplici" sono di fatto delle **istruzioni concorrenti** e quindi di natura combinatoria. L'assegnazione più semplice che si può fare ha la seguente sintassi:

```
output <= input_value;
```

Ossia l'output assume il valore di input che può essere una funzione logica o aritmetica di vari input (ad esem-

pio `output <= input1 + input2; oppure output <= input1 AND input2;`). Questa sintassi ci mostra che un'uscita è semplicemente la combinazione di uno o più ingressi (circuito combinatorio). L'assegnazione avviene con un certo ritardo il quale non è definibile a priori ma dipende dalla tecnologia e dal processo di sintesi. Sarà compito del progettista valutare eventuali ritardi del proprio sistema e verificare l'adeguatezza di questi ai *constraint* progettuali (vincoli temporali che devono essere rispettati). Questo ritardo nel linguaggio tecnico viene chiamato **delta-delay** ed è un parametro caratteristico. Nel caso in cui abbiamo due o più assegnazioni all'interno della stessa architettura queste saranno tra di loro concorrenti. Se prendiamo in considerazione il seguente esempio (con `output1=output2 = 0`) all'inizio dei tempi:

```
output1 <= 1;
output2 <= 1 + output1;
```

Avremo che alla fine `output1 = output2 = 1` perché gli statement sono concorrenti e quindi la funzione logica per `output2` viene eseguita insieme alla funzione logica per `output1` e quest'ultimo vale ancora 0. Esempi del genere li affronteremo nel dettaglio quando parleremo di simulazioni e testbench.

Una piccola precisazione è obbligatoria: **il vhdl non vieta di mettere come operatore l'uscita stessa** ma questo può portare ad una forte imprecisione e può essere facilmente causa di errore per cui è vivamente sconsigliato utilizzare tale tecnica.

STATEMENT CONCORRENTE CONDIZIONALE WHEN...ELSE

Il costrutto WHEN...ELSE consente un'assegnazione condizionata al risultato logico della condizione scelta. La sintassi del costrutto è la seguente:

```
output <= valore1 WHEN condizione1 ELSE
valore2 WHEN condizione2 ELSE
.....
valore_default;
```

Come osserviamo dalla sintassi, ci possono essere diverse condizioni le quali non sono altro che delle espressioni booleane che possono restituire valore vero/falso. La prima condizione che restituisce valore vero fa sì che l'uscita output assuma il valore previsto per la condizione stessa. Nel caso in cui nessuna condizione fosse verificata, allora viene previsto un valore di default in modo tale da non avere condizioni per cui l'uscita non venga valorizzata/assegnata.

STATEMENT CONCORRENTE PER LA SELEZIONE

Il costrutto WHEN, molto simile al costrutto precedente, consente di assegnare all'uscita un determinato valore in funzione del valore del segnale di scelta. In poche parole è l'equivalente dello switch/case in C e rispetto al costrutto WHEN...ELSE consente di semplificare la scrittura evitando di dover inserire un'espressione booleana. La sintassi del costrutto è la seguente:

```
WITH segnale_selezione SELECT
output <= valore1 WHEN selezione_1,
valore2 WHEN selezione_2,
...
valoreX WHEN OTHERS;
```

Come si osserva la prima parte del costrutto serve a dichiarare quale sia il segnale di selezione per le varie

uscite, nel nostro caso il segnale_selezione è compreso tra le parole chiave WITH e SELECT. Successivamente, la sintassi è alquanto semplice e simile al costrutto WHEN...ELSE. In questo caso non è previsto l'ultimo valore di default ma è sempre consigliato aggiungere la riga come riportata nella sintassi con la condizione OTHERS. In questo modo ci garantiamo che qualsiasi condizione di quelle non previste per il segnale di selezione porti ad un valore prestabilito.

STATEMENT SEQUENZIALI

Abbiamo osservato i principali statement concorrenti che il VHDL mette a disposizione, questi di fatto sono pochi e abbastanza semplici come sintassi. La problematica maggiore è la gestione corretta in quanto possono esserci errori nella gestione dell'aggiornamento dei dati per chi in genere è abituato a lavorare con la programmazione tradizionale e quindi istruzioni sequenziali. Di seguito affrontiamo i costrutti sequenziali che possiamo trovare in VHDL valutandone le varie caratteristiche e applicazioni.

IL CONTENITORE DEGLI STATEMENT SEQUENZIALI: I PROCESSI

Il principale costrutto che mette a disposizione il VHDL per quanto riguarda le istruzioni sequenziali è il **processo** (parola chiave PROCESS). Di fatto il processo si comporta come statement concorrente con le altre istruzioni di assegnazione, ma gli statement che contiene al suo interno sono di tipo sequenziali. Questo lo rende uno statement complesso ma allo stesso tempo molto potente.

La sintassi di un processo è la seguente:

```
nome_processo : PROCESS ( sensitivity list )
-- area dichiarazioni
BEGIN
-- area implementazione sequenziale
END PROCESS;
```

La sintassi di un processo è simile alla sintassi di una architettura con un corpo dichiarativo e un corpo per l'implementazione. Ad un processo possiamo assegnargli un nome (parametro opzionale) che ci aiuta ad incrementare la leggibilità del codice. Dopo la parola chiave PROCESS abbiamo la cosiddetta **"sensitivity list"** ossia la lista di sensibilità. Questa è chiusa tra pa-

rentesi tonde e al suo interno il progettista può riportare l'elenco dei segnali la cui variazione attiverà l'esecuzione del processo (ad esempio in un'espressione booleana possiamo inserire nella lista l'elenco degli operandi di ingresso, oppure fare in modo che il processo si attivi ad ogni fronte di clock e via dicendo). Successivamente vi è l'area delle dichiarazioni, che come per l'architettura, è dedicata alla dichiarazione di eventuali variabili necessarie all'interno del processo. Infine c'è la parte implementativa del processo racchiusa tra le parole "BEGIN" e "END PROCESS;". Tutte le istruzioni inserite nella parte implementativa verranno eseguite in modo sequenziale, quindi in questa parte non possiamo andare ad inserire i costrutti concorrentiali individuati in precedenza ma troveremo dei nuovi costrutti di tipo sequenziale che andremo ad affrontare nel proseguo di questo articolo.

All'interno di un processo c'è una differenza sostanziale tra assegnazione di un valore ad una variabile o a un segnale. **In caso di assegnazione ad una variabile si usa l'operatore "!=" che consente l'assegnazione istantanea del valore.** In modo differente, l'assegnazione di un valore ad un segnale, effettuato con l'operatore "<=", viene eseguito solo al termine del processo. Questo significa dire che se per qualche motivo ci sono due assegnazioni diverse allo stesso segnale, verrà verificata solo l'ultima assegnazione, e l'uscita assumerà il valore al termine del processo. Quindi questo significa dire che se si prova ad utilizzare quel segnale come ingresso ad un'altra assegnazione, verrà utilizzato il valore del segnale all'inizio del processo. Queste sono tutte accortezze che si potranno padroneggiare solo quando si acquisirà una determinata esperienza nello sviluppo dei propri circuiti.

COSTRUTTO FOR...LOOP

Tra i costrutti sequenziali troviamo il ciclo for che consente l'iterazione di un'operazione su tipi vettori e via dicendo. La sintassi del costrutto è la seguente:

```
FOR index IN {range} LOOP
  -- istruzioni sequenziali
END LOOP;
```

Non c'è molto da commentare sulla sintassi che risulta alquanto semplice e intuitiva soprattutto per chi ha dimestichezza con la programmazione tradizionale. Le istruzioni del ciclo for si ripeteranno per tutti i valori possibili del range fissato. La gestione dell'interazione è garanti-

ta dall'indice index che alla prima interazione assumerà il primo valore disponibile del range prefissato e sarà incrementata/ decrementata fino a raggiungere l'altro estremo del range. **Le istruzioni presenti nel corpo del costrutto sono di tipo sequenziale.** Il costrutto for...loop è poco utilizzato in quanto spesso può portare a codice non sintetizzabile e quindi si preferiscono altre implementazioni dove il progettista riesce a mantenere un controllo più accurato del circuito realizzato.

COSTRUTTO IF...THEN...ELSE

In quasi tutti i linguaggi di programmazione c'è il costrutto if-else, e pertanto non può mancare questa tipologia di costrutto anche nei linguaggi di descrizione dell'hardware. In VHDL il costrutto ha la seguente sintassi:

```
IF condizione_1 THEN
  -- istruzioni sequenziali
ELSEIF condizione_2 THEN
  -- istruzioni sequenziali
...
ELSE
  -- istruzioni sequenziali
END IF;
```

Dalla sintassi è chiaro che il costrutto è introdotto dalla parola chiave "IF", seguita dalla condizione che deve essere verificata, successivamente la parola chiave "THEN" e le istruzioni da eseguire. Al termine c'è il ramo "ELSE" con le istruzioni e infine il terminatore "END IF;". Si osserva che i rami ELSEIF e i rami ELSE sono opzionali e il numero di rami ELSEIF è arbitrario. Le istruzioni che vengono eseguite nelle varie condizioni sono tutte sequenziali tra loro.

Dei casi particolari di utilizzo di questo costrutto sono l'utilizzo senza alcun ramo di else (in questo caso si parla di rami incompleti) oppure la mancata assegnazione di un valore ad un segnale all'interno del costrutto (assegnazione incompleta). Queste due condizioni, seppur permesse dal VHDL, non sono mai consigliate in quanto rendono poco gestibile il codice sviluppato.

COSTRUTTO CASE...WHEN

Il costrutto CASE...WHEN consente di eseguire un determinato gruppo di istruzioni in funzione del risultato di una espressione che può essere sia semplice che molto complessa. Per ogni risultato dell'espressione è previsto uno stato e determinate istruzioni, in modo mol-

to analogo ad uno switch/case della programmazione tradizionale. La sintassi del costrutto è la seguente:

```
CASE espressione_di_controllo IS
  WHEN risultato_1 =>
    -- istruzioni
  WHEN risultato_2 =>
    -- istruzioni
  ...
  WHEN risultato_n =>
    -- istruzioni
END CASE;
```

Come si osserva il costrutto è introdotto dalla parola chiave CASE seguita dall'espressione di controllo il cui risultato sarà la condizione di scelta del gruppo di istruzioni sequenziali da eseguire. Come osservato per il costrutto concorrenziale WHEN, anche in questo caso è consigliato utilizzare l'ultimo caso della lista per prevedere tutte le condizioni non previste e quindi utilizzando la parola chiave OTHERS (ad esempio WHEN OTHERS => { --istruzioni di default; }).

DALLA TEORIA ALLA PRATICA

Siamo giunti alla conclusione della parte teorica di questa lezione e ci ritroviamo con un bagaglio del VHDL sempre più importante. Passando ora alla pratica ci occuperemo dell'implementazione, con diverse tecniche, di uno stesso componente andando a valutare i risultati della sintesi. Il componente che andremo a realizzare sarà un multiplexer a 4 segnali di ingresso, 1 segnale di uscita e un segnale di selezione a 2 bit. Questo componente è tra i più semplici circuiti combinatori che viene affrontato in qualsiasi corso base di elettronica **digitale**. Non mi soffermo sulla parte tecnica del componente ma affronteremo diversi esempi realizzativi per mettere in pratica e a fuoco alcuni dei concetti affrontati in precedenza. Per la tipologia di dati faremo riferimento al tipo STD_LOGIC, che ci consentirà di definire lo stato indefinito 'X'.

Iniziamo a realizzare un nuovo progetto (per chi non si ricorda come si faccia basta rileggere la **seconda lezione**) che chiameremo mux4_esempio1 in cui definiremo un'entità come la seguente:

```
ENTITY mux4_esempio1 IS
  PORT( channel_0 : IN STD_LOGIC;
        channel_1 : IN STD_LOGIC;
```

```
channel_2 : IN STD_LOGIC;
channel_3 : IN STD_LOGIC;
select_signal : IN STD_LOGIC_VECTOR (1 DOWN-
TO 0);
output : OUT STD_LOGIC);
END mux4_esempio1;
```

Come si può osservare, questa entità definisce i 4 canali di ingresso a singolo bit, e così anche l'uscita. Differentemente avviene per il segnale di selezione del canale che deve essere necessariamente almeno a 2 bit per garantire la selezione di tutti e 4 gli ingressi. Per questo primo esempio implementiamo un'architettura facendo ricorso al costrutto WHEN...ELSE, dunque di tipo concorrenziale. L'architettura implementata sarà la seguente:

```
output <= channel_0 WHEN select_signal=00 ELSE
channel_1 WHEN select_signal=01 ELSE
channel_2 WHEN select_signal=10 ELSE
channel_3 WHEN select_signal=11 ELSE
'X';
```

Effettuando la sintesi dell'architettura appena realizzata è possibile ottenere un risultato come quello riportato in Figura 1. Come si osserva dalla figura 1 e dai vostri risultati, il sintetizzatore ha individuato nella rappresentazione RTL un componente MUX, ossia è stato in grado di decifrare dalle istruzioni che abbiamo scritto che si trattava effettivamente di un multiplexer. Nella rappresentazione della tecnologia osserviamo che per le configurazioni inserite, una LUT a 6 ingressi è stata il minimo indispensabile per implementare il comportamento. **Lascio ai più curiosi analizzare la funzione logica implementata dalla LUT ed eventualmente anche la tabella di verità.**

Passiamo ora all'implementazione di un secondo esempio dello stesso componente. In questo caso creeremo un nuovo progetto (mux4_esempio2) con la stessa definizione di entità ma con una nuova definizione di architettura. Per l'architettura utilizzeremo il costrutto IF...ELSE e quindi avremo bisogno di creare un processo per contenerlo. Ho ipotizzato il seguente codice, lascio a voi analizzarne la correttezza e i risultati che la sintesi di questo codice genera rispetto all'esempio precedente (mi aspetto tanti commenti).

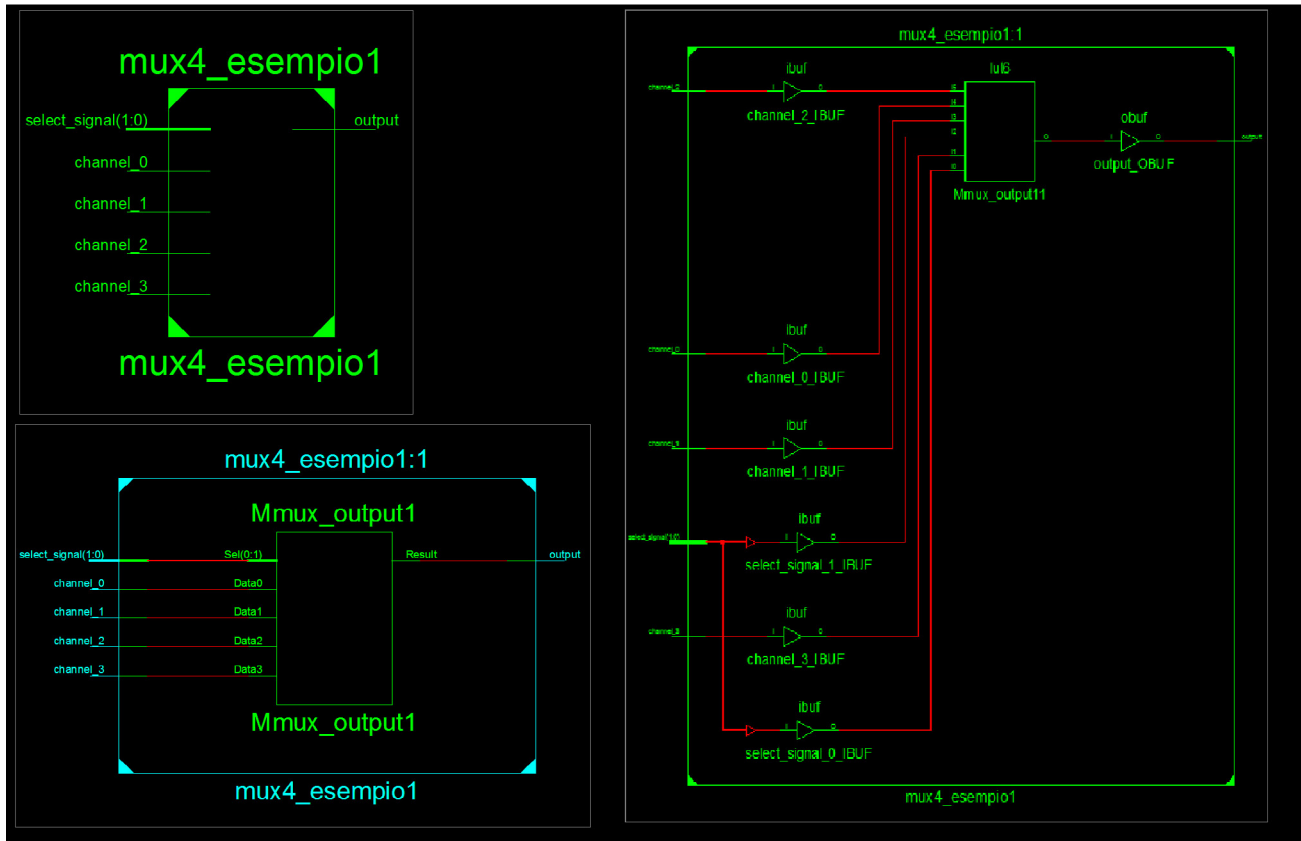


Figura 1: Risultati RTL e Technology schematic per il Mux4

```

mux4_process : PROCESS (select_signal )
BEGIN

```

```

IF select_signal = 00 THEN
    output <= channel_0;
ELSIF select_signal = 01 THEN
    output <= channel_1;
ELSIF select_signal = 10 THEN
    output <= channel_2;
ELSIF select_signal = 11 THEN
    output <= channel_3;
ELSE
    output <= 'X';
END IF;

```

```

END PROCESS;

```

CONCLUSIONI

Siamo giunti al termine di questa lezione con l'augurio che sia stata più emozionante e bella rispetto alle

precedenti. Prima di terminare è d'obbligo fare una piccola precisazione tecnica: abbiamo parlato di **circuiti sequenziali** e combinatori e di istruzioni sequenziali e concorrenti e ciò può creare confusione o associazioni non valide. Infatti, mentre le istruzioni concorrenti possono essere utilizzate principalmente per realizzare circuiti combinatori (sarebbe difficile gestire un blocco di memoria in maniera concorrente), **le istruzioni sequenziali possono essere utilizzate sia per circuiti combinatori che sequenziali**. Il corretto utilizzo di tali istruzioni consente l'implementazione corretta o l'assenza di eventuali celle di memoria che di fatto sono il componente che differenzia le due tipologie di circuiti. Terminata questa precisazione, aspetto tanti vostri commenti per eventuali chiarimenti e vi invito a leggere il prossimo articolo dove affronteremo le tematiche inerenti il testbench e dunque la simulazione dei nostri circuiti.

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/vhdl-for-beginners-statement-concorrenti-e-sequenziali>

Considerazioni di design per la realizzazione di uno spirometro

di **Stefano Lovati**

In questo articolo vedremo alcune considerazioni hardware e software per realizzare un dispositivo in grado di quantificare le capacità respiratorie di un essere umano, misurando sia i volumi che le portate. I risultati delle misure effettuate da questo dispositivo potranno essere inviate ad un computer per visualizzare graficamente i dati.

FONDAMENTI DI SPIROMETRIA

Vediamo anzitutto di acquisire familiarità con i principali parametri utilizzati nell'ambito della **spirometria**, analizzando come essi possano essere misurati.

Per spirometria si intende una serie di test volti a determinare le capacità respiratorie di una persona. La spirometria misura la quantità di aria inalata ed espirata dai polmoni durante un certo periodo di tempo, e sulla base di queste informazioni determina la capacità polmonare della persona sotto test. Lo strumento utilizzato per eseguire questo test prende il nome di **spirometro**.

La spirometria si rivela fondamentale ed utilissima per condurre un'indagine **diagnostica**: attraverso lo spirometro è infatti possibile diagnosticare **disturbi e patologie** quali: fibrosi polmonare, asma, fibrosi cistica, e COPD (Chronic Obstructive Pulmonary Disease, nota in italiano con il termine *broncopneumopatia cronica ostruttiva*). Un tipo molto comune di spirometro è rappresentato dallo **pneumotacografo** (si osservi la **Figura 1**). Utilizzando questo strumento, il paziente respira attraverso un tubo flessibile collegato a un boccaglio, in cui una delle estremità contiene un sensore in grado di misurare la portata dell'aria. Come indicato in **Figura 1**, i componenti basilari dello spirometro sono: il boccaglio, il tubo flessibile, e un dispositivo elettronico in grado di misurare le portate e calcolare i parametri significativi per la

spirometria. Durante il test, il paziente deve respirare attraverso il boccaglio, generando in questo modo un flusso di aria attraverso il tubo che può essere convertito dal sensore in un opportuno segnale elettrico.

I PARAMETRI SPIROMETRICI

I parametri spirometrici più comunemente utilizzati sono i seguenti:

- **Volume Corrente (VC)**, indicato in inglese con il termine "Tidal Volume" (TV) – rappresenta la quantità di aria inalata o espirata durante un singolo respiro, in condizioni normali (senza cioè alcuna forzatura).
- **Volume di Riserva Inspiratorio (VRI)**, indicato in inglese con il termine "Inspiratory Reserve Volume" (IRV) – rappresenta la quantità massima di aria addizionale che può essere inalata al termine di un normale respiro.
- **Volume di Riserva Espiratorio (VRE)**, indicato

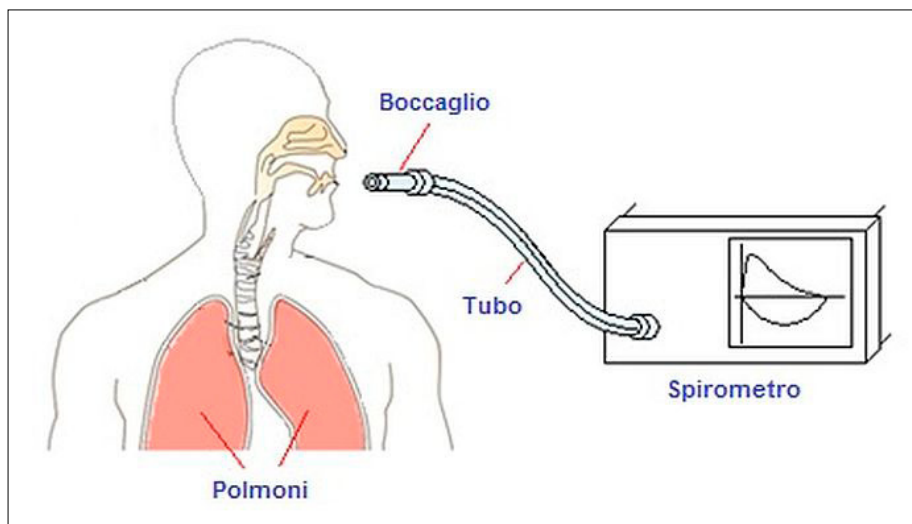


Figura 1: un tipo molto semplice di spirometro

in inglese con il termine “Expiratory Reserve Volume” (ERV) – rappresenta il volume massimo di aria che può essere espirato al termine di un normale respiro.

- **Capacità Vitale (CV)**, indicata in inglese con il termine Vital Capacity (VC) – rappresenta il volume totale di aria espulsa in una espirazione lenta e massimale, partendo da una inspirazione completa. Vale inoltre la seguente relazione: $CV = VRI + VRE + VC$.
- **Capacità Vitale Forzata (CVF)**, indicata in inglese con il termine “Forced Vital Capacity” (FVC) – rappresenta il volume totale di aria espulsa in un’espirazione forzata partendo da un’inspirazione completa.
- **Volume Espiratorio Massimo nel 1° Secondo (VEMS)**, indicato in inglese con il termine “Forced Expiratory Volume in 1 second” (FEV 1). Il VEMS rappresenta il volume di aria espulsa nel primo secondo di un’espirazione forzata, partendo da una inspirazione completa.
- **Capacità Vitale Inspiratoria Forzata (CVIF)**, indicata in inglese con il termine “Forced Inspiratory Vital Capacity” (FIVC) – rappresenta il massimo volume di aria che può essere inalato;
- **Picco di Flusso Inspiratorio (PFI)**, indicato in inglese con il termine “Peak Inspiratory Flow” (PIF) – rappresenta il massimo flusso di aria forzato che può essere raggiunto durante l’inspirazione;
- **Picco di Flusso Espiratorio (PFE)**, indicato in inglese con il termine “Peak Expiratory Flow” (PEF) – rappresenta il massimo flusso di aria forzato che può essere raggiunto durante l’espirazione.

I primi quattro parametri sono rilevati durante le condizioni di respirazione normale, mentre gli ultimi cinque durante i test forzati (come del resto indicato nel nome stesso del parametro).

Altri indici relativi al volume dei polmoni sono la **Capacità Funzionale Residua (CFR)**, indicato in inglese con il termine “Functional Residual Capacity” (FRC) e il **Volume Residuo (VR)**, indicato in inglese con il termine “Residual Volume” (RV). Tuttavia, questi parametri non possono essere misurati da uno spirometro, in quanto dipendono dal volume di aria contenuto all’interno dei polmoni.

In **Figura 2** possiamo osservare un diagramma che riporta l’andamento del **valor medio dei parametri CVF e VEMS** in soggetti di differente età e sesso. Sull’asse

delle ascisse è riportata l’età (in anni), mentre sull’asse delle ordinate il volume (in litri). Le curve colorate di arancione si riferiscono a soggetti maschili, mentre quelle blu a soggetti femminili.

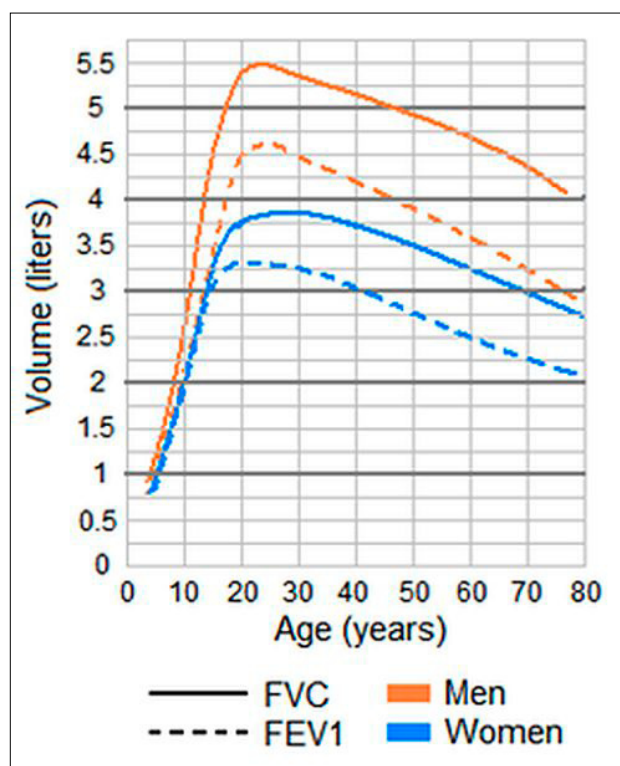


Figura 2: valori medi di CVF e VEMS

LO SPIROGRAMMA

Lo **spirogramma** (detto anche **curva flusso-volume**) è un diagramma in cui sono rappresentati graficamente i risultati del test spirometrico. Questo grafico riporta sull’asse delle ascisse il volume d’aria (in litri) e sull’asse delle ordinate il flusso d’aria (o portata), espresso in litri per secondo. I risultati relativi alla fase di inspirazione sono diagrammati al di sotto dell’asse orizzontale, mentre i risultati relativi alla fase di espirazione sono riportati al di sopra dello stesso asse.

Lo spirogramma è molto utile per eseguire una pre-diagnosi, individuando potenziali ostruzioni delle vie aeree, partendo dalla semplice analisi della forma e ampiezze delle curve. In **Figura 3** è visibile un tipico esempio di spirogramma.

QUALCHE FORMULA

La tecnica utilizzata in questo progetto per eseguire il calcolo del flusso di aria è basata sulle leggi della **fluidodinamica**. In particolare, si farà riferimento all’effetto Venturi, secondo il quale quando un flusso passa attraverso un tubo da una sezione più ampia a una più ristretta, la pressione del fluido diminuisce, mentre au-

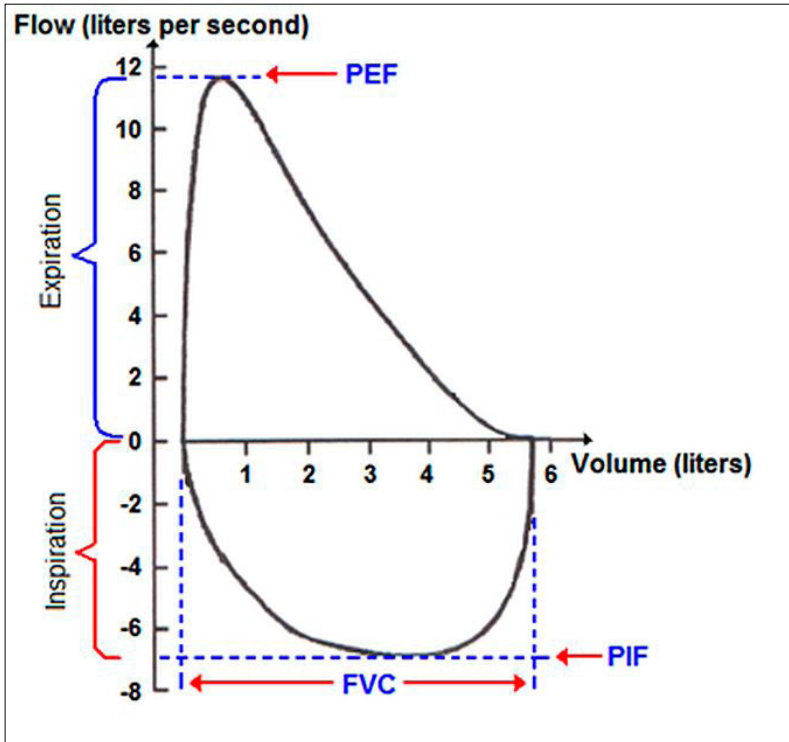


Figura 3: esempio di spirogramma

menta la sua velocità. Il motivo è che sia la velocità che la pressione del fluido cambiano in modo tale da soddisfare il principio di conservazione della massa. Tutto ciò è sintetizzato nella seguente equazione:

$$p_1 - p_2 = \frac{d}{2} (v_2^2 - v_1^2)$$

dove:

p_1 e p_2 sono pressioni, d è la densità del fluido, v_1 e v_2 sono le velocità prima e dopo il restringimento del tubo. Un esempio di effetto Venturi è mostrato in **Figura 4**.

Il sensore di flusso d'aria utilizzato in questa applicazione è, dal punto di vista del principio, molto simile a un tubo di Venturi appena descritto. Il sensore è visibile in **Figura 5**.

La **porta C** del sensore non è utilizzata in quest'applicazione, mentre, una volta connesse a dei sensori di

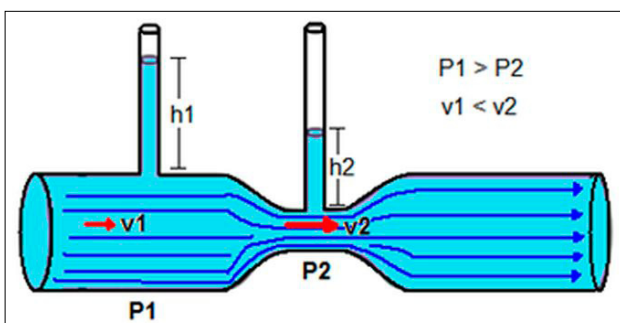


Figura 4: l'effetto Venturi

pressione, le **porte A e B** misurano la pressione statica o totale, a seconda della direzione del flusso. La differenza tra le due rappresenta invece la pressione dinamica, proporzionale alla velocità del fluido che attraversa il tubo. Indicata con Q la portata, con v la velocità, e con A l'area della sezione attraversata, possiamo dire che vale la seguente condizione:

$$Q = v_1 A_1 = v_2 A_2$$

Se combiniamo le precedenti due equazioni, possiamo pervenire alla seguente formula (tralasciamo i passaggi intermedi, in quanto molto semplici):

$$Q = A_1 \sqrt{(v_2^2 - 2(p_1 - p_2)/d)}$$

L'equazione sopra ci dice una cosa molto importante: è possibile calcolare la **portata** nel sensore se sono note la

pressione differenziale tra le sezioni di diametro differente del tubo ($p_1 - p_2$) e la **velocità** v_2 . Nell'applicazione proposta, la pressione differenziale è misurata tramite un sensore speciale. Inoltre, il dispositivo è stato calibrato utilizzando un'apparecchiatura che immette una specifica quantità di aria in un determinato periodo di tempo (quindi la portata è mantenuta costante). Nota la portata dell'aria immessa, e il valore fornito dal sensore di pressione differenziale, è possibile eseguire la calibrazione e trovare il **fattore** che permette di convertire la differenza di pressione in un valore di portata.

L'HARDWARE

Fatte queste debite considerazioni introduttive, possiamo ora esaminare più da vicino l'applicazione, partendo dalla componente **hardware**. Lo schema a blocchi

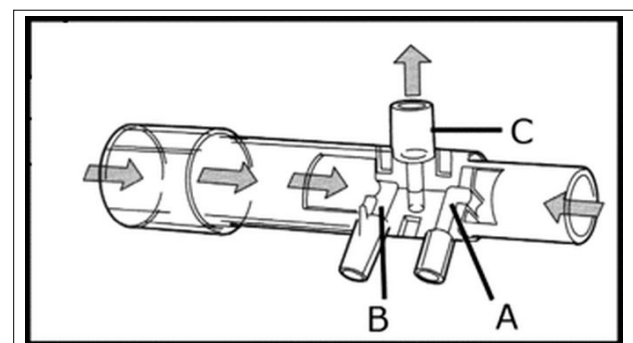


Figura 5: il sensore di flusso utilizzato nell'applicazione

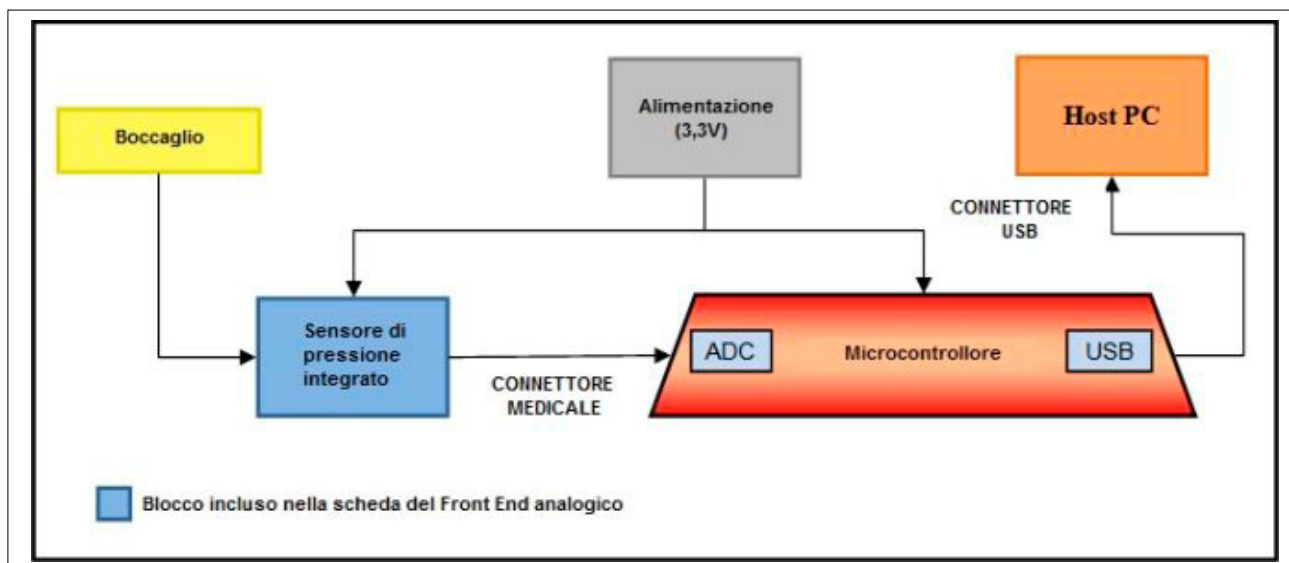


Figura 6: schema a blocchi dello spiometro

dell'hardware è visibile in **Figura 6**.

IL BOCCAGLIO

La prima parte del progetto che occorre implementare riguarda l'**acquisizione del segnale**, nel nostro caso proveniente dal processo di respirazione: questo è il primo passo da affrontare per poter rilevare i volumi di aria e le portate coinvolte nel processo. Questo obiettivo può essere raggiunto utilizzando un tipo speciale di **boccaglio** composto da un tubo flessibile e da una manichetta con due aperture per trasmettere la pressione dell'aria a un sensore di pressione che si occupa della conversione del segnale. Durante il test, il paziente respira attraverso il tubo, il quale contiene un meccanismo per restringere il flusso e permettere all'aria di attraversare solo una delle due aperture presenti nella manichetta (a seconda che la persona stia inalando o espirando). Il boccaglio completo è visibile in **Figura 7**.

IL SENSORE DI PRESSIONE

Il **sensore di pressione** svolge un ruolo fondamentale nello spiometro: è infatti responsabile della **conversione** della portata in un segnale elettrico, che può essere successivamente processato a livello hardware. In questa applicazione è stato impiegato il sensore di pressione integrato MPXV7025DP di Freescale/NXP. Si tratta di un sensore di pressione differenziale che fornisce una tensione analogica proporzionale alla differenza di pressione applicata al sensore. In **Figura 8** è riportato

lo schema elettrico che indica come debba essere collegato il sensore, affinché esso funzioni correttamente.

IL MICROCONTROLLORE

Il microcontrollore svolge un ruolo fondamentale nel progetto, con funzioni fondamentali come il **campionamento** e la **conversione** del segnale proveniente dal sensore di pressione, il **calcolo** dei parametri spirometrici, e l'**invio dei dati** verso il computer host per la visualizzazione. I microcontrollori **Freescale/NXP** impiegati nel progetto sono il Kinetis K50, l'MCF51MM256, e il MC9S08MM128.

Il microcontrollore **Kinetis K50** include le seguenti **funzionalità e caratteristiche**:

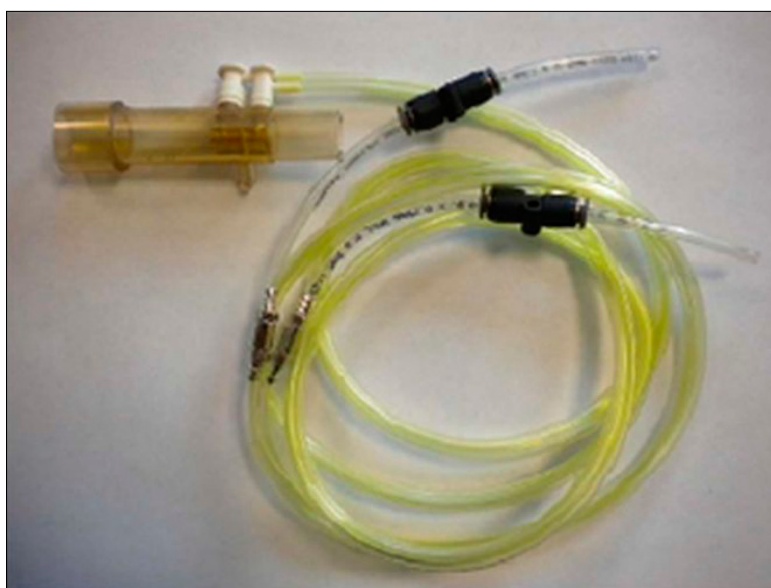


Figura 7: il boccaglio

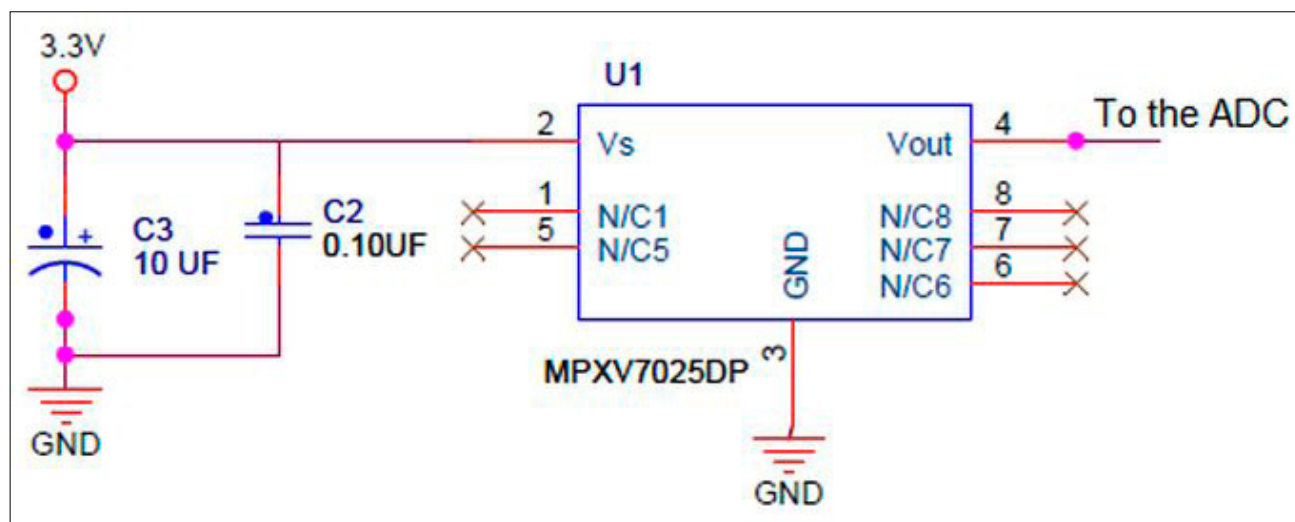


Figura 8: collegamento del sensore

- funzionamento ultra low-power;
- 2x OPAMP;
- 2x TRIAMP;
- 2x 12-bit DAC;
- 2x 16-bit SAR ADC, fino a 31 canali con amplificatori a guadagno programmabile (PGA);
- Programmable Delay Block (PDB);
- I2C;
- Connettività USB;
- Core ARM Cortex-M4 con istruzioni per DSP (Digital Signal Processor).

Le principali **caratteristiche tecniche** dei microcontrollori della serie **Flexis MM** (MCF51MM256 e MC9S08MM128) sono le seguenti:

- Core ColdFire V1 e HCS08, rispettivamente;
- Funzionamento ultra low-power;
- 2 amplificatori operazionali (OPAMP);
- 2 amplificatori a transimpedenza (TRIAMP);
- ADC SAR a 16-bit, 4 canali differenziali e fino a 12 canali esterni single-ended;
- DAC a 12-bit;
- Programmable Delay Block (PDB);
- Inter-integrated circuit (I2C);
- Connettività Universal Serial Bus (USB);
- Multiply-Accumulate Unit (MAC solo nel MCF51MM).

Le **attività** assegnate a questo **microcontrollore** sono le seguenti:

- acquisire i campioni e convertire le tensioni analogiche del sensore di pressione in valori digitali utilizzando il convertitore **ADC** interno;
- gestire le richieste provenienti dal PC host trami-

te il canale di comunicazione USB, ed eseguire lo start e stop della misura;

- quantificare e rilevare lo stato corrente della respirazione, determinando se il paziente sta inalando oppure espellendo l'aria, e verificare i limiti in cui la misura deve essere sospesa o interrotta;
- eseguire il calcolo dei parametri spirometrici, inviando sia il volume che la portata al PC host, in modo tale che essi possano essere visualizzati in formato grafico sullo schermo;
- inviare i risultati finali da visualizzare sull'interfaccia grafica.

IL SOFTWARE

Il software del progetto è basato su una **macchina a stati**, stimolata dagli eventi generati da un **timer** e dai **messaggi** provenienti dal canale di comunicazione **USB** con l'host. Lo schema a blocchi è visualizzato in **Figura 9**.

LO STACK USB FREESCALE/NXP

Freescale/NXP mette a disposizione degli sviluppatori una soluzione che permette la comunicazione tra un microcontrollore e un PC host, utilizzando come canale di comunicazione l'interfaccia USB. Questa soluzione, nata inizialmente per le applicazioni biomedicali, rappresenta lo **stack USB** di Freescale/NXP con la *personal healthcare device class* (PHDC), in grado di consentire la comunicazione tra i dispositivi biomedicali e un PC. Nella nostra specifica applicazione, il microcontrollore si comporta come un *communication device class* (CDC), mentre l'interfaccia grafica (GUI) installata sul computer permette di controllare lo spirometro tramite uno scam-

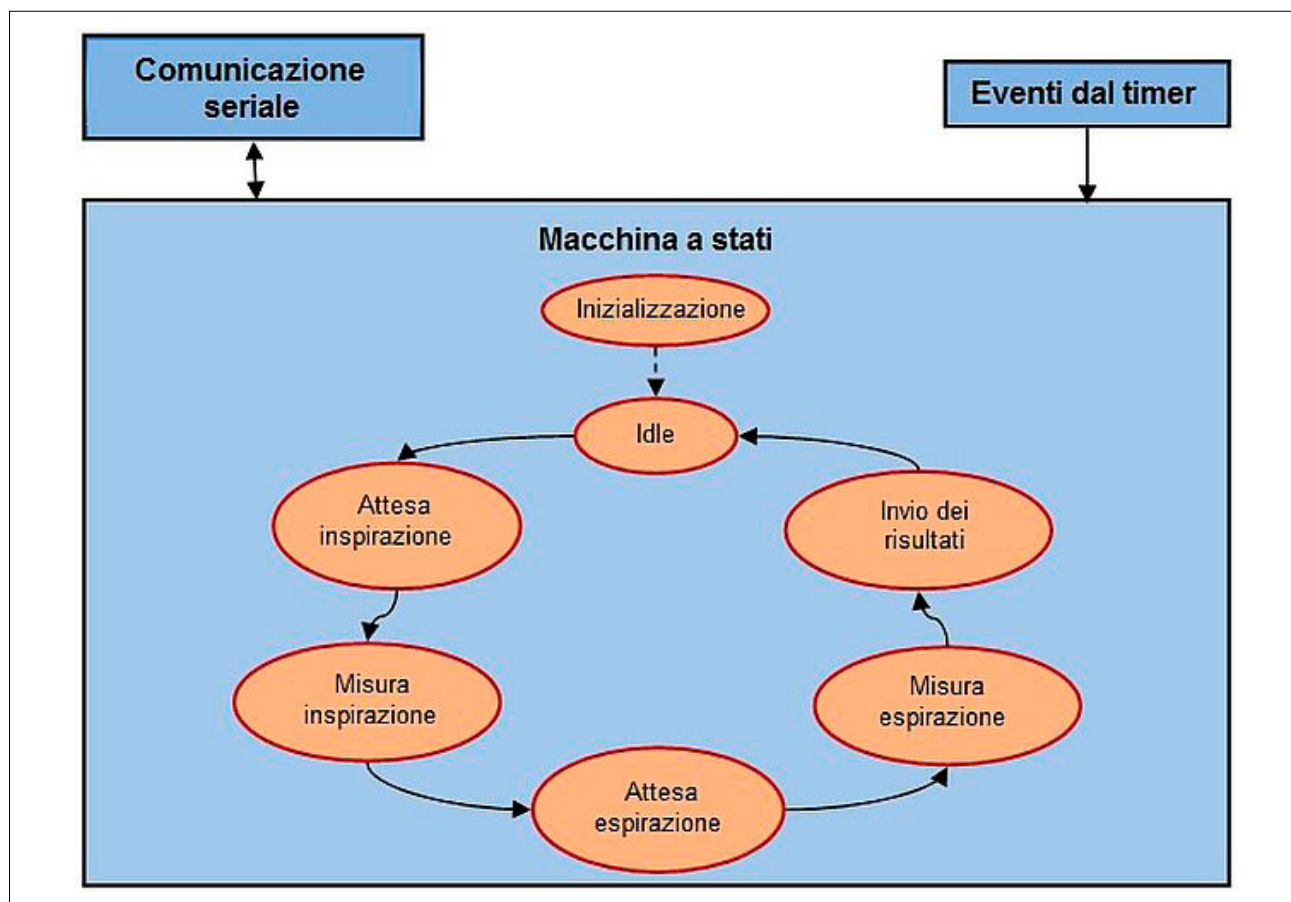


Figura 9: schema a blocchi del software

bio di transazioni (o pacchetti).

I **tre tipi principali di pacchetti** utilizzati sono i seguenti:

- pacchetto **REQ** – il PC invia un pacchetto REQUEST per comandare sia l'inizio che il completamento di una misura;
- pacchetto **CFM** – non appena riceve un pacchetto REQ, il dispositivo invia un pacchetto CONFIRMATION al PC, per notificare che il comando ricevuto è valido, oppure che si è verificato un errore;
- pacchetto **IND** – questo pacchetto viene inviato dal dispositivo al PC ogni volta che i dati da visualizzare sono pronti. I dati (i risultati della misura) sono inclusi nel pacchetto stesso.

INIZIALIZZAZIONE DELLO SPIROMETRO

In questa fase occorre **inizializzare e configurare** opportunamente alcune **periferiche** del microcontrollore. Le **operazioni** da eseguire sono le seguenti:

- inizializzazione dei registri della MCU e del clock generator;
- abilitazione AFE;

- inizializzazione del PDB;
- inizializzazione delle variabili che identificano lo stato corrente;
- creazione di un timer software;
- inizializzazione dell'ADC;
- attivazione del timer.

FREQUENZA E PROCESSO DI CAMPIONAMENTO

La frequenza di campionamento prescelta per l'applicazione dello spirometro è di **100 Hz**: il segnale proveniente dal sensore di pressione viene perciò campionato ogni **10 ms**. Il periodo di campionamento viene impostato utilizzando il modulo **PDB** (acronimo di Programmable Delay Block) del microcontrollore. Il PDB viene configurato in modo tale da generare un interrupt ogni millisecondo. Nella routine di risposta all'interrupt (ISR) viene incrementata una variabile contatore ad ogni interrupt. Un task periodico, agganciato al timer software, verifica ad ogni attivazione se la variabile contatore ha raggiunto il valore di soglia selezionato (10). In caso affermativo, la variabile contatore viene azzerata, e viene eseguito il campionamento di un nuovo valore dal sensore (con

conseguente restart del timer software).

LA MACCHINA A STATI

Con riferimento alla **Figura 9** già vista in precedenza, possiamo identificare i seguenti stati appartenenti alla macchina a stati.

INIZIALIZZAZIONE

E' Il primo stato della macchina ad essere eseguito. All'ingresso in questo stato vi è un periodo di inattività del sistema della durata di **50 ms**, necessario affinché il sensore di pressione esegua l'opportuno **warm-up**. I successivi **19 campioni** provenienti dal sensore di pressione sono inoltre ignorati, in modo tale da stabilizzare il processo di calcolo dell'offset medio utilizzato per filtrare la conversione A/D. I successivi **200 campioni** vengono proprio utilizzati per calcolare l'offset medio. Occorre osservare come questo stato venga eseguito una volta sola, dopo ogni accensione del sistema, ma il valore di offset viene mantenuto e utilizzato dopo ogni start della misura. All'uscita da questo stato, la macchina si porta automaticamente nello stato *Idle*, e l'AFE viene disabilitata.

IDLE

In questo stato il sistema non esegue alcuna azione particolare, attende semplicemente dal PC una **richiesta di start** di una nuova misura spirometrica.

ATTESA INSPIRAZIONE

Se nello *Idle* si riceve dal PC host una richiesta di start di una nuova misura, il dispositivo esegue una transizione di stato e si porta nello stato *Attesa Inspirazione*. In questo stato, il microcontrollore controlla continuamente il valore del segnale, confrontandolo con un valore di soglia per determinare se il paziente ha iniziato la fase di inspirazione. Se il valore proveniente dal sensore è inferiore al valore di soglia di inspirazione, la macchina a stati si porta nello stato *Misura Inspirazione*. Anche in questo stato, come nella inizializzazione, vengono ignorati alcuni dei primi campioni in modo tale da aspettare che il sistema si sia stabilizzato.

MISURA INSPIRAZIONE

Questo stato corrisponde alla fase in cui il paziente sta inspirando l'aria nei polmoni. Per ogni nuovo campione proveniente dal sensore, il microcontrollore calcola e aggiorna i parametri spirometrici, inclusa la portata e il volume. Tali valori sono poi inviati al PC tramite la linea di comunicazione USB. Il valore proveniente dal convertitore analogico-digitale viene continuamente confronta-

to con un valore di soglia in modo tale da determinare quando l'inspirazione è completata. Quando ciò si verifica (il paziente non sta più espirando), la macchina a stati evolve nel nuovo stato di *Attesa Espirazione*.

ATTESA ESPIRAZIONE

In questo stato si attende che il segnale proveniente dal sensore raggiunga una soglia di espirazione. Quando ciò si verifica, si indica alla GUI (il programma in esecuzione sul PC) che i successivi pacchetti dati contengono i valori di espirazione, e la macchina a stati evolve nello stato di *Misura Espirazione*. I risultati della misura spirometrica, per il momento, non vengono ancora trasferiti al PC.

MISURA ESPIRAZIONE

Lo stato di *Misura Espirazione* è analogo allo stato di *Misura Inspirazione*. Il microcontrollore calcola i parametri di espirazione, preparando i dati da trasmettere all'host e monitorando continuamente il segnale per determinare quando il paziente non sta più espirando. Quando ciò si verifica, la macchina a stati evolve verso lo stato di *Invio dei risultati*. Nello stato di *Misura espirazione*, il sistema provvede anche a inviare i dati spirometrici al PC tramite interfaccia USB.

INVIO DEI RISULTATI

In questo stato vengono preparati i risultati del test prodotti dalle routine di calcolo, dopodiché viene *generato un evento* per inviare tali dati al computer. Successivamente, si provvede ad eseguire lo stop del timer, si imposta il nuovo stato ad *Idle*, e si spegne la board.

CONCLUSIONI

Abbiamo visto in questo articolo come sia possibile realizzare un progetto dimostrativo in grado di eseguire egregiamente le funzioni di uno spirometro. La combinazione hardware e software permetterà di offrire una corretta interpretazione di base della spirometria, così come una attenta valutazione della qualità dell'esame spirometrico.

RIFERIMENTI

- "Spirometer Demo with Freescale Microcontrollers" Freescale/NXP AN4325

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/considerazioni-di-design-per-la-realizzazione-di-uno-spirometro>

Convertitori AC/DC per l'IoT e Smart Home

di Maurizio Di Paolo Emilio

*I sistemi IoT consistono in un gran numero di nodi collegati tra di loro, il tutto rappresentando, di fatto, una infrastruttura di sensori e attuatori intelligenti che devono lavorare a stretto contatto con alimentatori efficienti. La **Recom** ha realizzato una serie di convertitori AC/DC in piccoli package per offrire la miglior efficienza del settore.*

INTRODUZIONE

Migliaia di sensori sono alimentati con intelligenza embedded con l'obiettivo di sostenere la **rapida crescita dell'IoT**. L'impatto significativo sul consumo mondiale di energia da questi prodotti "sempre connessi" ha determinato la necessità di convertitori di potenza compatti e altamente efficienti, con un consumo di energia in modalità standby decisamente basso. **Recom offre un'ampia gamma di soluzioni per alimentare in modo più efficiente i dispositivi Smart Home e Building Automation.** Essi integrano circuiti di controllo e protezione su un solo chip; consentendo ai clienti di progettare soluzioni a basso numero di componenti con tempi di vendita estremamente rapidi. La maggior parte degli apparecchi e dispositivi all'interno di una home lavora su DC e le conversioni da AC a DC che devono essere eseguite richiedono driver hardware aggiuntivo, con perdita di energia a causa di queste conversioni. Le case intelligenti e gli smart office necessitano di sistemi di controllo a maglie con molti nodi, attuatori e sensori a bassa potenza "sempre in funzione". Per soddisfare queste esigenze emergenti, RECOM compie un grande passo in avanti nel completare la sua serie RAC a bassa potenza con nuovi convertitori a basso costo con certificazione EN60335.

CARATTERISTICHE

La serie **RAC05-K** di Recom rappresenta un insieme di convertitori AC/DC appositamente designati per l'automazione industriale e le varie soluzioni che coinvolgono tutto il paesaggio IoT. Non sono necessari componenti addizionali esterni con un consumo minimo di soli 75 mW. Le tensioni di uscita di serie sono 3.3, 5, 12, 15 e 24 VDC con potenza sufficiente per il funzionamento di relé, gateway di dati e nodi di automazione. **Un intervallo di tensioni d'ingresso di alimentazione universale da 85 VAC a 264 VAC rende la serie perfettamente utilizzabile in tutto il mondo.** L'intervallo di temperatu-

ra è compreso tra -25 °C e +50 °C, con protezione da sovratensioni di uscita e cortocircuiti. La serie RAC05-K è certificata, completamente conforme a UL/IEC/EN 60950-1 e UL/IEC/EN 62368-1 con report CB (figura 1).

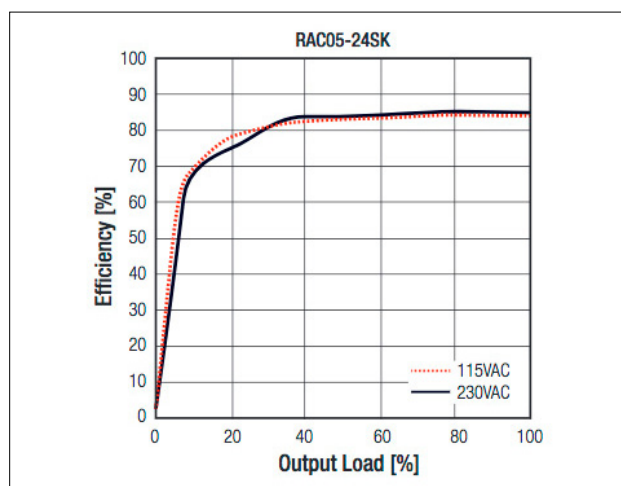


Figura 1: efficienza del dispositivo RAC05-24SK

Per soddisfare le esigenze dei protocolli di controllo negli ambienti smart home, Recom ha sviluppato nuovi convertitori a basso costo con certificazione EN 60335 per uso domestico. Le serie **RAC01-G** (1 watt) e **RAC02-G** (2 watt) sono state realizzate appositamente per alimentare in modo continuo ed efficiente infrastrutture di smart building. L'ampio intervallo di tensione di ingresso da 100 VAC a 240 VAC permette un vasto campo di applicazione in tutto il mondo, con uscite standard di 5 e 12 V. **Il tipico consumo di potenza è di 180 mW (nessun carico)**, particolarmente adatto nelle applicazioni dove **il risparmio energetico è un requisito di design fondamentale**. Tutti i moduli sono certificati conformi a EN 60950 ed EN 62368, con certificazioni EN 55022 classe A (RAC-GA) e classe B (RAC-GB) senza componenti addizionali. Il dispositivo della serie RAC01/2-G opera su un intervallo di temperatura di -25°C - +80°C, con protezione da cortocircuiti e sovracorrenti (figura 2).

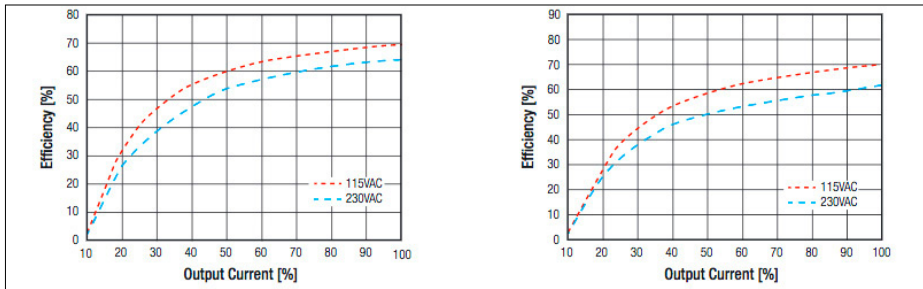


Figura 2: efficienza di carico per RAC01-05SGB e RAC01-12SGB

Part Number	Input Range (VAC)	Output Voltage (VDC)	Output Current (mA)	Efficiency (%)	Max Capacitive Load ⁽¹⁺²⁾
RAC03-3.3SC	80-264	3.3	900	67	6800µF
RAC03-3.8SC	80-264	3.8	900	67	6800µF
RAC03-05SC	80-264	5	600	72	4000µF
RAC03-09SC	80-264	9	333	76	3000µF
RAC03-12SC	80-264	12	250	76	680µF
RAC03-15SC	80-264	15	200	76	470µF
RAC03-24SC	80-264	24	125	78	200µF

Figura 3: elenco delle parti relativamente alla serie RAC-03

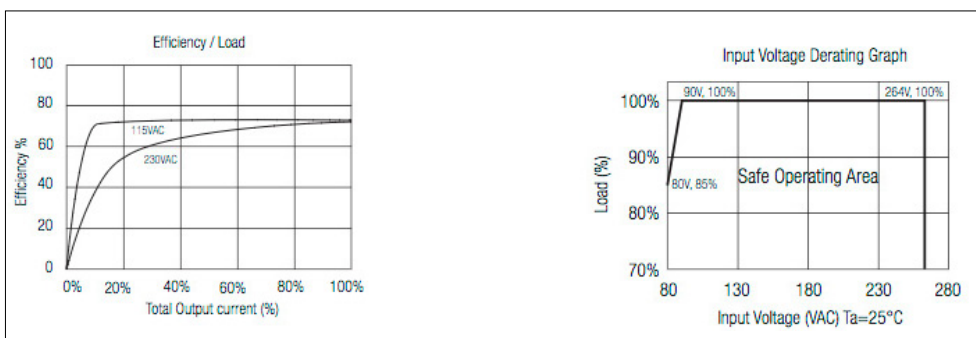


Figura 4: caratteristiche di efficienza e carico per RAC03-05SC

Le serie a più alta potenza, **RAC03-G** e **RAC04-G**, sono state realizzate per alimentare infrastrutture di smart home in modo continuo ed efficiente. L'alta efficienza e il basso consumo di 75 mW lo rendono ideali nelle applicazioni low-power. Le loro tensioni di uscita di serie sono di 3.3, 5, 12, 15 e 24; con un intervallo di tensione d'ingresso universale da 85 VAC a 305 VAC. Le serie sono certificate classe A (RAC-GA) o B (RAC-GB) ai sensi di EN 55022 senza la necessità di componenti addizionali, e sono conformi a EN 60950 ed EN 62368 (figura 3 e 4).

CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI

L'Internet delle cose (IoT) è un termine che copre molti gruppi di concetti connessi, ma in sostanza questi concetti condividono le seguenti caratteristiche: intelligenza distribuita, sensori/attuatori multipli e controllo decentralizzato. In pratica, IoT significa che certi spazi,

ambienti o oggetti, possono essere "intelligenti" **incorporando sensori che possono comunicare tra loro in modo intelligente**. Gli esempi di IoT includono gli uffici che si adattano ai livelli di luce ambientale o alla presenza umana, macchine che controllano la propria salute o le case che apprendono le nostre routine quotidiane per risparmiare automaticamente l'energia senza compromettere il nostro comfort. **Tutte queste nuove tecnologie hanno bisogno di potenza: alimentazioni ad alta efficienza e bassi consumi di corrente alternata AC / DC** che possono essere utilizzati in un ufficio intel-

ligente con centinaia di sensori, regolatori di commutazione, alimentatori DC / DC isolati a basso costo per canali di ingresso multipli o un convertitore di spinta di tensione di ingresso molto ridotto per generare un utile alimentatore da una sola cella di batteria. Non tutte le soluzioni

di alimentazioni sono adatte ad una applicazione IoT. Devono essere altamente efficienti sia a basso che a pieno carico, deve esserci risparmio sullo spazio, devono essere affidabili e, soprattutto, devono essere convenienti in quanto saranno onnipresenti come i sensori, i processori e gli attuatori.

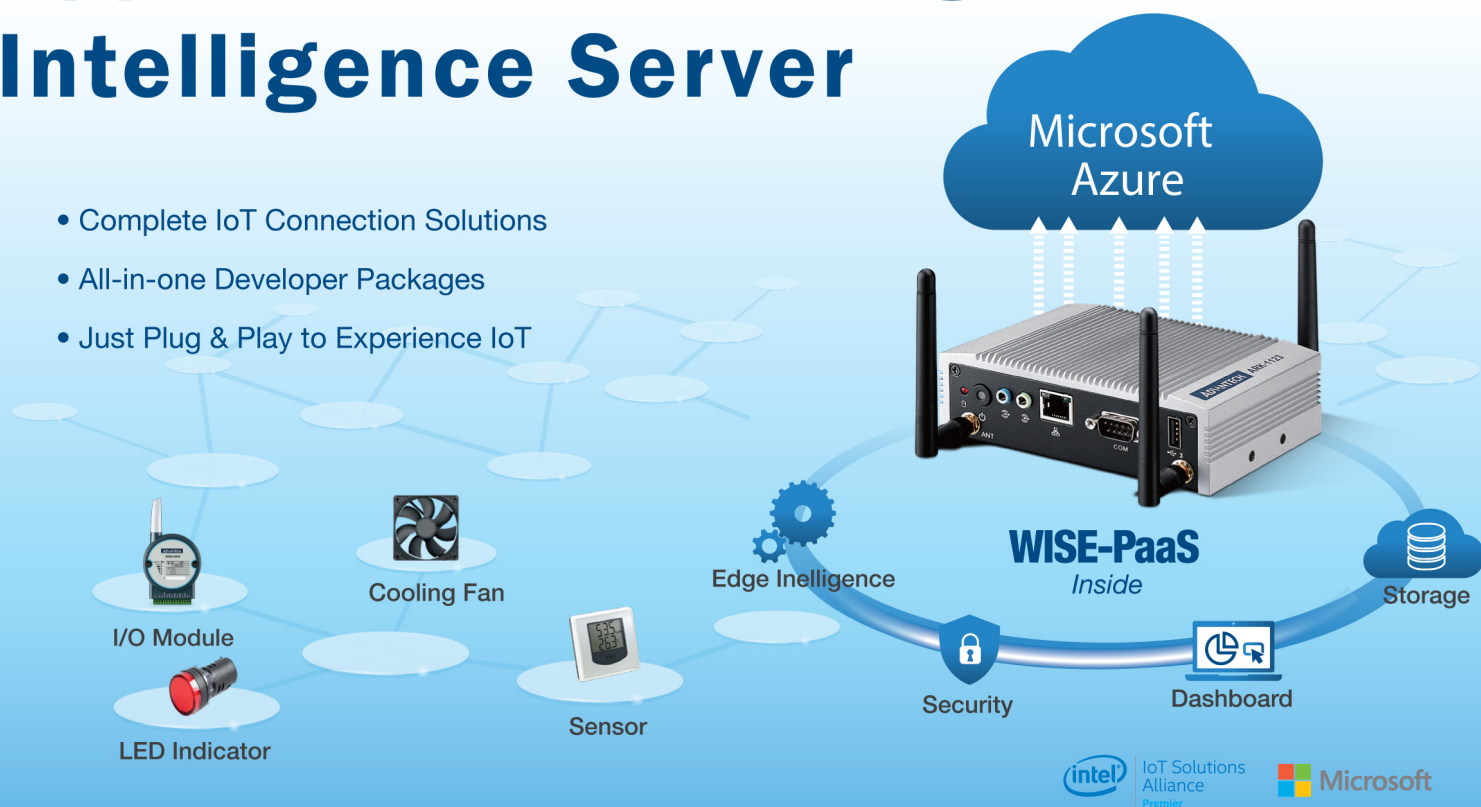
RECOM

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/convertitori-acdc-per-iiot-e-smart-home>

Building Up Edge-to-Cloud Applications with Edge Intelligence Server

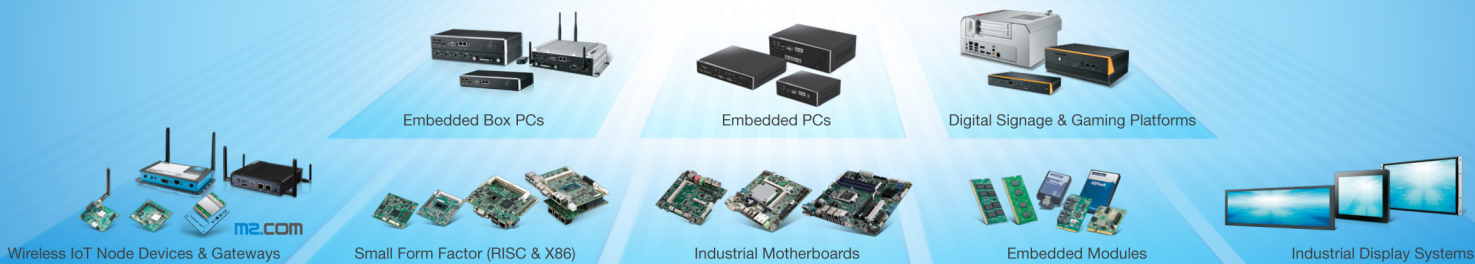
- Complete IoT Connection Solutions
- All-in-one Developer Packages
- Just Plug & Play to Experience IoT



ASK OUR EXPERTS AND CONTACT US: CHIARA.GEROLI@ADVANTECH.IT
WE OFFER ONE DAY FREE TRAINING WITH THE PURCHASE OF AN EIS-DK10 STARTER KIT.

WISE-PaaS

WISE-PaaS/RMM WISE-PaaS/Security WISE-PaaS/OTA WebAccess/SCADA WebAccess/IMM WebAccess/IVS WebAccess/NMS



ADVANTECH

www.advantech.eu



ONE DAY FREE
TRAINING
for EIS-DK10 kit

Considerazioni progettuali per un efficiente convertitore DC-DC

di **Fulvio De Santis**

Mediante un'accurata selezione della componentistica e della frequenza di switching di un controllore PWM è possibile ottenere alte prestazioni da convertitori DC-DC, specialmente laddove occorrono alte tensioni di polarizzazione di diodi ad effetto valanga (APDs). Infatti, un semplice induttore ed un transistor di commutazione sono sufficienti per realizzare un ottimo efficiente convertitore DC-DC. L'obiettivo di questo articolo è di descrivere come selezionare induttore, frequenza di switching e componentistica accessoria per l'ottenimento della massima efficienza di un convertitore DC-DC.

INTRODUZIONE

La caratteristica di generatore di impulsi PWM viene utilizzata in un convertitore boost DC-DC per controllarne la generazione di tensioni molto elevate. Una tipica applicazione è quella di generare un'alta tensione di polarizzazione dei diodi ad effetto valanga APDs. Questo si traduce in una sorta di alimentatore switching per alte tensioni in quanto il convertitore DC-DC deve funzionare in **fasi di commutazione ON-OFF**. Nella figura 1 viene riportato lo schema teorico di principio di funzionamento del convertitore di tensione modulato da un controllore PWM.

FUNZIONAMENTO DEL CONVERTITORE BOOST

In figura 1 viene riportato uno schema di esempio relativamente ad un convertitore DC-DC controllato dal DS185. Il segnale del controllore PWM viene applicato al FET di commutazione Q1. Durante lo stato di ON dell'impulso, Q1 va in conduzione, la tensione V_L si porta 0 V e la tensione V_{IN} si trova applicata ai capi dell'induttore L1. Da questo momento inizia la fase di carica dell'induttore, ovvero inizia a fluire corrente attraverso il FET in conduzione Q1. Essendo la tensione applicata V_{IN} continua, l'andamento della corrente di carica

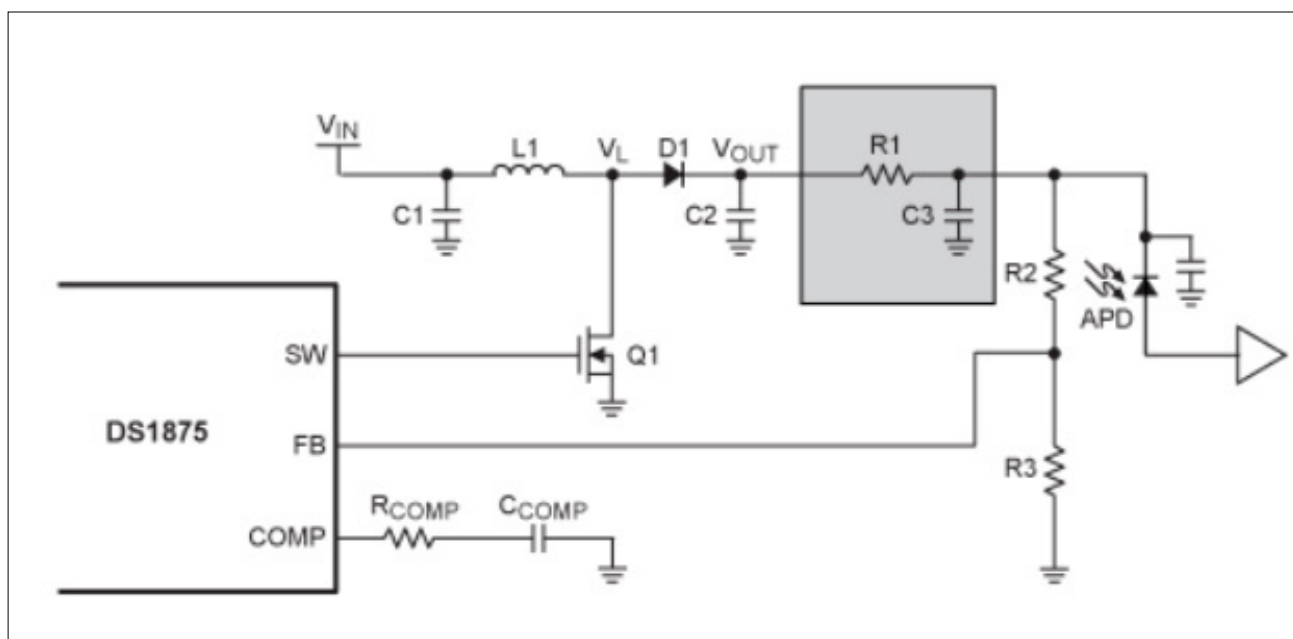


Figura 1: schema del convertitore DC-DC controllato dal DS1875

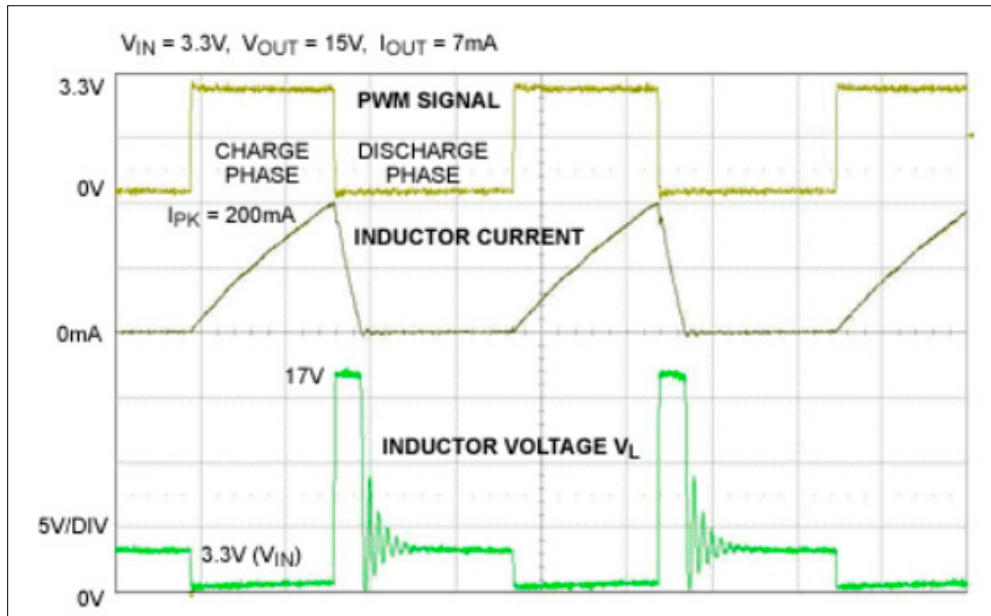


Figura 2: fasi di carica e scarica dell'induttore

nell'induttore è di tipo lineare. Il diodo D1 è necessario per evitare che il condensatore C2 si scarichi attraverso Q1. In figura 2 si possono osservare le fasi di carica e scarica dell'induttore.

Quindi la corrente nell'induttore cresce linearmente durante l'impulso di ON del controllore PWM fino a raggiungere il valore della corrente di picco I_{PK} . Dall'elettrotecnica sappiamo che la corrente in un induttore è data dall'equazione:

$$\frac{di}{dt} = \frac{V_L}{L}$$

Durante la fase di carica, l'energia immagazzinata nell'induttore è data da:

$$E = \frac{1}{2} (L I_{PK}^2)$$

La corrente di picco I_{PK} è la corrente massima nell'induttore alla fine della fase di carica, immediatamente prima del fronte di discesa OFF dell'impulso PWM; la corrente I_{PK} può essere calcolata mediante la formula:

$$I_{PK} = \frac{(V_{IN} D T)}{L}$$

dove D è il duty cycle e T è il periodo del segnale PWM.

Sostituendo poi la corrente di picco nella formula dell'energia E, si ottiene:

$$E = \frac{(V_{IN}^2 D^2 T^2)}{2L}$$

Osservando ancora la figura 2, terminata la fase di carica nell'induttore corrispondente allo stato di ON dell'impulso PWM, il fronte di discesa dell'impulso provoca la rapida interdizione del FET Q1 e contemporaneamente viene generata una extra tensione V_L , con conseguente inizio della fase di scarica dell'induttore attraverso il diodo D1 in conduzione grazie alla maggiore tensione V_L rispetto alla tensione V_{OUT} . L'induttore può quindi iniziare a trasferire l'energia accumulata durante la fase di carica verso il condensatore C2 che a sua volta caricandosi acquisisce gradualmente l'energia dall'induttore. L'andamento della corrente nell'induttore nella fase di scarica ha un andamento decrescente fino a zero, conseguentemente, non fluendo più corrente nell'induttore, non è più sostenibile la tensione V_L che alla fine si porta al valore della tensione di ingresso V_{IN} .

La corrente di scarica viene questa volta così calcolata:

$$\frac{di}{dt} = \frac{(V_{IN} - V_L)}{L}$$

LA VALUTAZIONE DELL'EFFICIENZA DI UN CONVERTITORE DC-DC

Nella valutazione dell'efficienza di un convertitore DC-

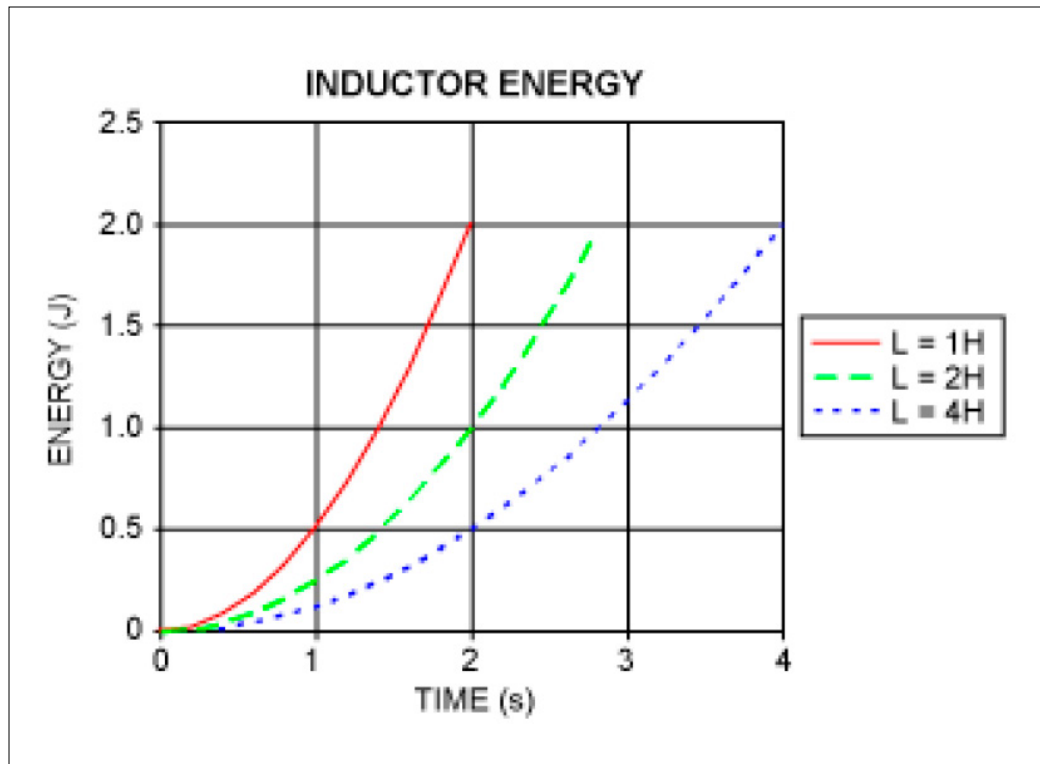


Figura 3: energia in un induttore con tensione applicata di 1 V

DC assumono un ruolo fondamentale le perdite di sistema che contribuiscono sensibilmente alla riduzione di efficienza. Fondamentalmente sono due tipologie che interessano l'analisi delle perdite di sistema: perdite dovute alla corrente di picco nell'induttore e perdite cosiddette di switching conseguenti alle fasi di carica e scarica del circuito convertitore. Riguardo le perdite dovute alla corrente di picco nell'induttore, si possono individuare **due elementi di perdita, uno relativo alla resistenza drain-source del FET di commutazione ON-OFF durante la conduzione, l'altro che riguarda la resistenza in continua dell'induttore**; avviene allora che durante la fase di carica dell'induttore, queste due resistenze si sommano in serie all'induttore dando luogo al consumo di potenza in ingresso ed ad una diminuzione della tensione ai capi dell'induttore. Durante la fase di scarica dell'induttore inoltre, avviene una perdita di potenza proporzionale alla corrente di scarica. Le perdite di switching, ovvero dinamiche, sono essenzialmente causate dagli effetti capacitivi del circuito. In particolare, occorre considerare le capacità parassite drain-source di commutazione del FET e del diodo. Un'altra tipologia di perdita è quella di energia causata dalle perdite nel nucleo dell'induttore direttamente proporzionali alla frequenza di switching; ad un aumento di frequenza infatti segue un aumento delle perdite nel nucleo dell'induttore. Questo tipo di perdite è dovuto al materiale e alla

dimensione del nucleo.

COME MINIMIZZARE LE PERDITE DI EFFICIENZA

L'ottimizzazione della riduzione di perdite di energia si ottiene attraverso la riduzione degli elementi parassiti mediante un'accurata scelta della componentistica e un'attenta progettazione del circuito stampato. Un metodo per aumentare l'efficienza è quello di ridurre la corrente fluente nell'induttore attraverso la riduzione delle perdite resistive dovute ai componenti attivi e all'induttore. Quindi la corrente può essere ridotta aumentando la dimensione dell'induttore, ma anche incrementando il duty-cycle. Nella figura 3 è riportato il grafico "tempo di carica vs energia" per valori dell'induttore di 1, 2, 4 H a cui viene applicata la tensione di 1 V. Si può osservare che con un tempo doppio di carica, o doppio duty-cycle, l'induttore di 4 H raggiunge la stessa energia di 2 Joule come l'induttore da 1 H.

Nel grafico di figura 4 sono rappresentati gli stessi induttori di figura 3 caricati fino alla energia di 2 J. Si può osservare che la corrente che fluisce nell'induttore di 4 H, con lo stesso duty-cycle, è pari a 1 A, mentre la corrente nell'induttore di 1 H è pari a 2 A. Ciò dimostra e conferma con dati sperimentali che aumentando il valore dell'induttore e incrementando il duty-cycle si ottiene una **significativa riduzione di corrente nell'induttore**

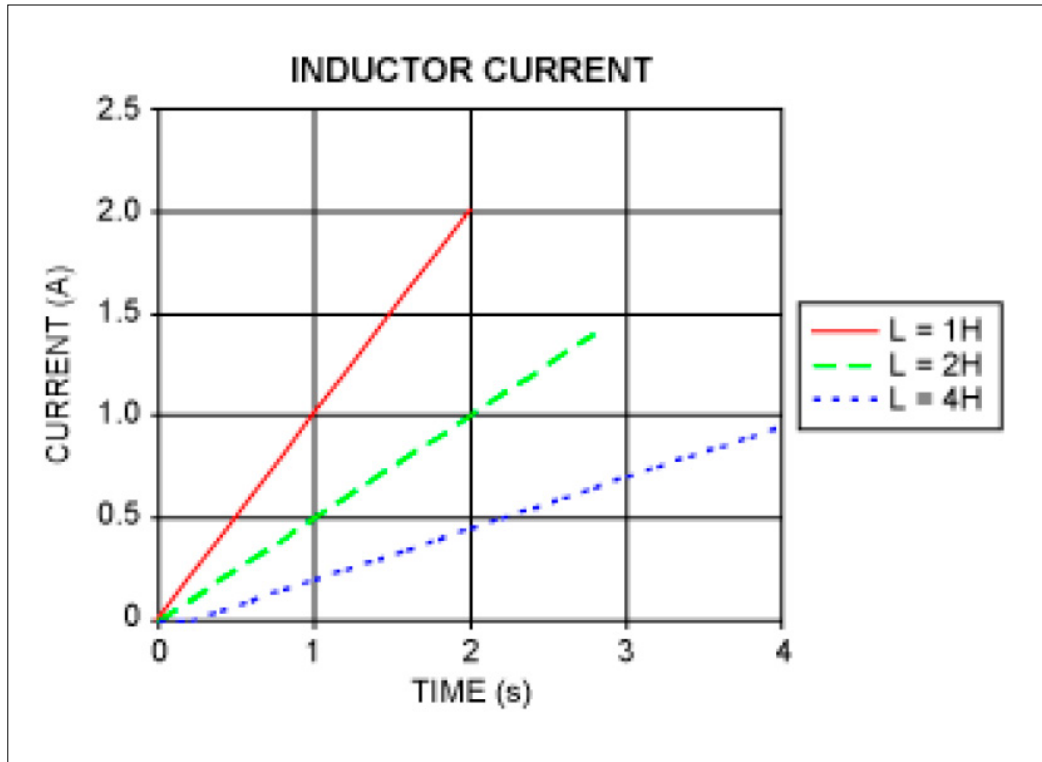


Figura 4: corrente nell'induttore in funzione del duty-cycle per diversi valori di induttanza

e conseguentemente una minore perdita di efficienza del sistema convertitore DC-DC.

Un altro metodo per aumentare l'efficienza di un convertitore DC-DC è quello di ridurre le perdite switching. In questo tipo di perdite non influisce assolutamente la corrente che fluisce a sua volta nell'induttore ma esse sono direttamente proporzionali alla frequenza di switching, ovvero, più alta è la frequenza più alto è l'effetto delle capacità parassite del circuito. Sembrerebbe allora opportuno scegliere il più lungo periodo di switching ma, come si è visto dall'analisi dei grafici delle figure 3 e 4, ciò comporterebbe la scelta di un induttore di valore più alto che avrebbe anche un più alto valore di resistenza in continua. **Ciò significa che deve essere valutato il giusto compromes-**

so fra la riduzione della frequenza di switching e la scelta del valore dell'induttore. Nella figura 5 viene riportato il grafico dell'efficienza in funzione della corrente di carico di un convertitore DC-DC controllato dal generatore PWM per due diversi valori di induttori operanti con due diverse frequenze di switching. Nel grafico si

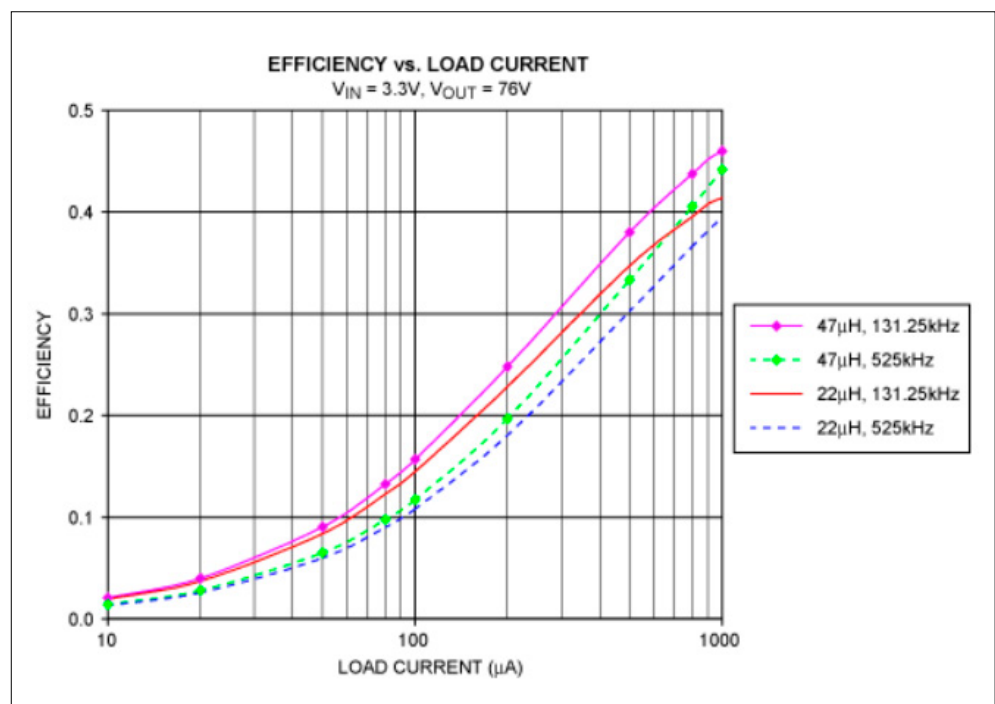


Figura 5: efficienza di un convertitore DC-DC per la generazione di una tensione di 76 V da 3,3 V

Valore dell'induttore (μH)	Corrente (mA)	Resistenza in continua (ohm)	Dimensione package (mils)
47	390	0,67	1210
22	175	0,44	1007

Tabella 1: Induttori e Parametri

dimostra che un più alto valore dell'induttore e del duty-cycle, unitamente ad una alta frequenza di switching, garantisce una maggiore efficienza, ma anche, si dimostra ancora, un'alta efficienza utilizzando una bassa frequenza di switching, in quanto si ridurrebbero le perdite di switching.

I risultati riportati nei grafici sono tratti da un esempio di convertitore DC-DC impiegante il FET a Canale N BSSS123 e un diodo 1N4148. Nella tabella 1 sono indicati gli induttori utilizzati e i parametri di test.

LA SELEZIONE DELL'INDUTTORE, DEL DUTY CYCLE E DEL PERIODO T

Come nel progetto di un semplice alimentatore, anche nel convertitore boost si devono determinare le specifiche di progetto di base, cioè la tensione in uscita che si desidera e la corrente di carico prevista. Inoltre, considerando le perdite che può subire il convertitore, occorre prevedere che il convertitore possa fornire un'energia più alta di quella effettivamente necessaria. L'energia richiesta in un periodo viene così calcolata:

$$E = \frac{(V_{\text{OUT}} I_{\text{OUT}} T)}{\eta}$$

in cui η rappresenta l'efficienza del convertitore.

Consideriamo di eguagliare l'energia di ingresso con quella di uscita, quindi:

$$\frac{(V_{\text{IN}}^2 D^2 T^2)}{2L} = \frac{(V_{\text{OUT}} I_{\text{OUT}} T)}{\eta}$$

da cui sarà possibile ricavare il valore dell'induttore:

$$L = \frac{(V_{\text{IN}}^2 D^2 T \eta)}{(2V_{\text{OUT}} I_{\text{OUT}})}$$

Una buona efficienza di un convertitore DC-DC si ritiene possa essere compresa fra 0,4 e 0,75. Nella selezione

di un induttore, duty-cycle e periodo di switching, deve essere tenuto inizialmente in considerazione la possibilità di scegliere un duty-cycle più grande possibile. Il controllore PWM può arrivare ad un teorico duty-cycle del 90%, quindi, con opportuni accorgimenti ed impostazioni del circuito convertitore, è possibile

raggiungere un valore fra l'80% e l'85%. Anche il periodo dovrebbe essere scelto più lungo possibile poiché bassi valori di frequenza di switching comportano basse perdite di switching ma, come detto precedentemente, occorre effettuare una accurata analisi nella selezione di questi parametri per un giusto compromesso fra il più alto valore dell'induttore e la frequenza di switching.

UN ESEMPIO DI PROGETTO DI UN CONVERTITORE DC-DC

Partendo dalle specifiche riportate nella tabella 2, iniziamo un esempio di progetto di un tipico convertitore DC-DC calcolando il valore dell'induttore mediante la formula vista precedentemente:

$$L = \frac{(V_{\text{IN}}^2 D^2 T \eta)}{(2V_{\text{OUT}} I_{\text{OUT}})}$$

Sostituendo i valori della tabella 2 nella formula per il calcolo dell'induttanza, si ottiene il valore di 17,5 μH , quindi viene scelto il valore standard di 15 μH . Nella tabella 3 sono riportati i parametri di configurazione relativi ad un comune convertitore DC-DC.

I valori riportati nella tabella 3 sono ricavati considerando un'efficienza del 50% con l'obiettivo di un duty-cycle dell'80%.

LA SELEZIONE DEL DIODO

Nella scelta del diodo è necessario considerare **quattro** parametri:

- la tensione inversa di breakdown;
- la massima corrente diretta;
- la più bassa tensione diretta in conduzione per la minima perdita di potenza (diodi Schottky);
- la più alta velocità di commutazione, ovvero il più basso reverse-recovery time.

LA SELEZIONE DELL'INDUTTORE

Per l'ottimale scelta dell'induttore occorre considerare tre fondamentali elementi:

- la corrente di saturazione che deve essere suffi-

Requisiti	Valori iniziali
$V_{in}=3,3V$	$D=80\%$
$V_{out}=76V$	$T=1/262,5Khz$
$I_{out}=5mA$	$\eta=0,5$

Tabella 2: requisiti di progetto del convertitore DC-DC

V_{in} (V)	V_{out} (V)	I_{out} (mA)	Frequenza di Switching (Khz)	Induttore (μH)
3,3	76	5	262,5	15
3,3	38	5	525	15
12	76	5	1050	56

Tabella 3: configurazione di un convertitore DC-DC con DS1875

cientemente più alta della massima corrente che fluisce nell'induttore;

- la resistenza in continua dell'induttore;
- la dimensione fisica dell'induttore.

LA SELEZIONE DEL FET

Il FET deve essere in grado di sopportare la tensione drain-source durante la scarica dell'induttore, inoltre la **corrente di drain massima deve essere più grande della corrente di picco che attraversa l'induttore**. Per la minimizzazione delle perdite di switching, il FET deve avere bassi valori di capacità gate-source e drain-source.

LA SELEZIONE DEL FILTRO DEL RIPPLE

Il filtro R1-C3 riportato nello schema di figura 1 viene utilizzato per ridurre il ripple di tensione che si genera durante le fasi di carica e di scarica dell'induttore. Nei datasheet di solito viene indicato come selezionare il valore dei componenti.

IL LAYOUT DEL CIRCUITO STAMPATO

Particolare importanza riveste la cura nella progettazione del circuito stampato del convertitore DC-DC. Gli effetti di capacità parassite generate dalla cattiva realizzazione del circuito stampato possono creare rilevanti **perdite di switching con relativa perdita di efficienza del convertitore**.

CONCLUSIONI

Nella progettazione di convertitori DC-DC concorrono molti fattori nella determinazione dei corretti valori della componentistica relativa. Inoltre, occorre considerare la scelta della migliore tecnica di commutazione che è alla base del funzionamento dei convertitori DC-DC, e di conseguenza **richiede particolare cura la relativa progettazione da parte dei progettisti al fine di ottimizzare ulteriormente l'efficienza dei convertitori**. Infatti i circuiti di commutazione, se accuratamente realizzati, offrono una migliore efficienza, consentono componenti più piccoli e un minor numero di problemi di gestione termica. Per questo motivo, nella scelta della componentistica adibita

alla commutazione di potenze elevate, spicca l'impiego degli interruttori di potenza MOSFET, integrati con i controller per formare soluzioni anche a chip singolo, permettendo così di fornire potenze al carico anche di oltre 10W con frequenze di commutazione anche di oltre 1MHz. L'impiego dei MOSFET, unitamente all'induttore di switching e condensatori di filtraggio consente di ottenere alte prestazioni e ulteriore risparmio di spazio prezioso, riducendo ulteriormente i costi e le dimensioni dei dispositivi (al [seguente link](#) per un approfondimento sui boost). In questo articolo abbiamo potuto constatare le peculiari caratteristiche di versatilità ed efficienza funzionale che consentono di realizzare un valido convertitore DC-DC.

BIBLIOGRAFIA

- How to Design an Efficient DC-DC Converter Using the DS1875 PWM Controller - *Maxim Integrated*

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/considerazioni-progettuali-per-un-efficiente-convertitore-dc-dc>

Dai proiettori ai display HUD: principio di funzionamento della tecnologia DLP

di Mouser Electronics

*Nell'ultimo decennio, chiunque abbia assistito alla proiezione di un film in una sala cinematografica o abbia tenuto una presentazione utilizzando un proiettore, ha quasi certamente "visto all'opera" la tecnologia DLP (Digital Light Processing). Messa a punto nei laboratori di **Texas Instruments**, DLP è una tecnologia optoelettronica basata su MEMS (al seguente link un articolo dal titolo "**Le soluzioni MEMS per applicazioni ad alta vibrazione**") estremamente versatile che può essere utilizzata nei più diversi segmenti di mercato. In questo articolo verranno illustrate le basi di questa tecnologia e i numerosi vantaggi legati alla sua adozione.*

INTRODUZIONE

La tecnologia DLP si basa sull'uso di dispositivi DMD (Digital Micromirror Device). Si tratta di array composti da milioni di micro-specchi in grado di manipolare la luce in base ai segnali elettrici che vengono applicati ad essi. Le dimensioni di ciascuno specchio

sono ovviamente piccolissime. Questi specchi, inclinandosi da una parte all'altra migliaia di volte al secondo, sono in grado di creare immagini molto luminose ad alta risoluzione. Oltre a ciò, grazie all'uso della tecnologia MEMS, è garantito il funzionamento per un lungo periodo di tempo a fronte di costi estremamente contenuti.

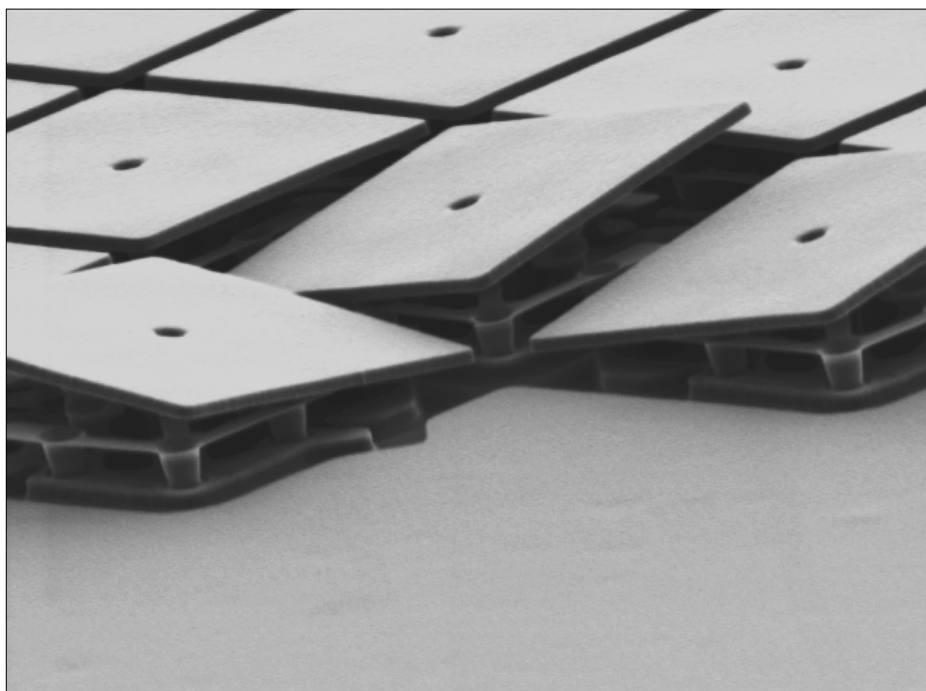


Figura 1: dispositivi DMD (ciascuno di larghezza pari a $5,4\mu\text{in}$) osservati attraverso un microscopio elettronico a scansione

Anche se la tecnologia DLP è comunemente adottata per la proiezione dei film nelle sale cinematografiche, essa può essere utilizzata anche in numerose altre applicazioni. Questa tecnologia trova spazio in apparecchi televisivi, display HUD (Heads-Up Display) e persino in stampanti 3D. Nonostante la tecnologia DLP sia oggi ampiamente sfruttata in un'ampia gamma di dispositivi multimediali, essa può essere adottata anche in numerose applicazioni nei settori industriale, medicale e automotive. **Al seguente link la categoria Automotive per ulteriori approfondimenti.**

TECNOLOGIA DLP: UN PO' DI STORIA

La tecnologia DLP è una metodologia per l'elaborazione del segnale luminoso che Texas Instruments ha sviluppato dopo l'invenzione, avvenuta nel 1987 ad opera del fisico Larry Hornbeck, del DMD, un MEMS che si può definire come uno specchio micro-deformabile. I primi chip DLP messi a punto da Texas Instruments, seppure relativamente "grezzi" per gli standard attuali, ai tempi della loro introduzione erano decisamente rivoluzionari. L'obiettivo era sostituire le tecniche di proiezioni analogiche, che peraltro avevano iniziato a mostrare i propri limiti, sfruttando una metodologia più sofisticata basata su MEMS in grado di garantire una migliore fedeltà, una maggiore affidabilità e tutti i vantaggi legati all'uso delle funzionalità di natura digitale (figura 1).

Ogni pixel di un dispositivo DMD (in pratica ogni microspecchio è l'equivalente del pixel di un'immagine digitale) è un dispositivo multi-strato formato da uno specchio di alluminio montato su cerniere. Questi pixel sono posizionati sullo stesso substrato che ospita la cella di memoria CMOS che li alimenta. Variando il valore della cella di memoria, le forze elettrostatiche possono modificare l'angolo dello specchio montato sopra la cella stessa. I primi array DMD erano formati da 848 pixel (con risoluzione pari a 29x29 pixel). Questi primi prototipi, sebbene piuttosto elementari, erano in grado di evidenziare i vantaggi che la tecnologia DLP poteva apportare in termini di modalità di funzionamento dei sistemi di visualizzazione e dei proiettori. Invece di utilizzare le tradizionali tecniche analogiche di proiezione dei film, con tutte le loro limitazioni intrinseche, le unità di proiezione basate su DLP (abbinate a una sorgente luminosa) erano in grado di generare immagini controllate in modo digitale.

Dopo aver costituito una divisione "ad hoc" focalizzata sulle attività di ricerca e sviluppo nel settore dei dispositivi DMD, il cui obiettivo era migliorare le prestazioni e permettere la commercializzazione di questa tecnologia, Texas Instruments ha introdotto i primi prodotti basa-

ti sulla tecnologia DLP nella primavera del 1996. Essa è stata integrata in un gran numero di prodotti elettronici, compresi alcuni dei primi apparecchi televisivi ad alta definizione (HDTV). Prima dell'avvento di questa tecnologia le televisioni a schermo piatto a proiezione erano apparecchi ingombranti, caratterizzati da una luminosità irregolare e bassa risoluzione. Il fattore di forma ridotto e le elevate prestazioni rese possibili dalla tecnologia DLP hanno contribuito alla realizzazione dei primi "veri" apparecchi HDTV che garantivano non solo una risoluzione migliore, ma anche una qualità dell'immagine superiore rispetto ai precedenti televisori a schermo piatto. **L'avvento dei sistemi di proiezione basati sulla tecnologia DLP ha comportato grandi vantaggi non solo per le applicazioni in ambito domestico, ma anche nel settore delle sale cinematografiche.** Al contrario dei film analogici (registrati su pellicola) che subiscono un processo di deterioramento ogni volta che si esegue una copia, la tecnologia DLP consente di digitalizzare l'intero processo, dalla fonte alla visualizzazione. Grazie alla riproduzione digitale il pubblico può osservare esattamente ciò che il regista "ha visto" attraverso l'obiettivo della fotocamera, con dettagli precisi e ad alta risoluzione senza quei tipici artefatti (disturbi) visivi prodotti dal processo di produzione e distribuzione analogica. Anche nel caso delle produzioni tradizionali dei film, la visualizzazione e la distribuzione di tipo digitale garantiscono una proiezione dei film caratterizzata da una maggiore accuratezza e una durata degli stessi superiore rispetto ai film che utilizzano le tradizionali bobine analogiche, oltre ad assicurare notevoli risparmi per quanto concerne la logistica. L'inventore della tecnologia DLP, Larry Hornbeck, ha ricevuto un Academy Award nel 2015 come riconoscimento al suo contributo all'industria del cinema.

La **tecnologia DLP** è stata utilizzata per la realizzazione di alcuni dei primi sistemi di proiezione digitale. Le ridotte dimensioni e i bassi consumi di potenza dei chip DLP hanno permesso la realizzazione di sistemi di presentazione mobili caratterizzati da un elevato livello di risoluzione, particolarmente apprezzati dal mondo delle imprese. I proiettori basati sulla tecnologia DLP consentono la visualizzazione di presentazioni di tipo digitale in sale riunioni e anche in viaggio.

TECNOLOGIA DLP: PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

Come già sottolineato in precedenza, ciascun microspecchio di un chip DLP è montato su una cerniera. Poiché questi micro-specchi sono in grado di supportare velocità di commutazione estremamente elevate,

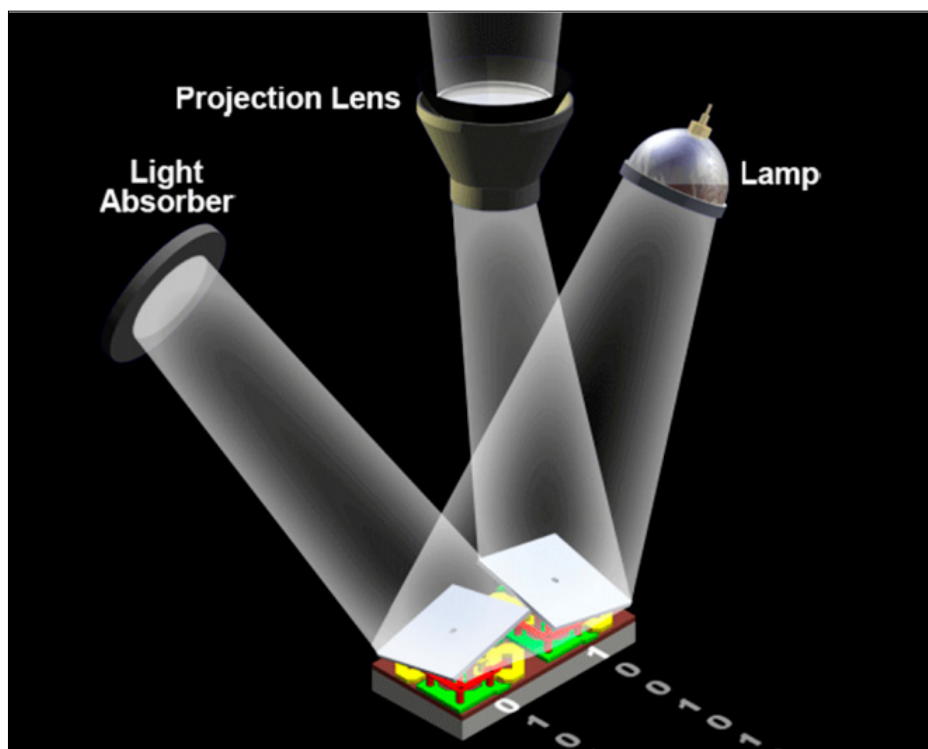


Figura 2: i micro-specchi modificano la loro inclinazione per modulare la luce attraverso la riflessione

utilizzando una modulazione di tipo PWM (Pulse Width Modulation) per variare ciclicamente il tempo di on/off dei pixel, è possibile generare diverse scale di grigi. Per produrre immagini a colori la luce può essere fatta passare attraverso una ruota colore RGB verso un singolo chip DLP oppure modulata utilizzando tre chip DLP RGB separati (figura 2).

Una soluzione su chip singolo rappresenta il modo più efficiente, in termini di compattezza dimensionale e di costi, per ottenere immagini a colori. In questo sistema una sorgente di luce viene fatta passare attraverso una ruota colore che esegue la moltiplicazione temporale nei tre elementi primari: rosso, verde e blue. Il chip DLP modula in maniera idonea ciascuno colore. A causa dell'elevata frequenza di questo processo, l'occhio umano percepisce un'immagine risultante a colori. Un approccio di questo tipo, basato su un chip singolo, risulta quindi molto efficiente in termini di costo e di occupazione di spazio, consentendo la realizzazione di proiettori basati sulla tecnologia DLP a costi accessibili e di dimensioni contenuti (figura 3).

I sistemi che adottano un approccio che prevede l'uso di tre chip per la proiezione dell'immagine basata sulla tecnologia DLP, anche se senza dubbio più costosi e voluminosi, sono in grado di produrre immagini molto più luminose e garantire prestazioni nettamente superiori in termini di colore. In questo caso la sorgente lumi-

nosa è separata mediante filtri dicroici e prismi nella luce RGB che viene diretta verso il corrispondente chip DLP. Quest'ultimo esegue la modulazione della luce e la invia per essere ricombinata dallo stesso sistema prismatico e successivamente proiettata sullo schermo.

UNA PROIEZIONE VERSO IL FUTURO

Anche se la tecnologia DLP è stata utilizzata principalmente per la visualizzazione di presentazioni in PowerPoint e film, il numero di potenziali applicazioni è in continuo aumento. Le moderne soluzioni basate su questa tecnologia prevedono l'uso di chip più piccoli di

una moneta di 5 centesimi di euro, consentendone in tal modo l'integrazione in una grande varietà di dispositivi che spaziano dai laptop agli handset per smartphone. Oltre che nei proiettori portatili compatti, la tecnologia DLP può essere utilizzata per la realizzazione di display HUD (Heads-Up Display), in applicazioni di cartellonistica digitale (digital signage) e nei dispositivi indossabili che sfruttano tecniche di realtà aumentata. La tecnologia DLP è anche in grado di supportare tecniche di scansione in 3D: proiettando una serie di pattern su un oggetto e analizzando la distorsione luminosa, è possibile utilizzare un sistema di visione artificiale per generare un modello 3D per l'analisi. **Un altro settore applicativo di sicuro interesse è la stampa 3D.** In questo caso un array DMD è impiegato per polimerizzare in modo selettivo ciascuno strato di un materiale fotosensibile come ad esempio una resina fotopolimerica liquida. Rispetto all'esposizione di tipo puntuale, o alle tradizionali tecniche di stampa 3D a punto singolo, è possibile garantire tempi di realizzazione molto più rapidi indipendentemente dalla complessità degli strati. La litografia digitale è un altro comparto che può trarre significativi vantaggi dall'uso della tecnologia DLP. Analogamente al caso della stampa 3D, l'array di DMD può fornire un percorso luminoso preciso e ad alta risoluzione e velocità per l'esposizione della pellicola di materiale fotoresistente o di altri materiali fotosensibili

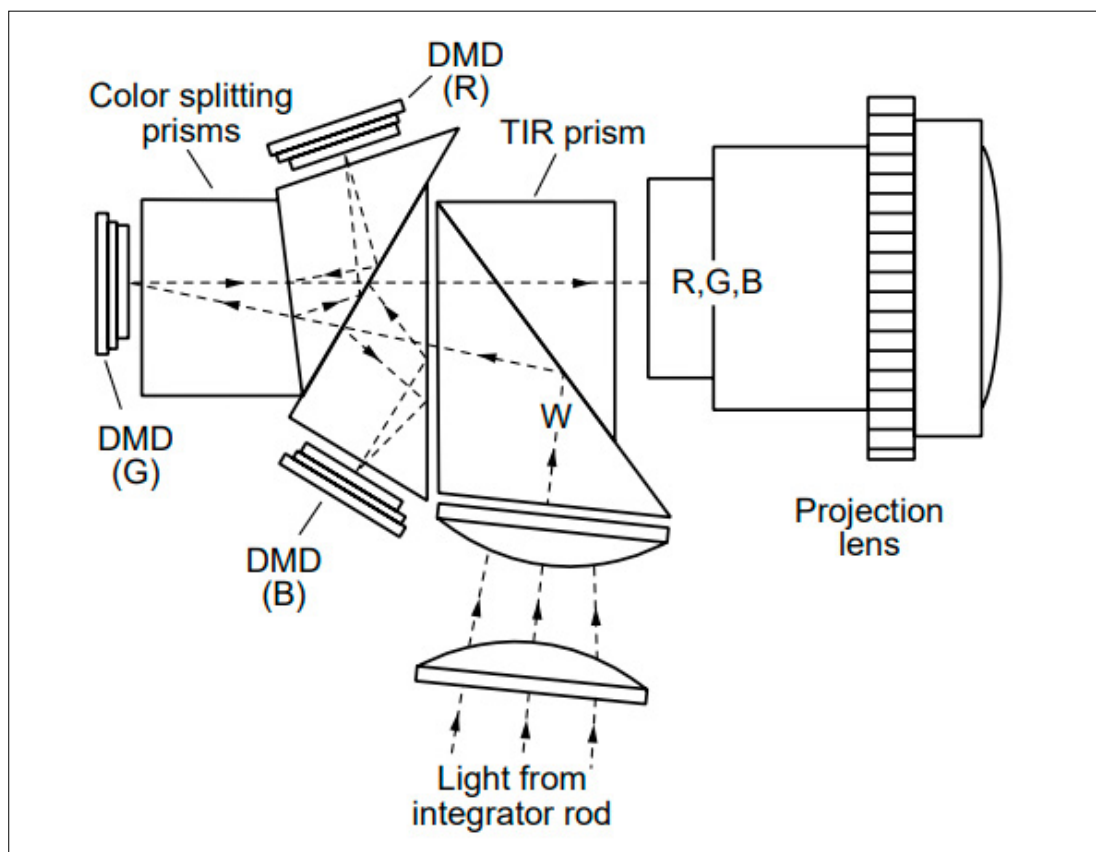


Figura 3: un sistema di proiezione DLP a 3 chip esegue la moltiplicazione della luce per generare un'immagine RGB

senza la necessità di ricorrere a maschere di contatto. Ciò permette di ridurre il costo del materiale, migliorare il tasso di produzione ed eseguire modifiche di progetto in tempi brevi.

La tecnologia DLP può essere utilizzata anche nel campo della spettroscopia. In questo caso differenti lunghezze d'onda di luce sono fatte convergere su determinati materiali e il pattern risultante viene rilevato al fine di analizzare il contenuto molecolare. In modo del tutto analogo a quel che avviene nei sistemi di proiezione DLP basati su 3 chip, la luce viene separata nelle lunghezze d'onda costituenti utilizzando un prisma o un reticolo di diffrazione. Alcuni sotto-insiemi dell'array DMD sono associati a lunghezze d'onda specifiche e proiettano la luce sul materiale. Un approccio di questo tipo consente la realizzazione di analizzatori spettrali compatti caratterizzati da maggiori prestazioni e costi più contenuti.

Originariamente sviluppata e utilizzata per sostituire i tradizionali proiettori cinematografici analogici, la tecnologia DLP ha trovato nel corso degli anni nuovi sbocchi applicativi. A partire dai primi dispositivi a bassa risoluzione, **la più recente generazione di chip DLP** disponibile sul mercato è caratterizzata dalla presenza di 500.000 specchi che cambiano stato migliaia di vol-

te al secondo permettendo la generazione di immagini con risoluzione 4K. Essi rappresentano un valido ausilio nella realizzazione dei sistemi più avanzati attualmente disponibili e contribuiscono all'implementazione dei dispositivi delle prossime generazioni. **Per supportare i progettisti nelle fasi di sviluppo di sistemi basati sulla tecnologia DLP Mouser mette a disposizione sia l'hardware necessario per la valutazione sia servizi di consulenza tecnica qualificati e professionali.**

A cura di Mark Patrick - *Mouser Electronics*



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/dai-proiettori-ai-display-hud-principio-di-funzionamento-della-tecnologia-dlp>

Risparmio energetico: il ruolo chiave dell'illuminazione a stato solido

di Mouser Electronics

Grazie alla continua erosione dei prezzi l'illuminazione a LED sta via via sostituendo le soluzioni di illuminazioni tradizionali, più ingombranti e meno efficienti, e si può quindi a buon diritto definire come una tecnologia di tipo "disruptive" (in pratica un'innovazione tecnologica che si impone rispetto alle esistenti e conquista un mercato esistente o ne fa nascere di nuovi).

INTRODUZIONE

Finanziate in parte dal Dipartimento dell'Energia statunitense (DoE – Department of Energy), le attività di ricerca nel settore dell'illuminazione a stato solido non sono certamente terminate. Mentre alcuni produttori sono usciti dal mercato a causa della riduzione del prezzo medio di vendita (ASP – Average Selling Price), quelli che sono rimasti hanno dimostrato un impegno che dovrebbe garantire loro il successo sul lungo periodo. Una parte dei finanziamenti destinati alla ricerca sono stati impiegati nello sviluppo di OLED (Organic LED) **da utilizzare per applicazioni di illuminazione. A questo punto la domanda da porsi è se ciò rappresenti una minaccia oppure un'opportunità per i LED. Al seguente link un interessante articolo dal titolo "Collegiamo un display OLED ad ESPertino".**

L'obiettivo del mondo industriale è raggiungere il traguardo dei 200 lumen/Watt in termini di efficienza luminosa entro il 2025, valore questo previsto dalla legge di Haitz (la quale afferma anche che il costo per lumen è destinato a diminuire di un fattore pari a 10 ogni 10 anni). Mentre i LED sembrano avviati a raggiungere questo obiettivo, per gli OLED vi sono ancora alcuni problemi da risolvere. In ogni caso, gli OLED garantiscono altri vantaggi che ne potrebbero favorire la diffusione.

Gli apparecchi di illuminazione a LED ad alta luminosità, che solitamente vengono realizzati utilizzando più emettitori focalizzati in un cono di luce, sono utilizzati in misura sempre maggiore in sostituzione di apparecchi di illuminazione che utilizzano lampade fluorescenti e a incandescenza in campo architettonico, oltre che negli uffici e nelle abitazioni. Il ritorno dell'investimento è

generalmente calcolato sulla base di un certo numero di ore di funzionamento e, grazie all'evoluzione della tecnologia LED, questo numero diminuisce su base costante. Gli OLED, dal canto loro, sono caratterizzati da una durata nettamente inferiore e un costo più elevato rispetto ai LED (il cui prezzo di acquisto è a sua volta superiore rispetto a quello delle soluzioni di illuminazione tradizionali), oltre che da un'uscita luminosa inferiore. Nonostante gli svantaggi appena evidenziati, il loro futuro appare comunque brillante.

Il crescente interesse per l'illuminazione OLED è ascrivibile in larga misura a ragioni di natura estetica: questa tecnologia è in grado di garantire una distribuzione della luce molto più uniforme e supporta fattori di forma più sottili. I dispositivi OLED sono quindi molto più sottili rispetto a quelli che utilizzano i LED. Questo è dovuto al fatto che non richiedono l'integrazione di diffusori o riflettori, in quanto la luce è emessa direttamente dalla superficie. Ciò significa che i dispositivi OLED possono essere prodotti in varie forme e dimensioni per soddisfare le esigenze di specifiche installazioni, mettendo a disposizione una sorgente di luce più naturale su aree di grandi dimensioni al posto di un singolo punto luce. Appaiono dunque chiare le ragioni per cui tale tecnologia ha attirato l'attenzione sia dei progettisti di interni sia dei consumatori più esigenti.

E' indubbio che l'efficienza luminosa degli OLED, compresa tra 60 80 lumen/Watt, è ancora molto inferiore rispetto a quella dei LED, che si avvicina a 200 lumen/Watt. In ogni caso in questi ultimi anni si sono registrati interessanti progressi e l'adozione della tecnologia AMOLED (Active Matrix OLED) per la realizzazione

di display utilizzati in TV, smartphone e altri dispositivi portatili è un'ulteriore dimostrazione che gli investimenti in questo settore restano comunque elevati. Tutto ciò avrà un impatto positivo sugli sviluppi della tecnologia OLED per applicazioni nel campo dell'illuminazione.

Anche se il numero di produttori di OLED è decisamente inferiore rispetto a quello dei produttori di LED, aziende come LG Display (Corea) e OLEDworks (U.S.A.) stanno effettuando notevoli investimenti nelle attività di ingegnerizzazione per supportare l'evoluzione di questa tecnologia – con prodotti di illuminazione commerciali disponibili in negozi specializzati in articoli per la casa e il bricolage.

Sebbene la diffusione su larga scala dei pannelli OLED è ancora penalizzata dal costo elevato, questa tecnologia ha iniziato a essere impiegata negli apparecchi di illuminazione di tipo ibrido, che prevedono la coesistenza di LED e OLED per fornire una sorgente luminosa più naturale.

UN'ILLUMINAZIONE PIÙ "INTELLIGENTE"

L'illuminazione a stato solido, indipendentemente dal fatto che utilizzi LED oppure OLED, sta alimentando la domanda di sistemi di illuminazione sempre più "intelligenti". La possibilità di regolare l'intensità luminosa è stata ampiamente utilizzata come un mezzo efficace per risparmiare energia. Mediante l'integrazione di meccanismi di controllo di questo tipo in un sistema **BMS (Building Management System)** è possibile conseguire risparmio di questo tipo in modo automatico. Mentre numerose implementazioni di un BMS sono realizzate "ad hoc", un recente sviluppo potrebbe consentire di connettere in rete quasi istantaneamente tutti i sistemi di illuminazione. **La più recente release delle specifiche Bluetooth prevede la possibilità di implementare reti di tipo mesh (o magliate, in cui non esiste un nodo centrale a cui tutti gli altri devono collegarsi per scambiare dati) e questa opzione rappresenta, secondo Bluetooth SIG (Special Interest Group), la soluzione ideale per aggiungere funzionalità di networking "intelligente" alle installazioni di illuminazione esistenti.**

Una rete di tipo mesh utilizza qualsiasi dispositivo come se fosse un nodo e ogni nodo è in grado di ricevere e ritrasmettere messaggi da/verso gli altri nodi che compongono la rete. Si tratta di un approccio particolarmente adatto per le installazioni in ambienti in cui è presente rumore elettrico, dove i brevi "salti" (hop) tra i vari nodi contribuisce a preservare l'integrità dei segnali anche nel caso la potenza dell'elemento RF risulti ridotta. Queste reti wireless a basso consumo si stanno diffondendo in ambito **IoT (Internet of Things)** e l'aggiunta del collegamento in rete in modalità mesh alle specifiche Bluetooth potrebbe consentire il trasferimento delle tecnologie IoT dai dispositivi portatili alle apparecchiature di illuminazione. Ma non bisogna dimenticare che in questo tipologia di applicazioni la concorrenza è abbastanza agguerrita.

Mentre Bluetooth può garantire l'interoperabilità, alcuni sviluppi di natura "disruptive", come appunto gli apparecchi di illuminazione connessi in rete, spesso richiedono che le più importanti aziende del settore prendano l'iniziativa. Per ragioni commerciali, questi pionieri potrebbe avere l'esigenza di mantenere la loro tecnologia "proprietaria", fatto questo che ha un impatto negativo sul tasso di adozione. Un esempio è rappresentato dalla piattaforma Lutron Vive che utilizza il protocollo Clear Connect proprietario per lo scambio di dati tra sensori, controllori di carico e interruttori e Wi-Fi per l'hub principale. Mentre l'hub garantisce la compatibilità con BACnet, la rete risulta effettivamente chiusa.

Per evitare gli svantaggi di un sistema chiuso, altre realtà hanno deciso di supportare ZigBee come protocollo

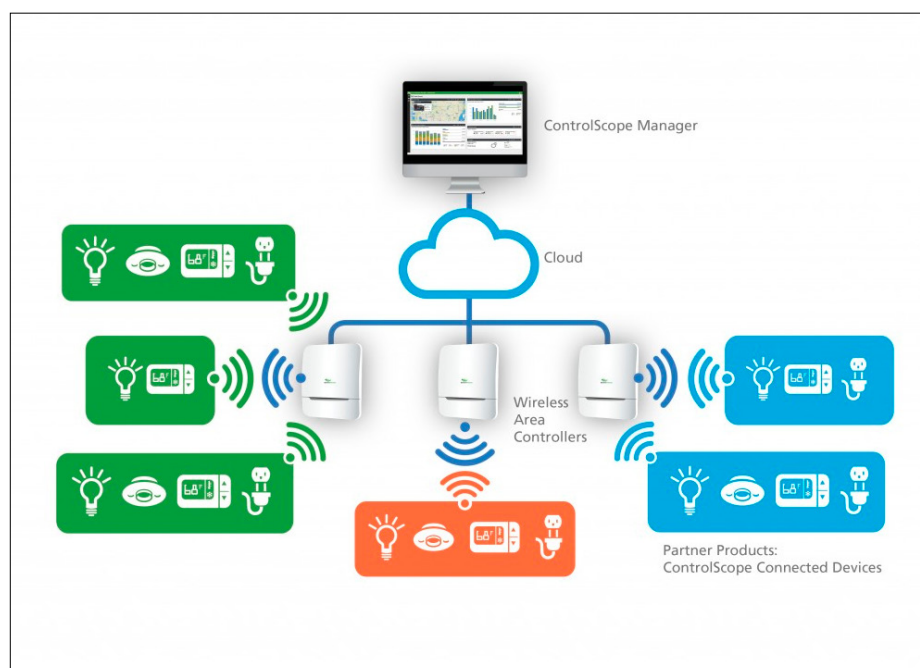


Figura 1: la piattaforma di controllo ControlScope di Daintree Networks

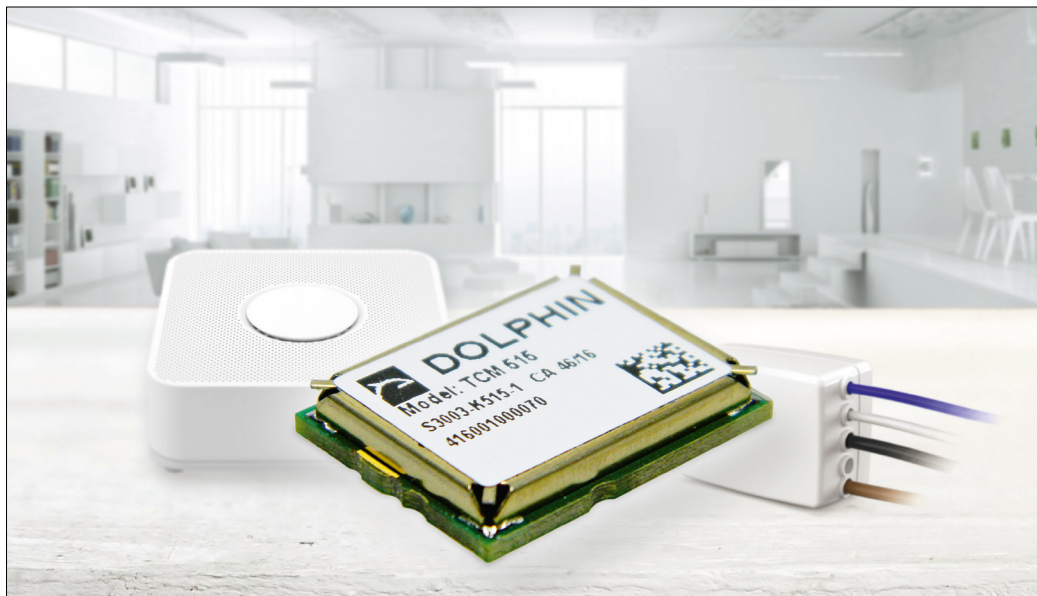


Figura 2: La soluzione Dolphin di EnOcean che sfrutta la connettività Bluetooth e Zigbee.

wireless per il collegamento in rete dei loro apparecchi di illuminazione, anche in prodotti proprietari. Un esempio è rappresentato da ControlScope, la piattaforma di controllo di Daintree Networks che adotta il protocollo ZigBee. La conformità a questo standard dovrebbe assicurare un certo livello di interoperabilità tra i sistemi. L'elenco dei produttori che hanno dichiarato l'intenzione di assicurare la compatibilità con la piattaforma ControlScope comprende tra gli altri EuControls, Iventronics, Magtech, MMB Networks e Samsung. Daintree ha anche collaborato con Osram Sylvania per aiutare quest'ultima a sviluppare un modulo di interfaccia wireless compatibile che può essere installato sui sistemi di illuminazione. Poiché il driver ha un'uscita a 12 V, esso può essere utilizzato per aggiungere la connettività a ogni apparecchio di illuminazione, che diventa quindi parte di una rete di illuminazione "intelligente" (figura 1). Operante anch'essa nella banda sub-GHz, EnOcean è una tecnologia wireless a bassissimo consumo di tipo auto-alimentato: i transceiver non prevedono batterie, ma utilizzano tecniche di **energy harvesting** per inviare e ricevere brevi messaggi in modalità wireless. La tecnologia, di tipo proprietario, è ora gestita da un'associazione industriale e continua a guadagnare consensi nel settore degli edifici "intelligenti". **Al seguente link un interessante articolo dal titolo "Un dispositivo Bluetooth Low Energy (BLE) alimentato mediante Indoor Light"**. La EnOcean Alliance, che può contare su numerosi aziende aderenti che operano lungo tutta la supply-chain, sta collaborando con ZigBee Alliance allo scopo di sviluppare soluzioni in grado di garanti-

re la coesistenza di reti di illuminazione a stato solido basate su entrambe le tecnologie. Ciò non fa altro che rafforzare ulteriormente il ruolo delle reti di illuminazione "intelligenti" (figura 2).

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I vantaggi, in termini di risparmio energetico, offerti dall'illuminazione a stato solido sono significativi e ciò si traduce nell'implementazione in una diminuzione della bolletta energetica per privati e imprese, ma anche dell'impatto ambientale. I progressi tecnologici nella realizzazione dell'emettitore e nell'implementazione della connettività in rete saranno gli elementi cruciali alla base delle future evoluzioni.

A cura di Mark Patrick, **Mouser Electronics**



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/risparmio-energetico-il-ruolo-chiave-dellilluminazione-a-stato-solido>

Illuminazione a LED: un futuro radioso

di Mouser Electronics

*Sebbene la tecnologia dei LED (**Light Emitting Diode** – diodi a emissione luminosa) non rappresenti certo una novità, in quanto esiste da oltre mezzo secolo, la richiesta di soluzioni di illuminazione a LED da utilizzare nelle abitazioni, negli uffici e persino nelle automobili, sta crescendo a ritmi senza precedenti. Ciò ha portato allo sviluppo di soluzioni più integrate in grado di garantire una maggiore luminosità e colori più naturali. **Al seguente link un interessante articolo dal titolo “LED Matrix Player: la scheda per gestire matrici e strisce di led”.***

TECNOLOGIA LED: UN BREVE RIPASSO

L'elemento fondamentale di ogni LED è la giunzione P-N che rappresenta la base del diodo. Nel momento in cui elettroni e lacune si ricombinano ai capi della giunzione, ogni elettrone deve occupare un livello energetico più basso e l'energia in eccesso degli elettroni è rilasciata sotto forma di fotoni (particelle) di luce. **Al seguente link un approfondimento sulla giunzione PN.**

L'obiettivo principale dei produttori di LED è ovviamente il miglioramento dell'efficienza luminosa e ciò richiede investimenti finanziari non indifferenti e l'allocazione di ingenti risorse per lo sviluppo e l'ingegnerizzazione dei prodotti. **L'efficienza dei LED è misurata in lumen per Watt (lm/W), un dato questo riportato nel datasheet di ogni dispositivo.** Tali misure sono generalmente ricavate da prove eseguite in un laboratorio (quindi in condizioni ideali), dove la temperatura di giunzione è strettamente controllata. Nelle applicazioni reali, l'efficienza risulta inferiore a quella dichiarata dal produttore. Senza dimenticare che questo parametro diminuisce in presenza di correnti operative di valore elevato.

LA DIFFUSIONE SU LARGA SCALA

Secondo alcuni esperti, l'evoluzione della tecnologia dei LED avrebbe comportato una diminuzione del costo per lumen e tale riduzione poteva essere prevista con una certa precisione. In particolare all'inizio di questo millennio Roland Haitz ha formulato una legge, che prende il suo nome e si può considerare analoga alla più nota legge di Moore per il mondo dei semiconduttori, la quale afferma che il costo per lumen è destinato a diminuire di un fattore pari a 10 ogni 10 anni. La legge di Haitz, inoltre, prevedeva la possibilità di produrre LED in grado di generare 200 lm/W entro il 2020, tagliando il traguardo dei 100 lm/W nel 2010. **I maggiori produttori ope-**

ranti in questo settore, e in particolare Cree, hanno conseguito tale obiettivo nei tempi previsti dalla legge di Haitz.

Oggigiorno più emettitori a LED sono solitamente montati su moduli sfruttando tecnologie CSP (Chip-Scale Packaging) oppure COB (Chip-On-Board). Poiché i LED bianchi a elevata luminosità attualmente emettono meno della metà dell'energia rilasciata in corrispondenza della giunzione sotto forma di fotoni, la parte restante viene rilasciata sotto forma di calore che deve essere dissipato per mantenere la temperatura di giunzione all'interno di limiti operativi previsti (di solito pari a circa 150 °C). Al crescere della richiesta di soluzioni di illuminazione a LED, i costruttori hanno fatto investimenti nello sviluppo di soluzioni per la gestione termica più efficienti. Tra queste si possono segnalare l'adozione di nuovi materiali da impiegare come dielettrico tra il chip LED, la scheda PCB e il dissipatore di calore (tipicamente di tipo conduttivo). I dielettrici basati su polimeri e materiali ceramici contenenti additivi cristallini di dimensioni nanometriche si stanno affermando come una soluzione valida e praticabile.

SUBSTRATI: LE VARIE ALTERNATIVE

I pionieri della tecnologia LED hanno scoperto attraverso numerosi esperimenti l'esistenza di una varietà di materiali in grado di produrre l'elettroluminescenza necessaria per generare la luce. Tra questi si possono annoverare l'arseniuro di gallio (GaAs), il carburo di silicio (SiC), l'antimoniuro di gallio (GaSb) e il fosfuro di Indio (InP). La soluzione più ampiamente standardizzata nel mondo industriale prevede l'uso di nitruro di gallio (GaN) su un substrato di zaffiro per i LED blu (usati per creare luce bianca). **Al seguente link un interessante approfondimento dal titolo “Massimizzare le performance di un driver LED con la tecnologia GaN”.**

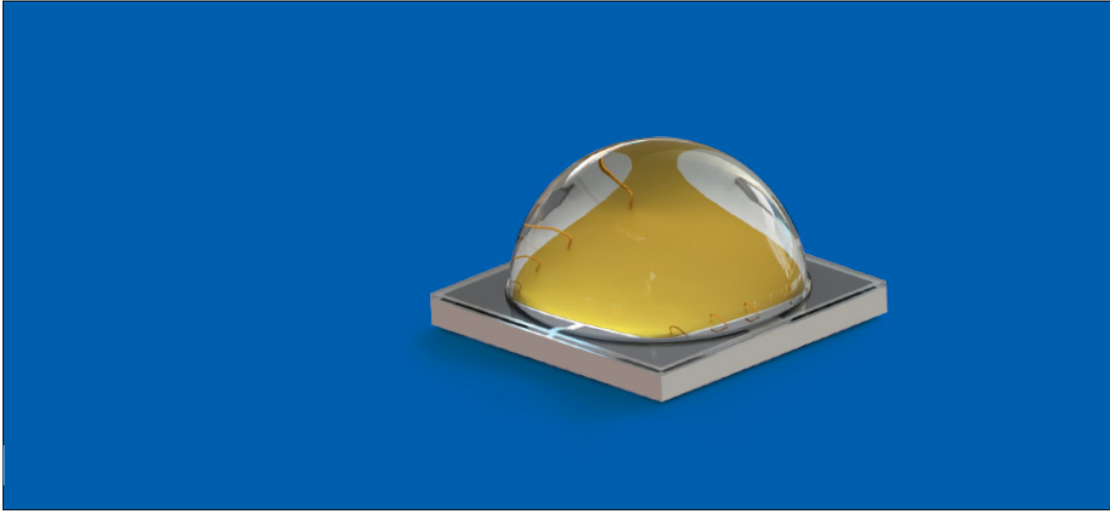


Figura 1: la gamma di LED ad alta potenza **PLW7070** di **Plessey** è realizzata sfruttando la tecnologia **GaN-on-Si**

I substrati in zaffiro sono più costosi rispetto al silicio, ma il nitruro di gallio lo è in misura ancora maggiore. Poiché il silicio, oltre a essere più economico, offre l'opportunità di integrare un numero maggiore di circuiti che sfruttano il processo CMOS, l'industria ha seguito un approccio basato sull'utilizzo della tecnologia GaN su silicio (GaN-on-Si) per la produzione dei LED. Nonostante ciò, molti produttori siano tornati all'utilizzo dello zaffiro mentre altri, come ad esempio **Plessey Semiconductors**, hanno continuato a impiegare il silicio, una tecnologia che offre secondo gli esperti della società parecchi altri vantaggi altri tra cui temperature di funzionamento più basse e possibilità di utilizzare correnti di pilotaggio più elevate. Le proprietà termiche del silicio, inoltre, sono migliori rispetto a quelle dello zaffiro, con conseguente semplificazione della gestione termica. In ogni caso questo approccio richiede la deposizione del GaN su un substrato di silicio, un processo che comporta l'insorgere di alcune problematiche. Un'alternativa potrebbe essere rappresentata dall'utilizzo del GaN come substrato: un approccio di questo tipo è stato finora ampiamente ignorato a causa del fatto che un substrato GaN è molto più costoso rispetto ai tradizionali substrati di silicio o di zaffiro. Una società ha comunque deciso di adottare questo approccio sviluppando LED con il procedimento GaN-on-GaN. La società in questione, Soraa, sostiene che i maggiori costi legati all'utilizzo di un substrato GaN sono compensati dal notevole incremento di efficienza, quantificabile in un'emissione luminosa cinque volte superiore per unità di area. L'azienda è stata anche in grado di realizzare LED che emettono luce violetta, in grado di fornire una luce bianca migliore rispetto a quella ottenibile con i tradizionali LED blu. **Uno dei principali vantaggi legati all'uso della tecnologia GaN-on-GaN**

è derivato dal fatto che non esistono discontinuità tra differenti materiali (che si solito rappresentano una barriera per i fotoni), consentendo a un numero maggiore di fotoni di raggiungere la superficie e essere quindi emessi sotto forma di luce (figura 1).

I fondatori di Soraa ritengono che, mentre i produttori di LED saranno sempre più impegnati nel tentativo di migliorare l'efficienza del processo GaN su zaffiro, si creerà uno spazio per altre realtà che intendono investire nello sviluppo della tecnologia GaN-on-GaN. L'efficienza della metodologia messa a punto da Soraa è paragonabile a quella ottenibile con i laser, il che si traduce in una diminuzione delle perdite rispetto a quelle dei LED prodotti utilizzando un substrato di zaffiro.

ILLUMINAZIONE A STATO SOLIDO: APPLICAZIONI PRESENTI E FUTURE

Anche se attualmente i produttori stanno concentrando i loro sforzi sullo sviluppo di LED bianchi ad alta potenza da utilizzare nel campo dell'illuminazione, vi sono altre aree applicative che si stanno affacciando alla ribalta. Tra queste si può segnalare l'impiego dei LED nel settore dell'orticoltura: in questo caso specifico si tratta di coltivare verdure in ambienti artificiali, spesso completamente chiusi e che sfruttano solamente sorgenti di luce artificiali. Ciò permette di realizzare vere e proprie micro-fattorie nelle vicinanze di aree densamente popolate, come ad esempio i centri delle grandi città. **Uno sviluppo di questo tipo potrebbe rappresentare una soluzione al prevedibile aumento della domanda di produzione di cibo.**

Un'altra area promettente è quella dei LED ultravioletti (UV) che attualmente vengono impiegati nel campo della biomedicina per combattere le infezioni, purificare

aria e acqua, decontaminare superfici, oltre che per i processi di vulcanizzazione utilizzati in numerosi settori industriali e produttivi.

La crescente attenzione al problema della sicurezza ha anche contribuito a favorire la diffusione dell'uso di Li-Fi, la tecnologia che permette l'uso della luce per trasferire i dati ad alta velocità tra due dispositivi. Poiché non vi sono radiazioni elettromagnetiche che potrebbero essere rilevate da potenziali intercettatori, come accade nelle comunicazioni basate sulla radiofrequenza, la **tecnologia Li-Fi** dovrebbe garantire una maggiore protezione contro eventuali fenomeni di pirateria informatica. Ricercatori e aziende sono attivamente impegnati nelle attività di sviluppo di questa tecnologia, che potrebbe garantire ampiezze di banda dell'ordine di centinaia di Gbit/s senza nessuna limitazione per quel che concerne la coesistenza delle connessioni. **Al seguente link un interessante articolo dal titolo "Li-Fi: la tecnica di trasmissione wireless di tipo ottico".**

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'illuminazione a LED è destinata a diventare, entro il 2020, la forma di illuminazione più efficiente in termini economici. Non può dunque sorprendere il crescente interesse per questa tecnologia che garantisce notevoli vantaggi sotto tutti gli aspetti: nel momento in cui i costi iniziano a diventare sempre più competitivi, questa tecnologia è destinata a soppiantare in tempi brevi tutte le altre forme di illuminazione, meno affidabili e caratterizzate da un maggior impatto ambientale. Lo sviluppo di altre tipologie di applicazioni per i LED favorirà sicuramente ulteriori investimenti in nuove tecnologie, assicurando un futuro luminoso per i produttori operanti in questo settore.

A cura di Mark Patrick, **Mouser Electronics**



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/illuminazione-a-led-un-futuro-radioso>

THE BIGGEST EMBEDDED ELECTRONICS COMMUNITY IN ITALY

CATEGORIES

VISITORS

2016 ANNUAL VISITORS
2.571.917*

AVERAGE PAGAVIEWERS PER DAY
7.046*

AVERAGE VISIT DURATION
2.00*

*SOURCE : GOOGLE ANALYTICS

[facebook](#)
[Google+](#)
[Linked in](#)
[twitter](#)

www.elettronicaopensource.it

ROME

Maker Faire®

THE EUROPEAN EDITION

LA PIÙ GRANDE FIERA
SULL'INNOVAZIONE

FIERA DI ROMA

1 - 3
DICEMBRE
2017

MAKERFAIREROME.EU

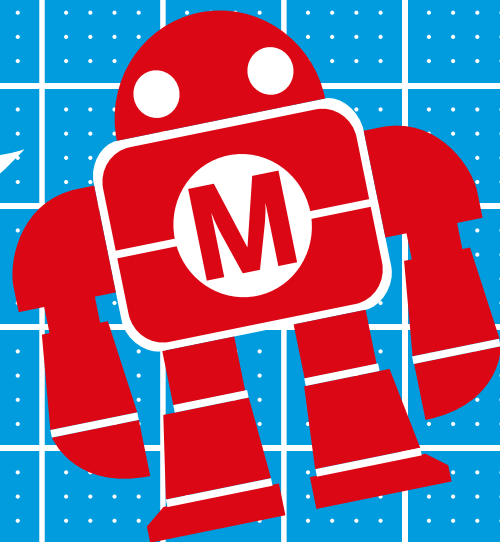


Maker Faire Rome



#MFR17

**CALL FOR
MAKERS**



**INVIA IL TUO PROGETTO ENTRO IL
15 SETTEMBRE 2017**

Promossa e organizzata da



Camera di Commercio
Roma



Display e accessori 4D Systems

di **Maurizio Di Paolo Emilio**

4D Systems Pty Ltd è leader mondiale nella ricerca, nello sviluppo e nella produzione di soluzioni grafiche intelligenti, offrendo ai propri clienti moduli e processori grafici unici, innovativi ed economicamente convenienti che soddisfano una serie di applicazioni e industrie. TME è il distributore ufficiale di 4D Systems.

INTRODUZIONE

Fondata nel 1990, la vasta esperienza della 4D Systems permette di trasformare concetti e idee in prodotti hardware e software all'avanguardia, capaci di superare le richieste e le aspettative dei vari clienti. 4D Systems progetta, sviluppa e produce soluzioni grafiche intelligenti utilizzando l'ultima **tecnologia OLED (diodo organico emettitore) e quella LCD (display a cristalli liquidi)**, con processori grafici personalizzati che consentono di ottenere soluzioni standalone e host dipendenti. Il team di ingegneri è costituito da esperti nel campo elettronico e software che lavora-

no in stretta collaborazione con le fabbriche di produzione certificate ISO 9001 secondo le severe procedure di garanzia della qualità, consentendo di sviluppare e fornire soluzioni leader a livello di mercato con la massima qualità. Molte risorse tecniche editoriali come application note e numerosi video, permettono al progettista di utilizzare al meglio le soluzioni 4D Systems. Nel **portafoglio della TME** possiamo trovare diverse soluzioni targate 4D Systems, in particolare display con risoluzione da 96x64 a 840x480, soluzioni in kit per avviare la prototipazione rapida, kit di sviluppo per interfacciarsi con **Arduino, Raspberry Pi** e Beaglebone, Development

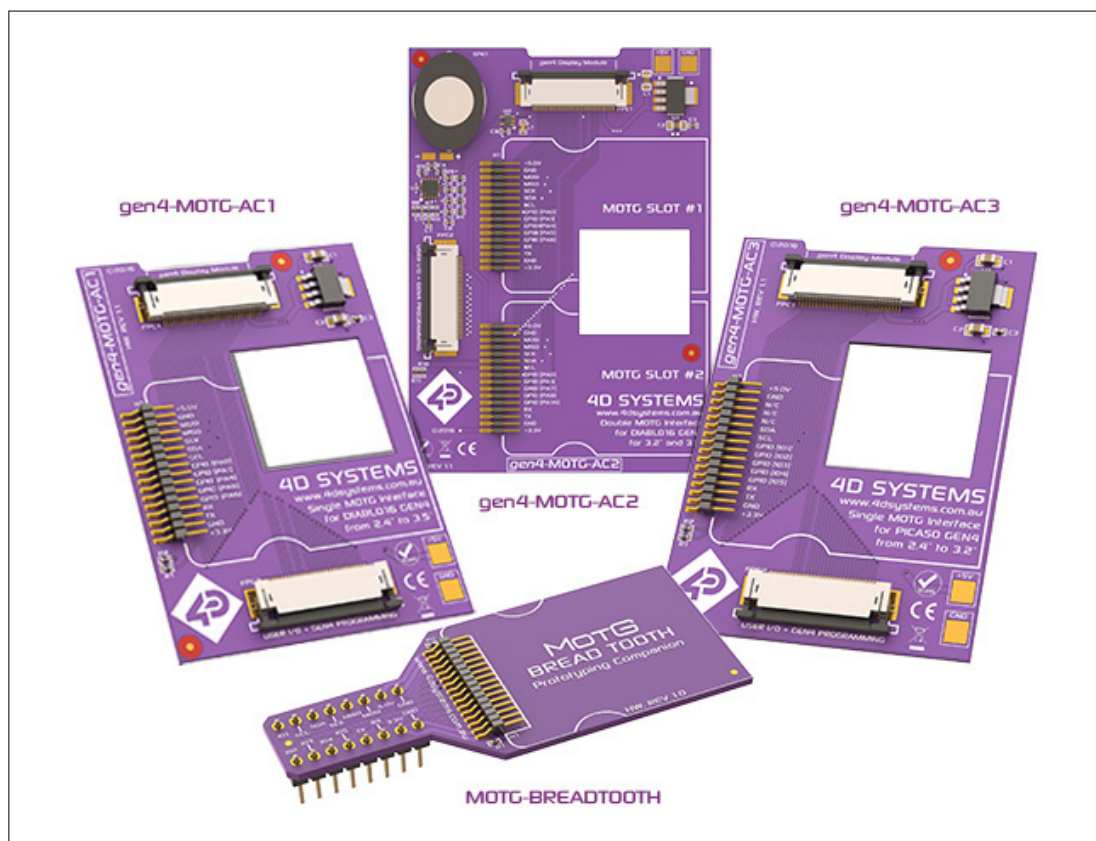


Figura 1: moduli MOTG

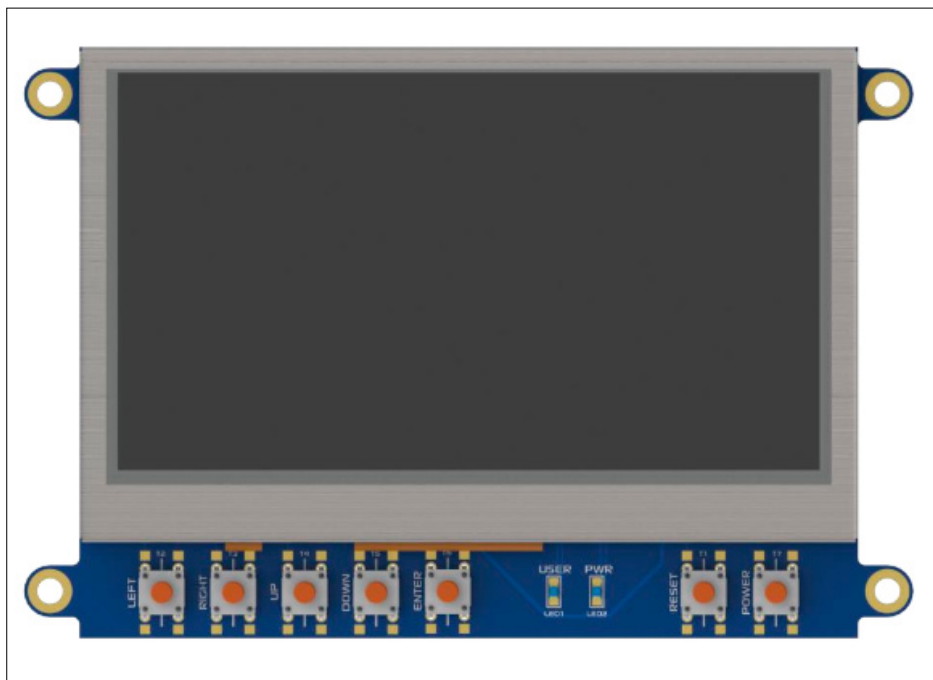


Figura 2: modulo 4D 4.3" LCD CAPE

Tools e MOTG - Modules on the Go (figura 1).

DISPLAY GEN4

La serie gen4 è stata progettata appositamente per facilitare l'integrazione e l'utilizzo, con un'attenta considerazione dei requisiti e delle funzionalità dello spazio. La serie gen4 comprende moduli di visualizzazione intelligenti da 4D Systems, progettati appositamente per un

utente. Il modulo integrato di visualizzazione Diablo164 dispone di un display LCD TFT, ed è in grado di rilevare il tocco, memorizzare dati nella memoria microSD, gestire un GPIO, le varie comunicazioni, timer con risoluzione di millisecondi e segnali audio.

La serie gen4 è compatibile al 100% con l'IDE Workshop4 e con i suoi 4 diversi ambienti di sviluppo, fornendo all'utente una ricchezza di opzioni per la pro-

grammazione e il controllo del proprio sistema. La serie gen4 di moduli di visualizzazione integrati è dotata di una presa ZIF a 30 poli, progettata per un cavo FPC a 30 pin, per una connessione semplice ad un'applicazione o alla scheda madre o per il collegamento a schede accessorie per una gamma di funzionalità avanzate. **La serie gen4 di moduli è stata progettata per ridurre al minimo l'impatto della circuiteria esterna** relativa al display e fornire una piattaforma adatta all'integrazione in un prodotto. Se necessario, le schede applicative possono essere posizionate sul retro del gen4 poiché l'elettronica relativa al display si trova all'interno della base di montaggio in plastica. **TME dispone di una vasta gamma di soluzioni come distributore ufficiale.** In particolare, **4D SY-**

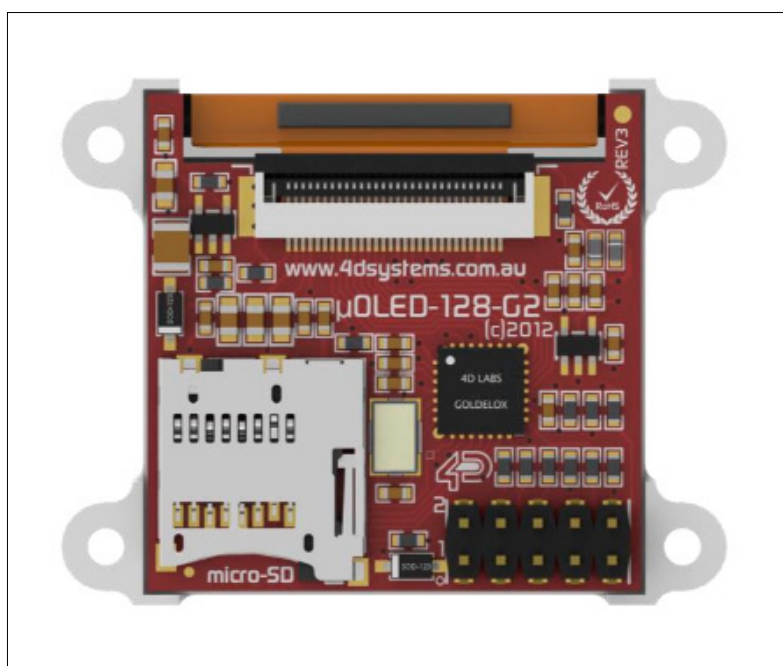


Figura 3: modulo uOLED - 128G2

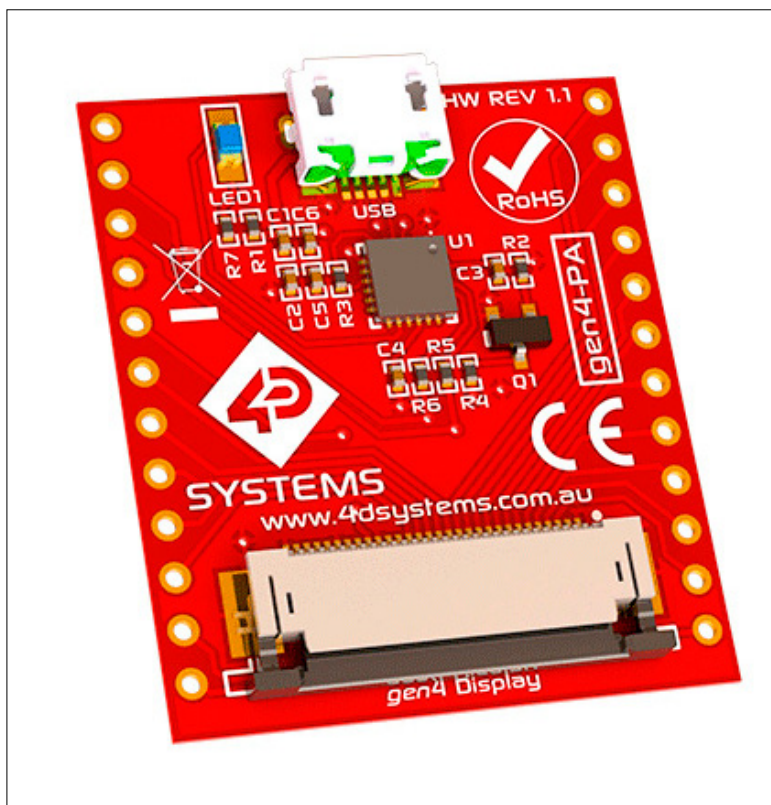


Figura 4: Gen4-PA

STEMS 4DCAPE-43T è un display specificamente progettato per il Beagle Bone Black (BBB), con un fattore di 4.3" per la visualizzazione delle informazioni (figura 2). Il **modulo uOLED - 128G2** è una combinazione elegante di una matrice passiva PMOLED 1.5", insieme ad una collezione completa delle funzioni di I/O. Combinando una risoluzione di 128 X 128 pixel con 65K True to Life di colori, questo modulo di visualizzazione è perfetto per animazioni, diapositive e altre presentazioni multimediali (figura 3).

ULTERIORI ACCESSORI

Workshop4 è un completo software IDE per Microsoft Windows che fornisce una piattaforma di sviluppo software integrata per tutta la famiglia di processori e moduli 4D Systems. L'IDE combina l'Editor, Compiler, Linker e Downloader per sviluppare il codice completo dell'applicazione. Tutto il codice dell'applicazione utente viene sviluppato all'interno dell'IDE Workshop4. Il **gen4-PA (Gen4 Programming Adapter)** è compatibile con tutti i moduli display Intelligent gen4 che dispongono di processori grafici Picaso o Diablo16. È incluso nei pacchetti Starter Kit (SK) e rappresenta un modo rapido e semplice per l'interfaccia e la programmazione della gamma di prodotti gen4. Il gen4-PA è un adattatore di programmazione per il modulo di visualizza-

zione gen4 che scompone anche i segnali trovati sul cavo FFC a 30 vie provenienti dal modulo display. Questi segnali sono disponibili tramite pad di 2.54 mm al bordo del gen4-PA. Il gen4-PA sostituisce la necessità di un programmatore standard separato, come il cavo di programmazione uUSB-PA5 (figura 4).

CONCLUSIONI

Il design sottile e semplificato dei moduli di visualizzazione gen4 riduce l'impatto dei circuiti relativi al display, e fornisce una piattaforma adatta per integrarsi in quasi tutte le applicazioni che richiedono un'interfaccia utente grafica. Poiché tutti i circuiti relativi alla visualizzazione siedono all'interno della base di montaggio del modulo gen4, le schede applicative possono essere collocate sul retro dei moduli di visualizzazione gen4, **consentendo un design complessivo sottile e semplice.** La serie gen4 include sette dimensioni di display: 2.4", 2.8", 3.2", 3.5", 4.3", 5.0" e 7.0". Ogni modulo di visualizzazione è di-

sponibile anche come kit di avviamento, incluso tutto ciò che serve per iniziare con una rapida GUI. I moduli sono inoltre disponibili in dotazione con un adattatore 4D Arduino Shield II e un adattatore seriale 4D per una facile integrazione con le piattaforme Arduino e Raspberry Pi.

LE SOLUZIONI 4D SYSTEMS SONO DISPONIBILI A CATALOGO TME



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/display-e-accessori-4d-systems>

Una panoramica sulle misure ottiche

di **Maurizio Di Paolo Emilio**

*L'industria del LED sta rapidamente crescendo e questo porta naturalmente alla necessità di effettuare misure affidabili che spesso costituiscono la base per un confronto equo tra i dispositivi di diversi produttori. Di conseguenza, esiste una spinta a livello industriale per gli standard che garantiscono misure accurate e ripetibili delle proprietà ottiche per i dispositivi LED classici e quelli a stato solido (SSL). **Al seguente link un interessante articolo dal titolo "Risparmio energetico: il ruolo chiave dell'illuminazione a stato solido".***

INTRODUZIONE

La relazione CIE 127: 2007 della Commissione Internazionale sull'illuminazione copre le linee guida su come le grandezze fotometriche, radiometriche e colorimetriche per singoli LED dovrebbero essere misurate nei laboratori di calibrazione. Tuttavia, il rapporto lascia la responsabilità nei confronti dei produttori di LED e prodotti SSL per garantire che le apparecchiature misurino correttamente le proprietà ottiche dei loro prodotti.

La distribuzione dello spettro di una sorgente luminosa descrive la quantità di energia radiometrica emessa dalla sorgente stessa per unità di lunghezza d'onda. La conoscenza della distribuzione dello spettro luminoso in una sorgente consente all'utente di derivare altre proprietà ottiche utili per la sorgente luminosa, comprese le coordinate cromatiche, la lunghezza d'onda dominante, la purezza, la temperatura di colore correlata (CCT), l'indice di rendering dei colori (CRI), lunghezza d'onda di picco, lunghezza d'onda del centroid e FWHM.

Le prestazioni ottiche dei LED e dei prodotti SSL possono essere misurate per mezzo di una sfera di integrazione. Le discrepanze delle prestazioni, che sono osservate per lo stesso prodotto SSL quando sono testate in due sistemi di misura ottici diversi, sono spesso dovute a procedure di calibrazione incoerenti e differenze nella gestione del dispositivo in esame. In particolare, le linee guida per la calibrazione delle apparecchiature usate per le sorgenti luminose convenzionali non sono sempre adeguate per il prodotto LED e SSL dovuto al loro elevato contenuto spettrale nella regione blu.

Tipicamente vengono utilizzati due strumenti di misura diversi per caratterizzare la distribuzione radiante dello spettro luminoso in una sorgente (figura 1): una sfera di integrazione che raccoglie tutte le luci da una sorgente luminosa posta all'interno della sfera; un goniometro che misura la distribuzione dello spettro di una sorgente luminosa da diversi angoli e integra i risultati per produrre una distribuzione spettrale combinata per la sorgente

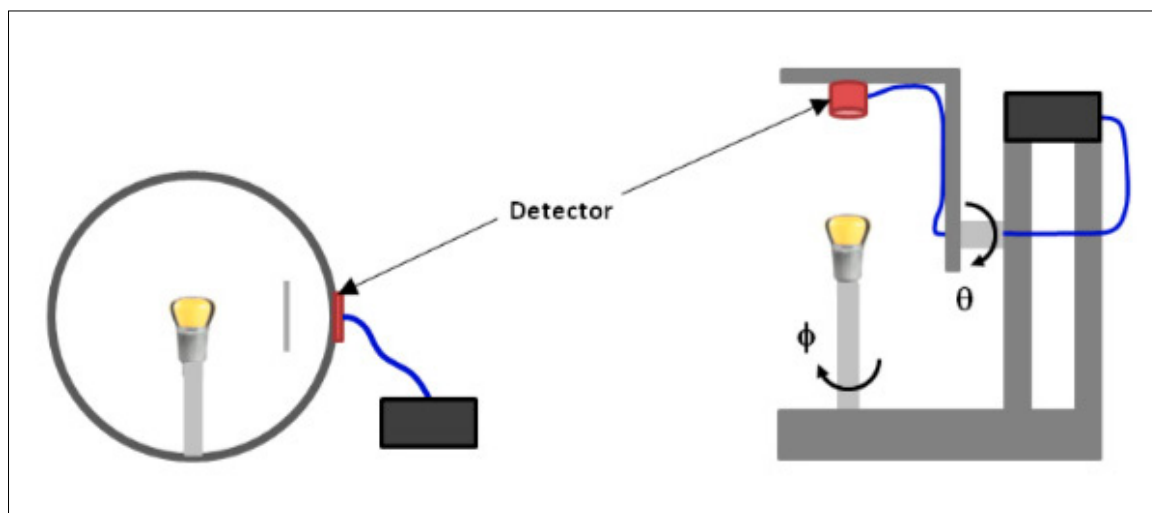


Figura 1: una sfera (a) e un goniometro (b) per le misure dei parametri ottici

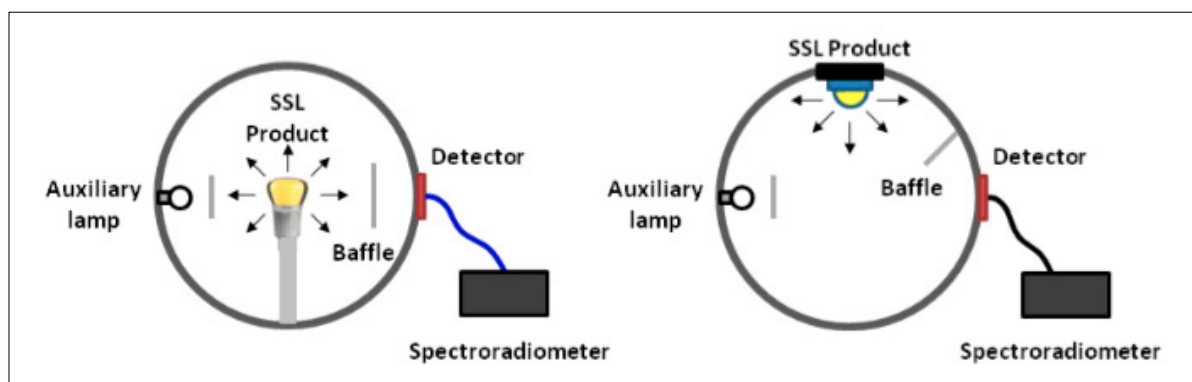


Figura 2: Tipiche configurazioni di sfere di integrazione per le misure ottiche: una congiunzione omnidirezionale 4π (sinistra) e una 2π (a destra).

luminosa. A causa della sua facilità d'uso, una sfera è spesso preferita ad un goniometro per misurare le prestazioni dei singoli LED e dei prodotti SSL. **Al seguente link un interessante articolo dal titolo "Illuminazione a LED: un futuro radioso".**

LA SFERA DI INTEGRAZIONE

Esistono due tipi di configurazioni per una sfera di integrazione utilizzata per caratterizzare le prestazioni ottiche dei LED e dei prodotti SSL (Figura 2). Una congiunzione 4π è più adatta per una sorgente luminosa omnidirezionale, mentre una congiunzione 2π è più adatta per una sorgente luminosa che emette in avanti (figura 2).

In generale un sistema completo di test è costituito dai seguenti componenti:

- una sfera di integrazione;
- standard di calibrazione di riferimento (lampada spettrale, LED di riferimento), calibrati da un laboratorio certificato ISO / IEC 17025 e alimentatori appropriati;
- spettroradiometro;
- lampada ausiliaria e alimentazione;
- computer e software per la calibrazione e la misura.

Le sfere di integrazione possono essere utilizzate per caratterizzare una varietà di sorgenti luminose, inclusi LED e prodotti SSL. Tuttavia, per ottenere risultati più accurati per i LED, è necessario rispettare determinate procedure di calibrazione. In particolare, il processo di calibrazione standard per una sfera di integrazione deve essere adattato ai LED in modo da tenere conto adeguatamente dell'alto livello radiale nella regione blu. **Al seguente link un approfondimento dal titolo "LED Matrix Player: la scheda per gestire matrici e strisce di led".**

PROCEDURE DI CALIBRAZIONE

La sfera di integrazione e lo spettroradiometro corrispondente devono essere adeguatamente tarati prima di misurare qualsiasi prodotto LED o SSL. Una possibile calibrazione è la seguente procedura:

1. Raccogliere la lettura di fondo per la sfera d'integrazione. Questa lettura viene utilizzata per reimpostare il rivelatore della sfera di integrazione a "zero". Per questa misura, il sistema a sfera deve essere oscurato da tutta la luce ambiente. È consigliabile mantenere lo stesso livello di luce ambiente durante tutto il processo di misura.
2. Calibrazione della lunghezza d'onda con standard di riferimento. La sfera di integrazione deve essere prima calibrata per la lunghezza d'onda. A tal fine, la luce da uno o più standard di riferimento (ad es. Lampade di origine HgAr e HeNe) dovrebbe essere diretta nella sfera di integrazione.
3. Calibrazione spettrale con lampada a banda larga. La risposta spettrale combinata della sfera di integrazione e dello spettroradiometro deve essere calibrata a uno standard spettrale a banda larga, calibrata da un laboratorio certificato ISO / IEC 17025. Per garantire una risposta accurata attraverso lo spettro visivo, la luce di una lampada spettrale a banda larga dovrebbe essere diretta nella sfera di integrazione.
4. Calibrazione assoluta con un LED bianco. Una tipica lampada spettrale a banda larga (incandescente) ha un'energia molto bassa nella regione blu e una energia significativamente maggiore nelle regioni rosse e infrarosse. Ciò può provocare maggiori quantità di luce strappata dalla regione infrarossa alla regione visibile dello spettrometro durante la fase di calibrazione spet-

trale. **Anche il basso rapporto segnale / rumore nella regione blu rende la calibrazione spettrale meno affidabile rispetto alle regioni rosse e infrarosse.** Un LED bianco, al contrario, emette solo la luce nello spettro visibile e niente nello spettro a infrarossi. Quindi la quantità di luce “scorretta” che raggiunge lo spettrometro è notevolmente inferiore. Inoltre, rispetto ad altre sorgenti luminose, i LED bianchi emettono in genere una gran parte della loro energia nello spettro blu. Di conseguenza, una sfera calibrata con una lampada spettrale a banda larga può dare letture assolute errate per LED (bianchi). È pertanto importante calibrare la lettura assoluta fotometrica per la sfera con uno standard LED bianco calibrato da un laboratorio certificato ISO / IEC 17025. Questo LED di riferimento dovrebbe essere montato su una presa a **temperatura controllata** per garantire una lettura costante. Poiché questo LED di riferimento è tipicamente collocato all'interno della sfera di integrazione, qualsiasi perdita di assorbimento dovuta al package deve essere corretto prima di eseguire qualsiasi misura.

CORREZIONE DI ASSORBIMENTO PER LA SORGENTE LUMINOSA

Ogni volta che un oggetto viene introdotto all'interno di una sfera di integrazione viene modificato l'effetto spettrale della sfera stessa. Questo, a sua volta, comporta una modifica dell'accuratezza totale di misura. Quindi è importante che tutte le perdite di assorbimento dovute al dispositivo sottoposto a prova (DUT) e alla sua struttura meccanica siano considerate prima di eseguire qualsiasi misurazione. La correzione di assorbimento viene tipicamente eseguita con una lampada a banda larga ausiliaria montata all'interno della sfera di integrazione. La luce di questa lampada a banda larga ausiliaria viene utilizzata per raccogliere la risposta spettrale della sfera senza e con il DUT e la sua struttura meccanica. Le perdite di assorbimento spettrale dovute al DUT e alla sua struttura meccanica possono quindi essere estratte dalla differenza tra le due risposte spettrali correttamente misurate. **La procedura impiegata è a volte anche indicata come Substitution Error Measurement.** Una volta che l'assorbimento dovuto alla DUT e alla sua struttura meccanica sia stata correttamente caratterizzata, la sfera è pronta per eseguire misure effettive con il DUT. La procedura deve essere ripetuta per ogni nuovo DUT che si trova nella sfera di integrazione.

DETECTOR

Per le varie misure ottiche relativamente alla luminosità si possono utilizzare due tipi di rivelatori, **un fotome-**

tro o uno spettroradiometro. La scelta del rivelatore detta il livello di errore associato alla misura. Un fotometro è costituito da un rivelatore a banda larga con una risposta simile a quella dell'occhio umano. La corrente di uscita di un fotometro è proporzionale al flusso luminoso. Uno spettroradiometro, al contrario, misura la distribuzione totale dello spettro luminoso a raggi infrarossi della sorgente. Le funzioni di corrispondenza dei colori CIE vengono quindi pesate con questa distribuzione (in software) per ottenere altre metriche di prestazioni ottiche.

Alcuni fotometri misurano la luce contando singoli fotoni anziché il flusso in entrata. I principi di funzionamento sono gli stessi ma i risultati sono dati in unità come fotoni / cm^2 o fotoni $\cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$ piuttosto che W / cm^2 o $\text{W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$. A causa della loro natura di conteggio individuale del fotone, questi strumenti sono limitati a osservazioni dove l'irraggiamento è basso. **L'irraggiamento è limitato dalla risoluzione del tempo dell'elettronica di acquisizione.** L'irraggiamento massimo è anche limitato dai parametri di trasmissione e guadagno del rivelatore. Nel telerilevamento in aereo e nello spazio, tali contatori di fotoni vengono utilizzati nello spettro elettromagnetico superiore dai raggi X all'ultravioletto. Questo è di solito dovuto all'intensità luminosa inferiore degli oggetti da misurare, nonché alla difficoltà di misurare la luce alle energie più elevate usando la sua natura particellare rispetto alla natura wavelike della luce a frequenze inferiori.

La qualità di un determinato sistema spettroradiometrico è una funzione della sua elettronica, dei componenti ottici, del software, dell'alimentazione e della calibrazione. In condizioni di laboratorio ideali e con esperti altamente qualificati, è possibile ottenere piccoli errori (inferiori al 10 %). Tuttavia, in molte situazioni pratiche, esiste la probabilità di errore dell'ordine del 10 %. **Durante la misura sono in gioco diversi tipi di errore.** I tre tipi fondamentali di errore rilevati come fattori limitanti di accuratezza della misura sono errori casuali, sistematici e periodici.

Gli errori casuali sono variazioni rispetto al valore medio. Nel caso di misure spettroradiometriche, questi potrebbero essere considerati come il rumore del rivelatore, dell'elettronica interna o della sorgente luminosa stessa. Gli errori di questo tipo possono essere combattuti da tempi di integrazione più lunghi o da più scansioni. Gli errori sistematici sono un offset al valore “corretto” previsto; si verificano generalmente a causa della componente umana nella misura, del dispositivo stesso o della configurazione dell'esperimento. Gli errori di taratura e le impostazioni non corrette sono tutti po-

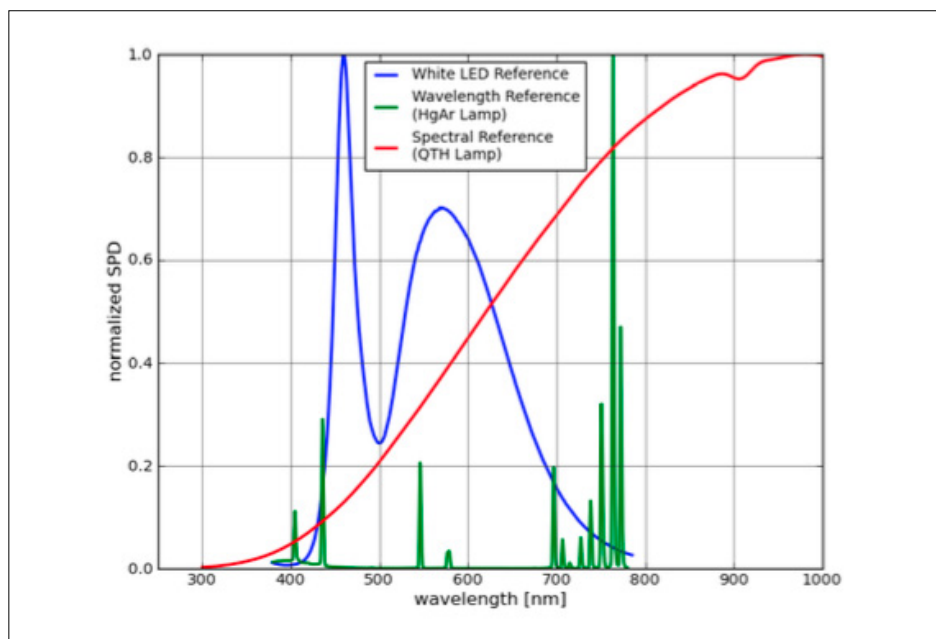


Figura 3: tipiche distribuzioni per diversi standard di luminosità

tenziali problemi. Gli errori periodici derivano da eventi ricorrenti periodici o pseudo-periodici. Le variazioni di temperatura, umidità, aria-movimento o interferenze AC potrebbero essere classificate come errori periodici.

Oltre a queste generiche fonti di errore, alcuni dei motivi più specifici di errore nella spettroradiometria includono:

- la multidimensionalità della misura: il segnale di uscita dipende da diversi fattori, tra cui la sua direzione, la polarizzazione e la distribuzione della lunghezza d'onda.
- L'inesattezza degli strumenti di misura, così come gli standard utilizzati per la calibrazione di tali strumenti.
- Le tecniche proprietarie per ridurre l'errore di multidimensionalità e di instabilità del dispositivo.

CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI

Le misure delle sfere di integrazione vengono normalmente eseguite con correnti di azionamento monopulse o continua in ingresso di natura DC. In modalità monopulse, il DUT viene sottoposto ad un impulso di corrente costante con una durata tipica di 20-50 ms, mentre il tempo di integrazione dello spettrometro è impostato leggermente più corto della durata dell'impulso. In modalità continua DC, il DUT viene sottoposto ad una corrente costante e il tempo di integrazione viene automaticamente selezionato **per ottenere il miglior rapporto segnale / rumore**. La distribuzione spettrale radiale di una sorgente luminosa a banda larga è una funzione della corrente che scorre attraverso la lampada. Quindi

di la corrente deve essere ben controllata ad un valore entro una tolleranza accettabile (ad esempio $\pm 0,1$ mA) per assicurare la stabilità relativa e la riproducibilità dello standard di sorgente luminosa.

Nel caso di LED, la distribuzione dello spettro è molto sensibile alle radiazioni della corrente e della temperatura dell'azionamento. Quindi è indispensabile che la sorgente di corrente utilizzata per alimentare lo standard LED di calibrazione assoluta e il DUT sia stabile e accurata e che il LED abbia raggiunto una temperatura di stato stazionario (figura 3). L'intensità luminosa di un LED è una funzione della corrente di trasmissione e della temperatura di giunzione.

A volte una parte della luce totale emessa da un DUT si perde a causa della presenza di un materiale con elevata assorbanza vicino al DUT. Di conseguenza, il sistema di misura registra un valore ridotto per il flusso luminoso. Questo assorbimento prossimo può verificarsi a causa di prese a LED, schede di circuito stampato (PCB) o staffe di montaggio meccaniche. È quasi impossibile correggere questo tipo di assorbimento con una lampada ausiliaria. Tuttavia, questo può essere ridotto al minimo selezionando un materiale a basso assorbimento.

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/una-panoramica-sulle-misure-ottiche>

Un sensore ottico converte i raggi luminosi in un segnale elettronico. Il suo scopo è quello di misurare una quantità fisica di luce e, a seconda del tipo di sensore, tradurla in una forma leggibile da un dispositivo di misura integrato. I sensori ottici vengono utilizzati per la rilevazione, il conteggio o il posizionamento di oggetti. Mentre i sensori esterni raccolgono e trasmettono una quantità di luce richiesta, quelli interni vengono spesso utilizzati per misurare le curve e altri piccoli cambiamenti nella direzione.

INTRODUZIONE

Ci sono diversi tipi di sensori ottici, i tipi più comuni sono i dispositivi fotoconduttori utilizzati per misurare un cambiamento di luce incidente in termini di variazioni di resistenza. La cella fotovoltaica (celle solari) converte una quantità di luce incidente in una tensione di uscita. I fotodiodi che convertono una quantità di luce incidente in una corrente di uscita. I fototransistori, invece, sono un tipo di transistor bipolare in cui la giunzione collettore-base è esposta alla luce. **Ciò determina lo stesso comportamento di un fotodiodo, ma con un guadagno interno.** Il principio di funzionamento è la trasmissione e la ricezione di luce in un sensore ottico: l'oggetto da rilevare riflette o interrompe una quantità di luce emessa da un diodo emettitore. A seconda del tipo di dispositivo viene valutata l'interruzione o la riflessione del fascio luminoso. Ciò consente di rilevare oggetti indipendentemente dal materiale (legno, metallo, plastica o altro). I dispositivi speciali consentono anche di individuare oggetti trasparenti o quelli con differenti colori o varianti di contrasto. Il sistema a raggi infrarossi è costituito da due componenti distinte, il trasmettitore e il ricevitore disposti in posizione opposta tra loro. Il trasmettitore proietta un fascio di luce sul ricevitore. L'interruzione del fascio luminoso viene interpretata dal ricevitore come un segnale di commutazione (figura 1).

Esistono molti tipi di sorgenti luminose. Il sole e la luce sono state le prime fonti luminose utilizzate per studiare l'ottica. Infatti, la luce proveniente da determinate materie (ad esempio, iodio, cloro e ioni di mercurio) fornisce ancora punti di riferimento nello spettro ottico. **Uno dei componenti chiave della comunicazione ottica è la sorgente luminosa. Nelle comunicazioni ottiche le sorgenti luminose devono essere monocromatiche, compatte e durature.**

PARAMETRI

I datasheet di ciascun sensore comprendono i valori massimi assoluti e le caratteristiche elettriche ed ottiche. Sono definiti i valori massimi per parametri quali la tensione inversa e diretta, la corrente del collettore, la dissipazione di potenza e le temperature di lavoro. **I sensori ottici devono essere utilizzati entro questi limiti.** In pratica, le applicazioni devono essere progettate in modo da avere un ampio margine tra le condizioni operative e quelle massime assolute. Questi valori sono garantiti e vengono testati durante la fabbricazione del sensore. I valori tipici devono essere utilizzati solo come guida nel processo di progettazione. La corrente di luce più bassa che può essere elaborata come un segnale utile determina la più debole riflessione utilizzabile e definisce la sensibilità del sensore. Questa corrente di luce è determinata da due parametri: cross talk e dark

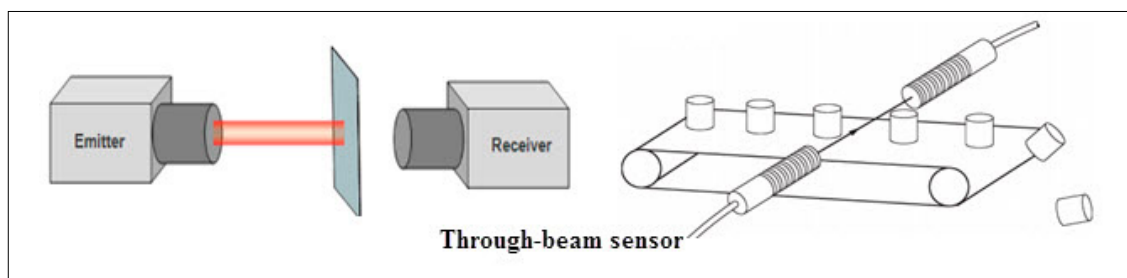


Figura 1: sistema a raggi infrarossi

current. Se il sensore riflettente è a base di piombo o PCB, alcune delle lampade emesse saranno riflesse internamente o canalizzate all'interno del package al rilevatore. Questo è chiamato cross talk ottico. Viene misurata operando il sensore senza un mezzo riflettente. La riflessione della luce emessa da finestre o superfici che circondano il sensore è un'altra fonte di analisi da tenere conto nel design dell'applicazione. In molte applicazioni questo crosstalk ambientale sarà molto più elevato di quello interno dei componenti del sensore e determinerà il rapporto segnale/rumore o la distanza operativa.

SENSORI UV

L'indice UV digitale è una misura internazionale standard della resistenza delle radiazioni ultraviolette dal sole. Sviluppato in Canada, poi adottato e standardizzato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) e dall'Organizzazione Mondiale Meteorologica nel 1994. L'indice UV è legato linearmente all'intensità della luce solare e viene ponderato in base allo **Erythral Action Spectrum**, sviluppata dalla CIE (International Commission on Illumination). In pratica, maggiore è il valore dell'indice, maggiore rischio di scottature. Un valore di indice di 10 è stato originariamente stabilito per corrispondere approssimativamente al sole estivo di mezzogiorno con un cielo chiaro nell'emisfero settentrionale. Tuttavia, nei tropici, o ad alta quota, o in zone conosciute da uno strato di ozono esaurito, i valori dell'indice possono essere più elevati. Le previsioni sono fatte da un modello al computer che rappresenta gli effetti di elevazione del sole, ozono stratosferico, nuvola, inquinamento atmosferico e altitudine. Con questa scala lineare possiamo generalmente accettare che un'esposizione di un'ora di un valore di indice di 4 è circa equivalente a mezz'ora a un livello di indice di 8.

L'esposizione alle radiazioni UV non solo provoca scottature ma anche lo sviluppo del cancro della pelle, così come può essere causa di danni agli occhi come la cataratta. Il cancro della pelle è riportato come la forma più comune di malattia negli Stati Uniti, e la sua incidenza è in rapida crescita negli altri paesi. Mentre le radiazioni UVA (da 315 a 400 nm) sono in gran parte responsabili dell'invecchiamento cutaneo e del melanoma, le radiazioni UVB (da 280 a 315 nm) provocano scottature. Tuttavia, in piccole dosi, le radiazioni UV

sono vantaggiose per la nostra salute. La vitamina D, ad esempio, viene sintetizzata solo dal corpo con l'aiuto di radiazioni UV. I raggi UVA sono vantaggiosi nell'attivazione del pigmento melanico nello strato esterno della pelle, dandoci un abbronzatura così come una certa protezione. Pertanto, le persone con una pelle meno pigmentata di melanina hanno un rischio maggiore di scottature e melanoma. L'indice UV cambia durante il giorno e il valore SPF è considerato una misura imperfetta del livello di protezione fornito.

Silicon Labs sta assumendo un ruolo guida nell'indice UV e nell'attività di rilevamento e monitoraggio dell'esposizione con il suo Si1132. Progettato come un sensore di indice UV a chip singolo, non solo analizza l'esposizione UV, ma fornisce anche la misurazione della frequenza cardiaca e la misurazione dell'ossimetria del sangue per applicazioni fitness, nonché il controllo di prossimità / gesto per interfacciarsi a distanza. Il dispositivo include indici UV e sensori di luce ambientale, con un'interfaccia I²C standard per l'industria al fine di leggere i valori digitali dell'indice UV. I dispositivi complementari comprendono i sensori di prossimità / ambiente UV e IR di Si1145 / 46/47, che offrono una scelta di uno, due o tre driver LED integrati con quindici livelli di azio-

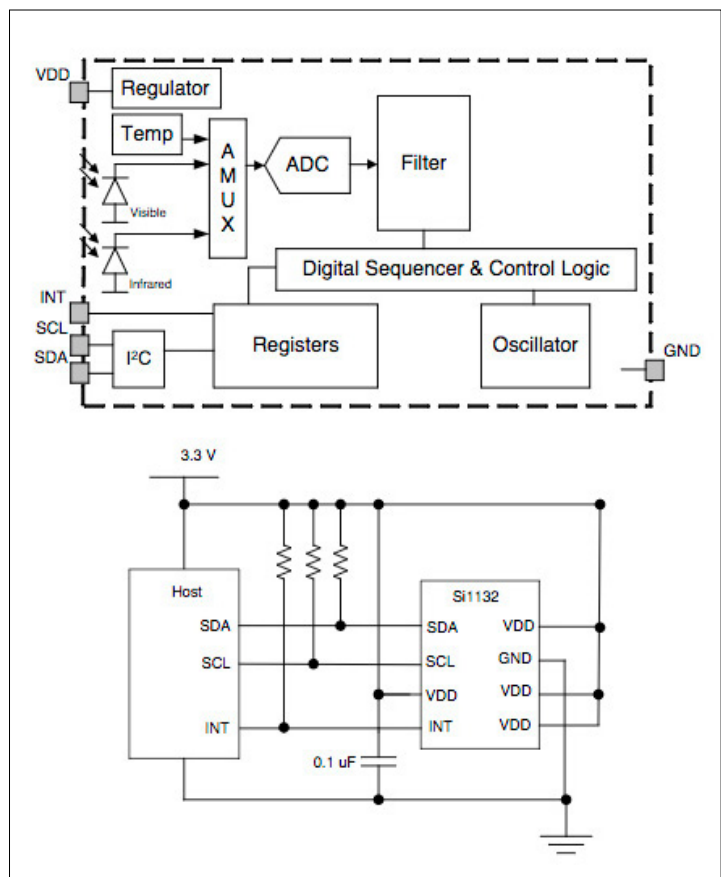


Figura 2: schema applicativo con il sensore UV della Silicon Labs

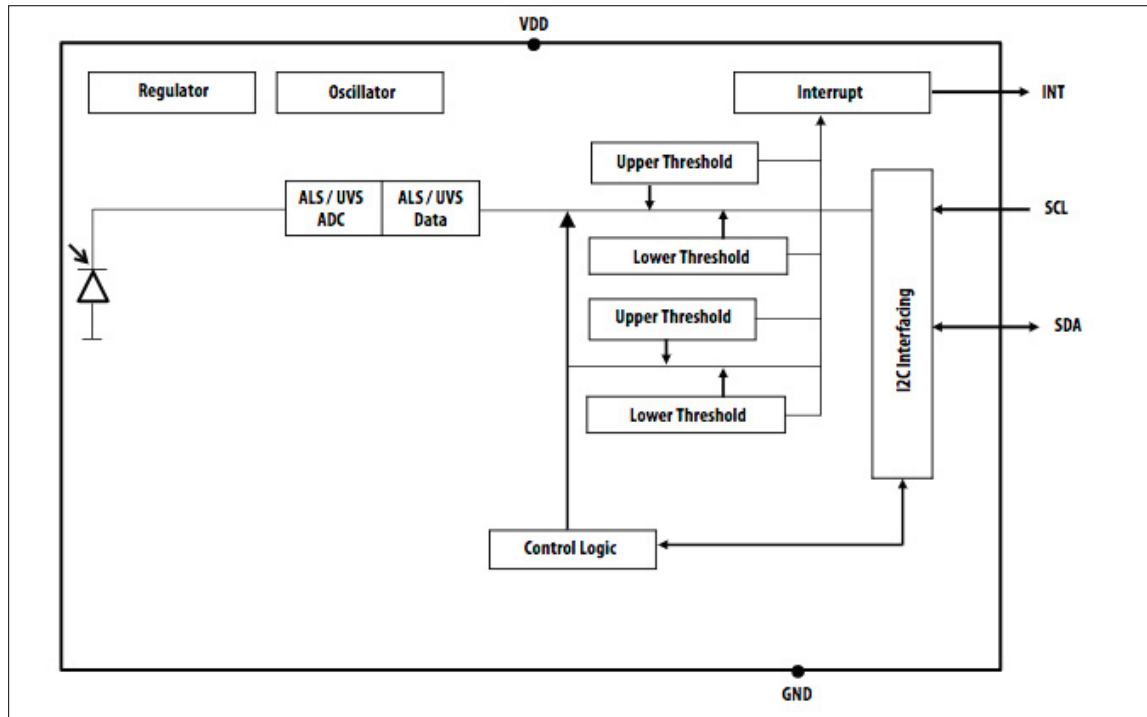


Figura 3: schema a blocchi del APDS-9200

namento selezionabili per la rilevazione di gesti (figura 2). **Al seguente link un approfondimento dal titolo “Le soluzioni di Driver per l’illuminazione LED”.**

Il dispositivo **Broadcom APDS-9200** è un altro sensore delle categoria che grazie al suo fattore di forma consente di avere una buona risposta. L’APDS -9200 converte la luce UV in dati digitali come indice UV (1 ...> 11) che rappresentano valori di esposizioni UV. **La funzione di rilevamento ultravioletto è utile nei consumatori per il monitoraggio della radiazione UV-A e UV-B.** Il rilevamento della luce ambientale è mirato alla gestione dei display con lo scopo di prolungare la durata della batteria e offrire una visione ottimale in diverse condizioni (figura 3).

SENSORI DI PROSSIMITÀ

I sensori di prossimità sono stati utilizzati per molti anni in applicazioni industriali, in particolare nelle linee di processo produttive per determinare quando una unità di produzione sta transitando. I sensori di base utilizzano un approccio interrotto della luce dall’altro lato di un percorso o di una cinghia. I sensori più sofisticati riflettono l’illuminazione del prodotto di destinazione verso un sensore fotografico situato vicino alla sorgente luminosa. Questo approccio può essere classificato come un rivelatore da vicino, in quanto può rilevare quando un prodotto è vicino al sensore. Questa stessa tecnologia del sensore di prossimità viene applicata a smart mobile

devices. Nella sua forma di base, un sensore di prossimità può sostituire un interruttore meccanico per determinare interessanti situazioni lavorative in molti campi della produzione.

Può anche essere utilizzato per rilevare quando un telefono viene tenuto vicino al viso. **I sensori di prossimità industriali utilizzano tipicamente la luce visibile che potrebbe non essere così desiderata nelle applicazioni smart mobile device.** Certamente non vogliamo che la sorgente luminosa del sensore di prossimità consumi più energia di quanto stiamo risparmiando. Queste preoccupazioni sono affrontate nei dispositivi mobile spostando dallo spettro della luce visibile alla banda vicino a quella infrarossi, e passando da un sistema di misura continuo ad un approccio di misurazione campionato. Lo spettro della luce visibile va da 390 a circa 750 nm di lunghezza d’onda. I LED a raggi infrarossi (IR) comunemente utilizzati nei telecomandi sono disponibili nei pressi di 875 nm vicino all’infrarosso (NIR), appena fuori dalla banda visibile e si distingue chiaramente da quella a infrarossi a lunghezza d’onda lunga 10.000 nm che abbiamo come calore (figura 4).

È possibile ottenere un utile ed efficace sensore di prossimità, come mostrato in figura 4, rilevando il segnale riflesso attraverso un filtro ottico a un fotodiodo che guida un filtro passa-alto. Campionando e integrando questo segnale, è possibile determinare se l’oggetto di destinazione è vicino o lontano. Se il sistema è stato

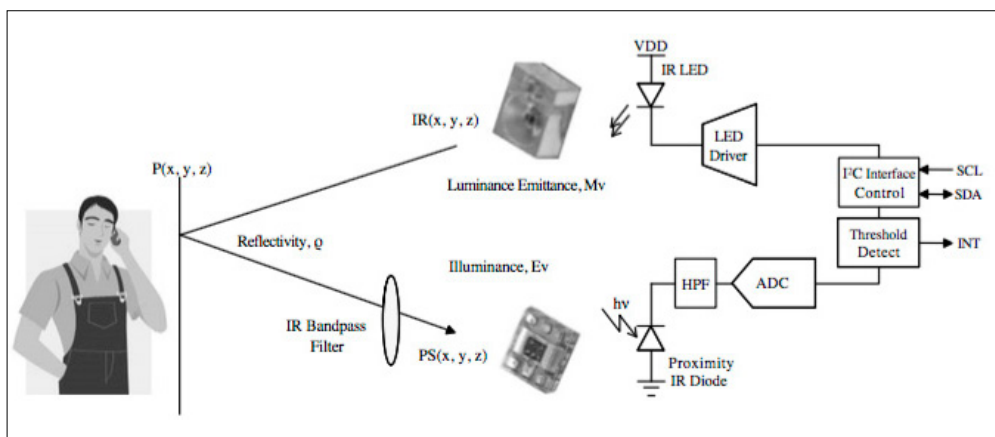


Figura 4: schema a blocchi di funzionamento di un sensore di prossimità

calibrato correttamente e la riflettività dell'obiettivo è nota, è possibile calcolare la distanza effettiva. Nelle applicazioni smart device mobile, la riflessività potrebbe non essere così semplice. Con un sensore di prossimità vicino è possibile aggiungere un algoritmo al sistema di gestione dell'alimentazione per spegnere la luce posteriore del display quando il telefono viene tenuto vicino all'orecchio. È inoltre possibile fornire un certo grado di controllo del volume quando il telefono viene spostato più vicino o più lontano dall'orecchio. Sono disponibili diversi tipi di sensori di prossimità. Quelli analogici utilizzano tipicamente una resistenza esterna per impostare la soglia di rilevazione e un'altra per impostare la corrente dell'azionamento a LED.

Per dispositivi mobile intelligenti, i dispositivi ALS (Ambient Lighting Sensor) e PS (Proximity Sensor) sono utili per la regolazione della tonalità e per spegnere completamente la retroilluminazione del display. Entrambi i dispositivi sono comunemente disponibili con la stessa interfaccia bus I2C e entrambi richiedono un packaging ottico. Perché non combinarli? Un sensore di luce ambientale può essere integrato con uno di prossimità senza aggiungere altri pin alla periferica di rilevamento, con conseguente riduzione dei costi di materiale (BOM) e dei costi associati. Alcuni fornitori hanno anche integrato il dispositivo LED nel package. Tuttavia, questo non è così pratico o vantaggioso come l'integrazione dei due sensori. I dispositivi a LED utilizzano processi di silicio molto meno complessi e prendono notevoli quantità di materiale rispetto ai sensori. Anche i LED sono fabbricati ad alto volume da più venditori per più applicazioni ed è difficile corrispondere alle economie di scala con un dispositivo più specializzato.

CONCLUSIONI

I sensori ottici hanno da tempo giocato una parte in-

tegrante dell'innovazione e dell'evoluzione della tecnologia. Nell'attuale mondo della tecnologia intelligente e degli indossabili smart wear, i sensori ottici hanno nuovamente trovato di avere un ruolo molto importante da svolgere. I progressi nella tecnologia del sensore ottico stanno migliorando la gestio-

ne dell'alimentazione offrendo miglioramenti all'interfaccia utente delle piattaforme portatili smart mobile. I sensori integrati di luce ambiente e di prossimità possono ridurre notevolmente il consumo di energia e aumentare la durata della batteria. I sistemi di rilevamento di prossimità di percorsi multipli consentono di aprire la porta a nuove tecniche di rilevamento senza touch 3D. Al seguente link un interessante articolo dal titolo "Le soluzioni IC Time-of-Flight (ToF) per il gesture recognition" Nell'ambito della tecnologia del sensing ottico non va dimenticato gli enormi progressi compiuti dalla tecnologia CMOS Image Sensor (CIS). Le prestazioni dei sensori di immagine sono notevolmente migliorate nel corso degli anni, e la tecnologia CIS ha ottenuto grandi successi commerciali dall'introduzione di telefoni cellulari che utilizzano telecamere a bordo, passando per sistemi di sicurezza in molti ambienti operativi. Molte persone, tra cui scienziati e specialisti di marketing, hanno predetto 15 anni prima che i sensori di immagine CMOS stavano per sostituire completamente i dispositivi di imaging CCD, allo stesso modo dei dispositivi CCD con i tubi catodici. D'altra parte, l'azionamento nella tecnologia CMOS ha drasticamente aumentato il mercato globale del settore imaging. I sensori di immagine CMOS non solo hanno creato nuove applicazioni di prodotto, ma hanno anche potenziato le prestazioni dei dispositivi di imaging CCD combinati con altri tipi di sensori ottici con lo scopo di offrire un valido prodotto.

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/i-sensori-ottici>

Aspetti ingegneristici della radiazione ultravioletta

di Maurizio Di Paolo Emilio

*Nello spettro elettromagnetico, la **radiazione** ultravioletta (UV) è classificata come avente una lunghezza d'onda da 10 nm a 400 nm. Queste lunghezze d'onda sono più corte di quelle della luce visibile e più lunghe di quelle dei raggi X. Ci sono tre classificazioni di luce UV: UVA ha lunghezze d'onda tra 315 e 400 nm, UVB ha lunghezze d'onda tra 280 e 315 nm e UVC ha lunghezze d'onda tra 100 e 280 nm.*

INTRODUZIONE

I nostro sole emette radiazioni UV attraverso lo spettro da 10 a 400 nm. Quando raggiunge la superficie terrestre, con il sole a mezzogiorno, la composizione della luce solare è del 53% IR, 44% visibile e 3% UV. Di questo 3% di UV che raggiunge il suolo, circa il 95% è UVA e il 5% è UVB. **Naturalmente, queste percentuali variano leggermente con la copertura nuvolosa e altre condizioni atmosferiche.** Il sole non è l'unica fonte di radiazioni UV. Ci sono diversi dispositivi artificiali che generano anche queste onde. I generatori UV più familiari alle persone sono le luci nere (Figura 1).

Le principali applicazioni di luci nere sono quelle in cui la luce visibile estranea è indesiderabile, osservando la conseguente fluorescenza causata quando determinate

sostanze sono esposte alla luce UV. Le lampade UV a onda corta sono costituite da tubi di lampade fluorescenti senza un rivestimento di fosforo (figura 2). L'efficienza tipica di queste lampade è dal 30% al 40%, l'applicazione primaria di queste lampade è la disinfezione delle superfici di laboratorio. Le lampade a scarica di gas contengono diversi gas scelti per produrre radiazioni UV a specifiche linee spettrali che vengono utilizzate in applicazioni scientifiche specializzate. **I laser possono essere** specificamente fabbricati per produrre luce UV. **A seconda della tecnologia laser** (laser a gas, diodi laser o laser a stato solido) e dei materiali utilizzati, i laser possono essere realizzati per coprire l'intera fascia UV. Diodi a emissione luminosa (LED) vengono prodotti specificamente per produrre luce UV. Questi dispositivi sono attualmente utilizzati nelle applicazioni di polimerizzazione UV, sterilizzazione, terapia cutanea e nella chimica per identificare le miscele dei componenti. C'è un mercato industriale in crescita per i LED a raggi ultravioletti ad alta potenza e per la luce visibile nella cura, nella macchina visiva e in altre applicazioni che richiedono fonti di produzione elevate. I requisiti di applicazione per i componenti industriali ad alta potenza LED e gli apparecchi di illuminazione dettano che i prodotti devono essere di un costo ragionevole, garantendo alti livelli di affidabilità, lunghi tempi di vita e tempi di fermo minimi. Queste esigenze richiedono lo sviluppo di moduli termicamente efficienti e protetti dall'ambiente operativo immediato.

THERMAL DESIGN

L'utilizzo di LED UV presenta sfide termiche per l'ingegnere di progettazione. Il LED bianco standard è efficiente al 50%: la metà è trasformata in luce, il restante 50% è calore. È necessario tenere a bada quel caldo



Figura 1: Le luci nere fluorescenti tipiche emettono onde UVA



Figura 2: Lampade UV a onda corta

affinchè possa distruggere il LED stesso. Quando si tratta di LED UV, l'efficienza scende in modo allarmante. Nel caso di UVA, l'efficienza del LED scende al 40%, ma con LED UVC al 5%, il 95% di energia viene come calore. **Sono fondamentali i dissipatori di calore!** Il calore deve essere condotto fuori dalla base del LED tramite un PCB termicamente conduttivo per evitare il surriscaldamento del LED stesso. I LED hanno bisogno di condurre il calore in modo efficiente, ma anche i collegamenti elettrici funzionali sono importanti per la vita del dispositivo. Le lunghezze d'onda più corte tendono a degradare il materiale organico, quindi la scelta del PCB è spesso limitata a materiali inorganici. Essendo completamente inorganico, non si degrada con l'uso. Tradizionalmente, l'industria ha **utilizzato PCB** rivestiti di metallo, con uno strato dielettrico di solito realizzato con un materiale organico. Possono essere utilizzate anche ceramiche come l'ossido di alluminio o il nitruro di alluminio (AlN). Cambridge Nanotherm, specializzata nello sviluppo di soluzioni di gestione termica, ha creato Nanotherm DMS, una soluzione metallizzata diretta su una facciata che affronta queste sfide di thermal design. È un materiale in nano-ceramica con un rivestimento a film sottile che rimuove quello strato organico. La PCB mono-laterale diretta metallizzata di Nanotherm utilizza un processo brevettato di ossidazione elettrochimica che converte la superficie dell'alluminio in uno strato dielettrico di allumina. I LED UV consentono una vasta gamma di opportunità: la sfida chiave per i produttori di moduli è come bilanciare le esigenze termiche con costi e praticità.

APPLICAZIONI

Ci sono diverse applicazioni che sfruttano le proprietà delle radiazioni UV e forniscono molti vantaggi per la salute e il benessere delle persone. La capacità delle onde UV di uccidere i microbi e di rimuovere contaminanti è oggi l'uso primario. **I contaminanti ambientali inter-**

ni sono praticamente composti a base di carbonio organici che si rompono con l'esposizione ad UVC ad alta intensità nell'intervallo 240 nm a 280 nm. Può anche distruggere il DNA nei microrganismi. I LED UV **RVXE-280** e **RVXP-280** disponibili da Digi-Key, possono aiutare nella purificazione dell'aria all'interno della stanza in cui è collocato (figura 3). Questi LED UVC a 280 nm (nominali) sono disponibili come unità Star Board o

dispositivi di montaggio a superficie con uscite radianti tipiche di 4 mW (dispositivi RVXE), 16 mW (dispositivi RVXP1) e 50 mW (periferiche RVXP4).

I LED UVC possono essere utilizzati anche per diverse applicazioni di sterilizzazione e disinfezione. Nei laboratori di medicina e biologia, la radiazione UVC viene utilizzata in combinazione con altre tecniche per sterilizzare gli strumenti e le superfici di lavoro. Altre applicazioni comuni per la radiazione UVC includono il trattamento delle acque di scarico e dell'acqua potabile comunale. È anche utilizzato dagli imbottiglieri di acqua di sorgente per sterilizzare il loro prodotto. Inoltre, la radiazione UVC viene utilizzata per uccidere i microrganismi nell'industria alimentare. La radiazione UV non è solo utile per la purificazione e la sterilizzazione, ma è anche un aiuto alla cura della pelle per alcune condizioni come la psoriasi e la vitiligine (una condizione in cui le patch cutanee perdono il pigmento). Un uso fondamentale è nell'apparecchiatura di trattamento per l'essiccazione di vernici, adesivi e altri materiali. Queste applicazioni possono utilizzare sia la luce visibile che la luce UV in una gamma di lunghezze d'onda inferiori a 450 nm, tipicamente applicando lunghezze d'onda di banda UV-A tra 365 e 405 nm.

CONCLUSIONI

I LED UV sono LED che emettono raggi UV con una lunghezza d'onda di circa 400 nm. Sono suddivisi in diodi a emissione ultravioletti (NUV-LED), la cui lunghezza d'onda di emissione è di circa 300-400 nm, e i LED a raggi ultravioletti (DUV-LED), la cui lunghezza d'onda di emissione è di circa 200-300 nm. I LED UV sono promettenti candidati per varie applicazioni: sostituzione di lampade UV; sorgenti luminose a fluorescenza per illuminazione e display; sorgenti luminose ad alta risoluzione per microscopi e macchine di esposizione; sorgenti luminose per l'eccitazione chimica utilizzati per la cura della resina, la medicina e la biotecnologia; sorgenti lu-

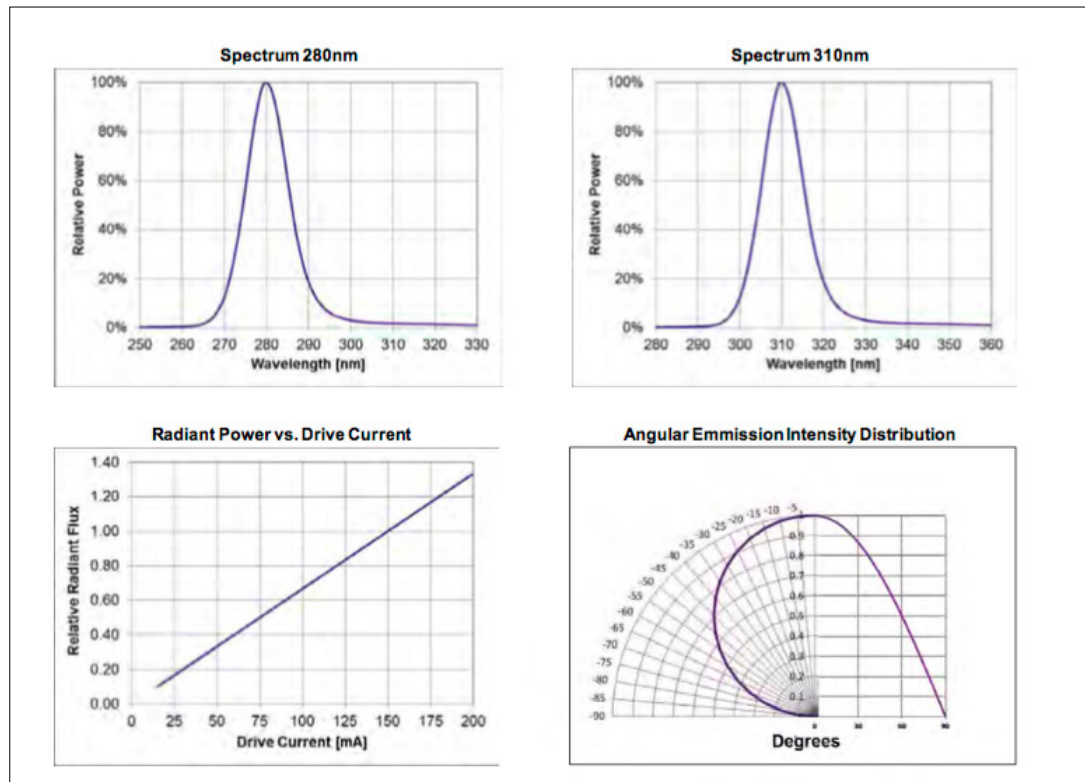


Figura 3: Curve caratteristiche della serie XE di RayVio. La tecnologia avanzata della serie XE consente il funzionamento delle batterie per applicazioni compatte e portatili che servono i mercati consumer e professionali.

minose di eccitazione per spettroscopia utilizzati per l'identificazione di banconote, chip di DNA e monitoraggio

sviluppi della tecnologia del cristallo, del trattamento dei chip e delle **tecnologie di packaging**, raggiungendo il 30% a una lunghezza d'onda di 365 nm, il 50% a 385 nm e il 60% a 405 nm. La potenza per LED di prodotti ad alta potenza ad una lunghezza d'onda di 365 nm ha raggiunto 12 W, 100 volte i valori di dieci anni fa, 118 mW (500 mA). Il costo di questi LED ad alta potenza è diminuito a seguito della produzione di massa, rendendoli disponibili per varie applicazioni.

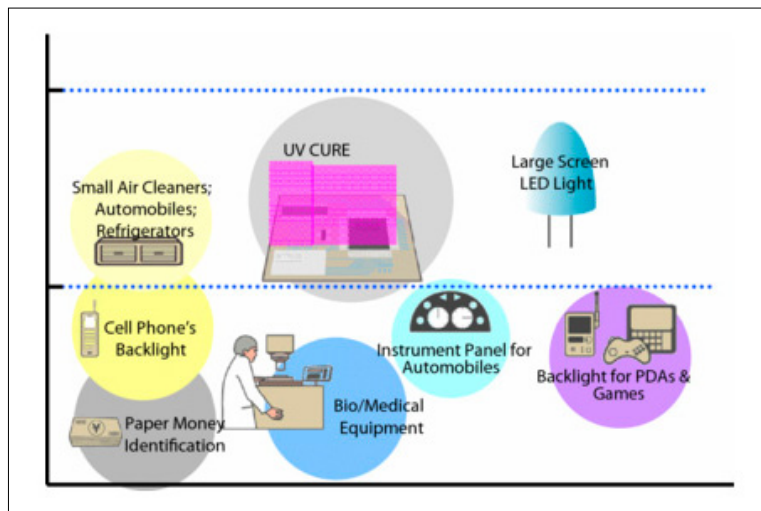


Figura 4: il mercato dei LED UV

ambientale (figura 4).

I LED UV che emettono luce ad una potenza di pochi milliwatt hanno già sostituito le lampade UV per l'identificazione di banconote in macchine automatiche. **L'efficienza quantistica esterna del NUV-LED, in particolare, è notevolmente migliorata a causa degli**



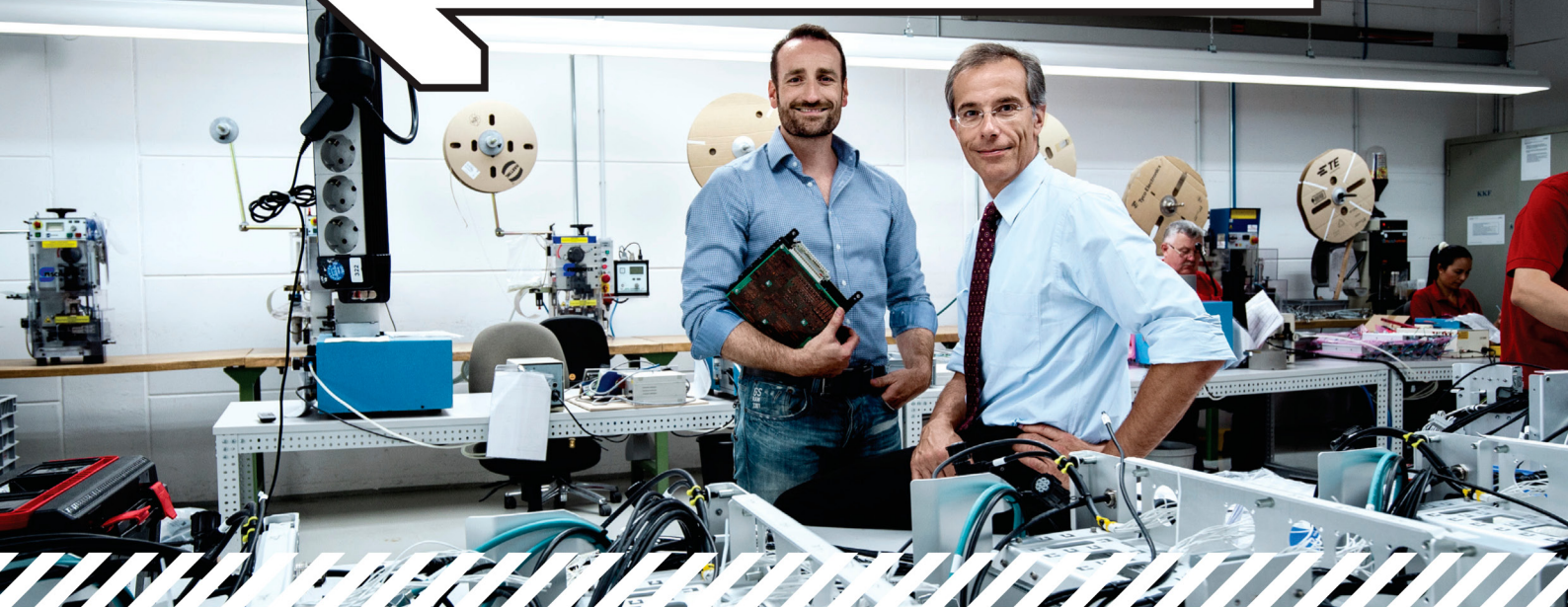
L'autore è a disposizione nei commenti per eventuali approfondimenti sul tema dell'Articolo. Di seguito il link per accedere direttamente all'articolo sul Blog e partecipare alla discussione:

<https://it.emcelettronica.com/aspetti-ingegneristici-della-radiazione-ultravioletta>

»I treni vanno sempre più veloce.

Noi ci assicuriamo che frenino sempre meglio.»

Michael Kiermeir, ing. industriale specializzato in sistemi frenanti ferroviari, **Tekkie dal 1990**
Dipl.-Ing. Dr. phil. Ralf Hasler, CEO della Lacon Electronic GmbH, **Tekkie dal 1971**



**Tutta l'elettronica e la tecnologia
per i professionisti in un solo fornitore.**

Più di 20.000 aziende leader italiane si sono già affidate a
business.conrad.it



**Professionalità
esclusiva**



**Unico
Magazzino**
**Centro logistico europeo
automatizzato**



**Risparmia
Tempo**
**Risparmia tempo
prezioso online**



**Servizi
Certificati**
**Servizi e
certificazioni**

CONRAD
Business Supplies

business.conrad.it
750.000 prodotti online
servizioclienti@conrad.it - quotazioni@conrad.it
02 92 98 11