

# EO

VERTICAL MAGAZINE  
**EO Lighting**  
elettronica

## COVER STORY

Il flusso di progettazione  
che rivoluziona  
la piattaforma SDR

## TECH FOCUS

Batterie  
Discreti

elettronica  
OGGI

GENNAIO/FEBBRAIO 2015 - N° 442 - € 4,50

Mensile di elettronica professionale,  
componenti, strumentazione e tecnologie



**DIGIKEY.IT**  
SPEDIZIONE GRATUITA  
PER ORDINI SUPERIORI A € 65!



**NATIONAL  
INSTRUMENTS™**

**La più grande selezione mondiale  
di componenti elettronici in pronta  
consegna Immediate Shipment!®**

**SPEDIZIONE  
GRATUITA**  
PER ORDINI SUPERIORI A € 65!\*



# Copertura globale!



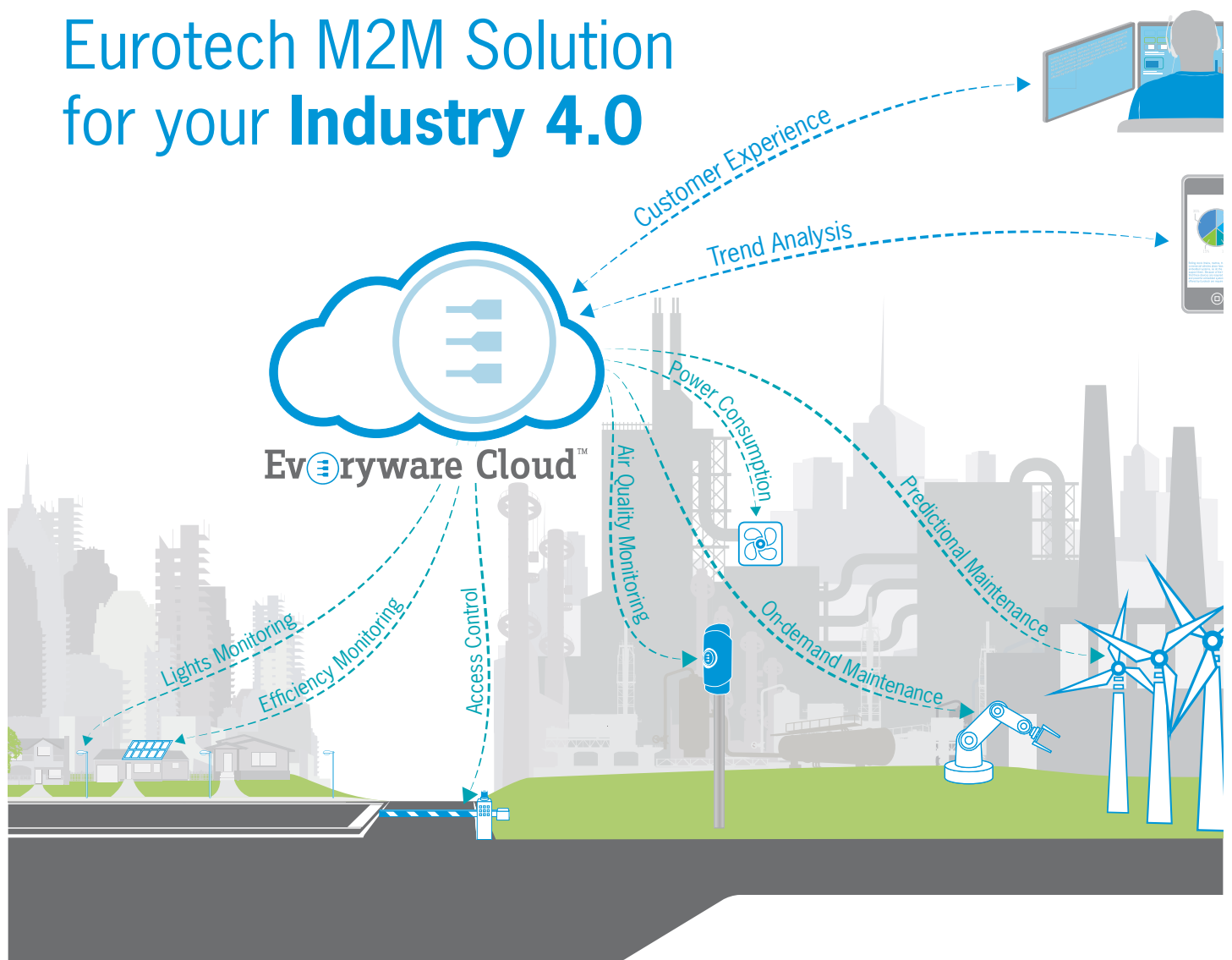
**800 786310**  
**DIGIKEY.IT**

**OLTRE 1.000.000 PRODOTTI IN MAGAZZINO | OLTRE 650 FORNITORI LEADER DEL SETTORE | DISTRIBUTORE AUTORIZZATO AL 100%**

\*A tutti gli ordini di importo inferiore a € 65,00 sarà aggiunto un addebito per la spedizione pari a € 18,00. Tutti gli ordini vengono spediti tramite UPS, consegna entro 1-3 giorni (secondo la destinazione finale). Nessun addebito per i costi di imballaggio. Tutti i prezzi sono in euro e comprensivi di imposte. Se peso eccessivo o circostanze eccezionali dovessero comportare un addebito diverso, i clienti verranno contattati prima della spedizione dell'ordine. Digi-Key è un distributore autorizzato di tutti i partner fornitori. Nuovi prodotti aggiunti ogni giorno. © 2015 Digi-Key Corporation, 701 Brooks Ave. South, Thief River Falls, MN 56701, USA



# Eurotech M2M Solution for your **Industry 4.0**



Eurotech helps customers connect industrial equipment and sensors seamlessly and securely to Enterprise applications through **Everyware Cloud™**, a **M2M Integration Platform**. It offers out of the box functionalities like:

- Device operation and management
- Device application and lifecycle management
- Real-time device/connection status
- Support for industrial protocols
- Easy integration with enterprise applications
- Real-time data analysis and historical data
- Aggregated Real-time data streams from devices

[www.eurotech.com](http://www.eurotech.com)

 **EUROTECH**  
Imagine. Build. Succeed.

Europe, Middle East and Africa  
[sales.emea@eurotech.com](mailto:sales.emea@eurotech.com)

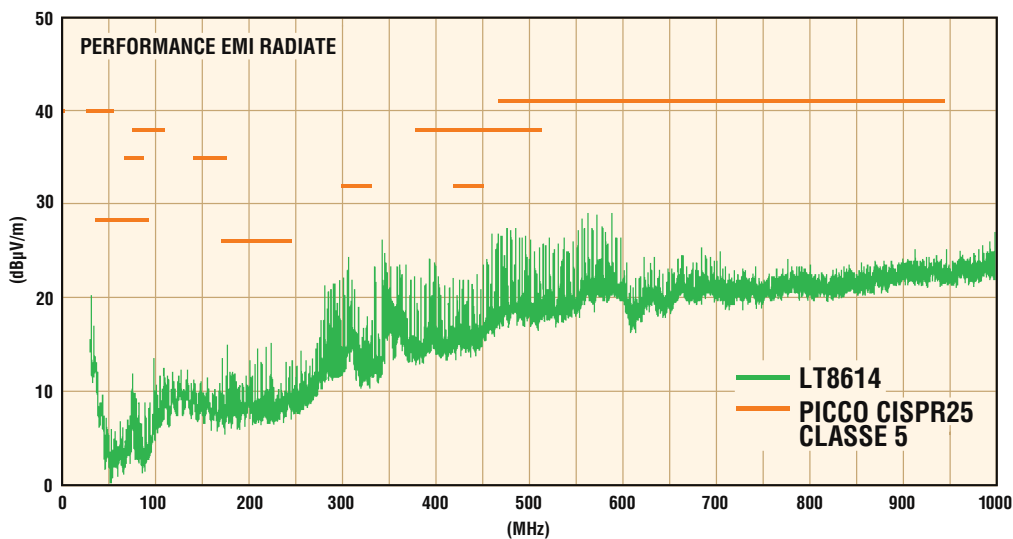
Latin America  
[sales.la@eurotech.com](mailto:sales.la@eurotech.com)

North America  
[sales.na@eurotech.com](mailto:sales.na@eurotech.com)

Asia Pacific  
[sales.ap@eurotech.com](mailto:sales.ap@eurotech.com)

For your local contact please refer to:  
[www.eurotech.com/contacts](http://www.eurotech.com/contacts)

# Silent Switcher™



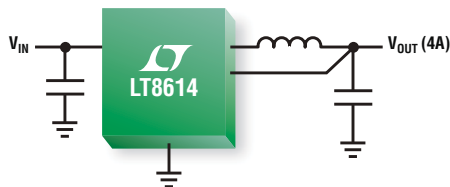
## LT8614: il regolatore buck sincrono a 42V, 4A con EMI ridotte al minimo rispetta i requisiti CISPR25

- Emissioni EMI/EMC ultrabasse
- Rispetta i requisiti CISPR25, classe 5 in materia di emissioni EMI
- $V_{IN}$  range da 3,4V a 42V
- Package QFN di 3mm x 4mm
- Fino al 94% di rendimento a 2MHz
- Corrente di riposo 2,5µA
- Tempo minimo di accensione 30ns
- Basso dropout 200mV

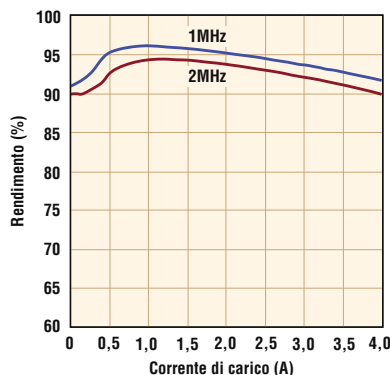
### Regolatori buck sincroni

Codice prodotto	Caratteristiche
LT®8610	42V Input, 2.5A $I_{OUT}$ , 2.5µA $I_Q$
LT8611	42V Input, 2.5A $I_{OUT}$ , 2.5µA $I_Q$ , $I_{SENSE}$
LT8610A/AB	42V Input, 3.5A $I_{OUT}$ , 2.5µA $I_Q$
LT8612	42V Input, 6A $I_{OUT}$ , 2.5µA $I_Q$
LT8614	42V Input, 4A $I_{OUT}$ , 2.5µA $I_Q$ , Ultralow EMC/EMI
LT8640*	42V Input, 6A $I_{OUT}$ , 3µA $I_Q$ , Ultralow EMC/EMI
LT8620	65V Input, 2A $I_{OUT}$ , 2.5µA $I_Q$
LT8616*	42V Input, Dual Output 2.5A/1.5A, 5µA $I_Q$

\* Prodotto futuro



### Rendimento da 12V<sub>IN</sub> a 5V<sub>OUT</sub>



### Info e campioni gratuiti

[www.linear.com/product/LT8614](http://www.linear.com/product/LT8614)  
Tel.: +39-039-596 50 80  
Fax: +39-039-596 50 90



**Ingombro soluzione  
LT8614**  
(dimensioni reali)

LT, LFC, LTM, Linear Technology e il logo Linear sono marchi registrati e Silent Switcher è un marchio di Linear Technology Corporation. Tutti gli altri marchi sono di proprietà dei rispettivi titolari.





Sono molto diffusi i dispositivi optoelettronici fabbricati con all'ingresso un Led che riceve una corrente dall'esterno e la trasforma in fotoni, che usa per illuminare un fotorelevatore, che genera un'altra corrente di uguale valore che va in uscita. Questi dispositivi sono al tempo stesso isolatori e accoppiatori

## TECH-FOCUS

Sono molte le ricerche in corso sulle batterie allo stato solido e ancora poche le proposte commercialmente competitive, ma l'interesse in proposito ha alimentato le aspettative e perciò in questa avventura si stanno cimentando numerosi laboratori sia accademici sia delle principali aziende

**8 ADVERTISERS**  
**10 WE SPEAK ABOUT**  
**17 EDITORIAL**

**COVER STORY** 18 Il flusso di progettazione che rivoluziona la piattaforma Sdr - *Sanjay Challa*

**TECH INSIGHT** 22 Display e tablet "arrotolabili" grazie ai transistor Sgt - *Gianluca Scotti*  
24 Elementi circuitali planari in 3D - *Lucio Pellizzari*

**ANALOG/MIXED SIGNAL** 26 Oscillatori Ocxo: uno sguardo in profondità - *Peter Sinclair*  
29 Come filtrare il segnale con la capacità di ingresso - *Peter Sarson, Andreas Wild*

**POWER** 32 Potenza è sinonimo di digitale - *Mark Adams*

**TECH-FOCUS** 36 Componenti discreti optoelettronici - *Lucio Pellizzari*  
40 Batterie agli ioni di litio più solide - *Massimo Fiorini*

**DIGITAL** 43 La sicurezza funzionale degli apparecchi a controllo elettronico - *Ralf Hickl, Ileana Keges, Martin Motz*  
46 Come valutare i test sulle prestazioni dei microcontrollori ultra low-power - *Stefan Schauer*

**COMM** 51 Bluetooth a bassa energia per applicazioni non solo consumer - *Lucio Pellizzari*

**COMPONENTS** 54 Condensatori per applicazioni critiche: progettati per resistere - *James C. Lewis*

**EDA/SW/T&M** 57 I vantaggi delle misure nel dominio del tempo mediante un Vna - *Christian Sattler*  
62 Campionamento superveloce con il sistema di misura Genesis HighSpeed - *Massimo Mortarino*

**66 PRODUCTS&SOLUTIONS**  
**84 AGENDA**

**III** Mercati/Attualità  
**V** Collegamento diretto alla rete AC - *Wolfgang Endrich*  
**VIII** Nasce la prossima generazione di Led bianchi - *Matthias Diephaus*  
**XI** Led blu e fosfori gialli per una luminosità ottima - *Lucio Pellizzari*  
**XIV** Collaudo dei Led ad alta potenza - *David Wyban*  
**XVI** News

## Click and START

A deep insight into the electronics technologies that will reshape the world

[www.elettronica-plus.it](http://www.elettronica-plus.it)

network  
**TECH**  plus.it

lead your business



FIERA MILANO  
MEDIA

mouser.it

Prodotti d'avanguardia per  
progetti innovativi™



La più ampia selezione dei prodotti più innovativi.

Più di 4 milioni di prodotti di oltre 500 produttori.

Distribuzione di semiconduttori e  
componenti elettronici per ingegneri e progettisti



**DESIGN** <http://elettronica-plus.it/design-articles>

- L'innovazione passa per gli 8 bit - *Filippo Fossati*
- Sensori e display stampati in polimeri organici - *Lucio Pellizzari*
- Soluzioni di carica wireless e di energy harvesting per l'IoT - *Tony Armstrong*
- Un sensore di immagine a elevatissima sensibilità ottica - *Massimo Fiorini*
- Progettazione di circuiti sequenziali low power con clock gating - *Maurizio Di Paolo Emilio*
- Comunicazioni M2M per la connettività IoT - *Lucio Pellizzari*
- Infotainment automotive con Arm e Linux - *Gianluca Scotti*
- Energy harvesting triboelettrico - *Lucio Pellizzari*

**KNOWLEDGE/COURSES** <http://elettronica-plus.it/knowledge/courses/>

- Daq (parte 9) - Design con Fpga (seconda parte) - *Maurizio Di Paolo Emilio*
- Alimentazione: alcuni suggerimenti (parte 42) - Dispositivi discreti: una valida alternativa ai Mosfet integrati (parte 1 di 2) - *Robert Kollman*
- Microelettronica in 12 puntate - 1: la giunzione PN - *Maurizio Di Paolo Emilio*

**NEWS/ANALYSIS** <http://elettronica-plus.it/news-analysis/>

- NIDays 2015: dritto al cuore dell'innovazione
- Intel: entrate record nel 2014
- Buone le previsioni per il mercato delle Fpga
- Samsung: proposta di acquisizione per BlackBerry
- RS Components, nuovo accordo con Bare Conductive
- Digi-Key: crescita a due cifre grazie al modello di distribuzione

**NEWS/ANALYSIS / VIEW POINTS/INTERVIEWS** <http://elettronica-plus.it/news-analysis/view-points-interviews/>

- Mems - Answers provided by Kent Novak, senior vice president and general manager of Dlp Products, Texas Instruments - *Edited by the editorial staff*
- Mems - Juha Siltanen, director, business planning, Murata Electronics Oy - *Edited by the editorial staff*
- Focus on Industrial, Military, Medical Applications  
*Lyonel Eveno, director distribution Europe, Tdk-Lambda France*

**PRODUCTS/FEATURE PRODUCTS** <http://elettronica-plus.it/products/featured-products/>

- Altera: dispositivi PowerSoC ad alto grado di integrazione
- Cadence: nuova piattaforma Cadence Perspec System
- Advantest: handler per il test dei circuiti integrati di memoria di ultima generazione

**PRODUCTS** <http://elettronica-plus.it/products/>

- Microchip: gesture controller per il riconoscimento gestuale 3D in dispositivi embedded
- Isolamento Usb semplice robusto e pronto all'uso...
- Elettromeccanica Ecc amplia l'offerta nel medicale
- Deciso: firewall open source
- Crystek: Voltage Controlled Oscillator a 1690 MHz
- Vishay: induttori lhpl nel formato 2020

**TECH FOCUS**

INTEGRATI AUTOMOTIVE  
GESTIONE TERMICA  
TECNOLOGIE WEARABLE  
ROADMAP MICROPROCESSORI

**MAIN TOPICS**

Modelli termici sempre più accurati

I vantaggi dei finFet nello sviluppo di IP

Tecnologia "Sub-Threshold"  
per consumi infinitesimali

Valutare le prestazioni degli Mcu  
a basso consumo

Tecnologie 5G ai blocchi di partenza

Soluzioni basate su Pcb  
per il collaudo di sistemi satellitari

**COMING SOON ON**  
elettronica-plus.it

Daq (parte 10) - Scelta di un trasduttore

**Alimentazione:** alcuni suggerimenti (parte 43) - I  
dispositivi discreti possono rappresentare  
una valida alternativa ai driver  
Mosfet integrati (parte 2 di 2)

Microelettronica  
in 12 puntate - 2: circuiti raddrizzatori

**VERTICAL  
MAGAZINE**

**EO Power**



## ULTIME NOVITÀ DAI NOSTRI DESIGN CENTER



### easyTOUCH 3 nuovi modelli easyTOUCH 7.0", 12.1" e 18.5"

- » Front glass 3mm, temperato, AG
- » Optical Bonding
- » Display incollato al sensore touch con vetro
- » Controller maxTouch driverless per una rapida integrazione
- » Disponibilità immediata per le campionature

### eDM-pITX-BT Industrial Pico-ITX

- » Intel® Atom™ E3815 o Celeron J1900
- » fino a 4GB DDR3L di memoria
- » CAN 2.0, 2 x Mini-PCIe (mini formato)
- » 2 x COM, 3 x USB 2.0, 1 x USB 3.0
- » Dual Channel 24 bit LVDS, DisplayPort
- » Gigabit Ethernet
- » +12V DC ingresso



### eDM-CB-Colibri Carrier Board

- » 24x Bit LVDS /24x Bit TTL RGB
- » Power controller interno
- » Moduli scalabili di Toradex
- » Wide Power Input: +9-24V DC
- » USB 2.0, RS232, CAN, ETH
- » microSD-Card, SPI, I²C
- » Dimensioni: 115mm x 76mm



**DATA MODUL Italia, S.r.l.**

Viale Cooperazione, 15 | 20095 Cusano Milanino - MI-

Tel. +39-02-664 098 68 | [italy@data-modul.com](mailto:italy@data-modul.com) | [www.data-modul.com](http://www.data-modul.com)

BETA LAYOUT	61
BURSTER ITALIA	11
CODICO	79
COMSOL	9
CONRAD ELECTRONIC ITALIA	III COPERTINA
DATA MODUL	8
DIGI KEY	II COPERTINA
EUROTECH	3
KEYSIGHT	13
LINEAR TECHNOLOGY	4
MICROSET	10
MOUSER ELECTRONICS	IV COPERTINA/6/14
NATIONAL INSTRUMENTS	I COPERTINA/15
RAFI	67/68
REICHELTELEKTRONIK	27
RUTRONIK ELEKTRONISCHE	12
TDK LAMBDA	63
VARITRONIX	49

# Ampiezza di vedute.

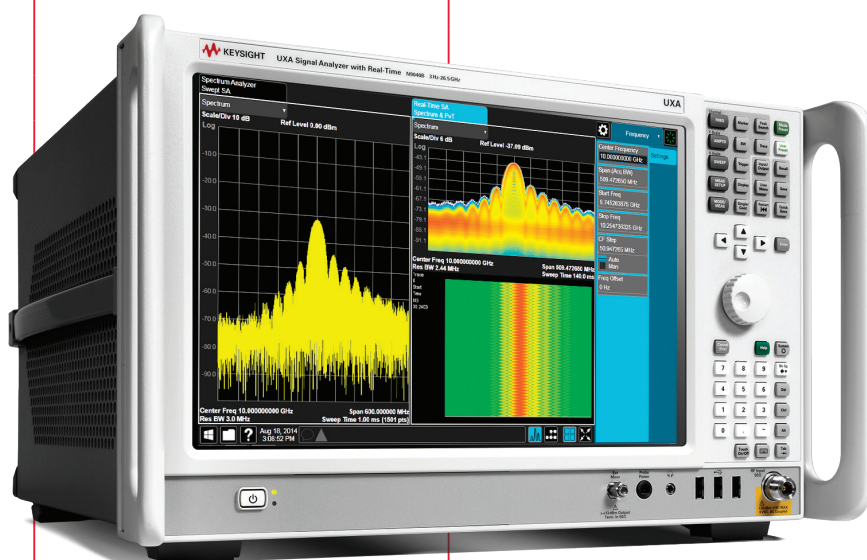
## Analizzatore di segnali UXA di Keysight

Ampiezza di banda di analisi in real-time di 510 MHz

Range dinamico libero da spurie sull'intera banda >75 dBc

Rumore di fase di -136 dBc/Hz a 1 GHz, offset di 10 kHz

Touchscreen capacitivo di 14,1" con UI ottimizzata



# Profondità di analisi.

Il nuovo UXA è l'analizzatore di segnali ad ampia banda a più elevate prestazioni del mercato. Con una larghezza di banda di analisi real-time pari a 510 MHz e un bassissimo rumore di fase, l'analizzatore UXA fornisce visualizzazioni chiare e dettagliate per l'individuazione e la risoluzione di tutti i problemi di progetto, anche i più nascosti. Un menù ottimizzato per la fruizione tattile di semplice utilizzo facilita il setup di misura. Provatelo un analizzatore di spettro UXA per valutarne le reali prestazioni.

**Visionate il nostro filmato dimostrativo e scaricate una nota applicativa all'indirizzo [www.keysight.com/find/widebandUXA](http://www.keysight.com/find/widebandUXA)**



+39 800 599 100

Eseguite la scansione per visualizzare il filmato

© Keysight Technologies, Inc. 2014

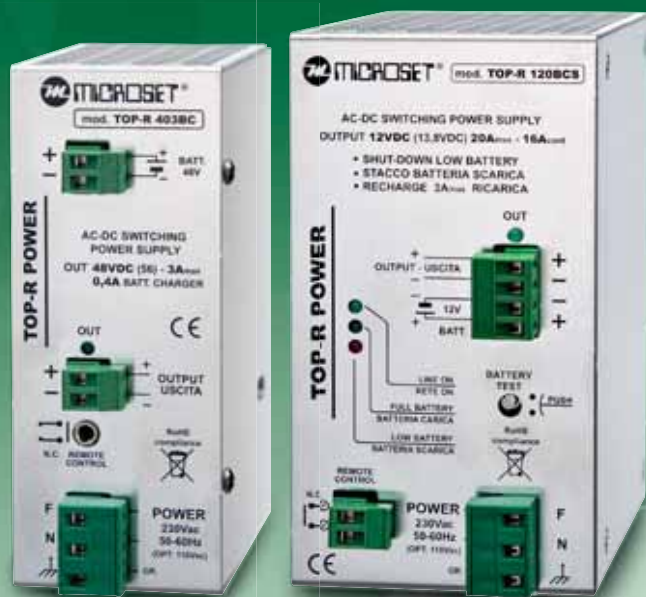
 **KEYSIGHT**  
TECHNOLOGIES

Unlocking Measurement Insights

Il gruppo di Test e Misura di Agilent è adesso **Keysight Technologies.**



# PICCOLI E POTENTI MASSIMA AFFIDABILITÀ



## Nuova serie **TOP-R** ALIMENTATORI CON SISTEMA INTELLIGENTE DI CONTINUITÀ 12-24-48VDC 3-20A (75-440W)

-  **ASSENZA DI VENTILATORE, OPERATIVI FINO A 60°C (CON CARICO RIDOTTO)**
-  **COMPATTI E AFFIDABILI - MTBF OLTRE 10 ANNI**
-  **STACCO AUTOMATICO BATTERIA SCARICA**
-  **TEST STATO BATTERIA**
-  **CONTROLLO REMOTO**
-  **SCARICATORI DI RETE**
-  **APPLICAZIONI IMPORTANTI E DI SICUREZZA**
-  **INSTALLAZIONE PER BARRA DIN**

**MADE IN ITALY**

Visitate il sito [www.microset.net](http://www.microset.net), troverete una vasta gamma di alimentatori e sistemi per ogni esigenza!

 **MICROSET** INT SRL

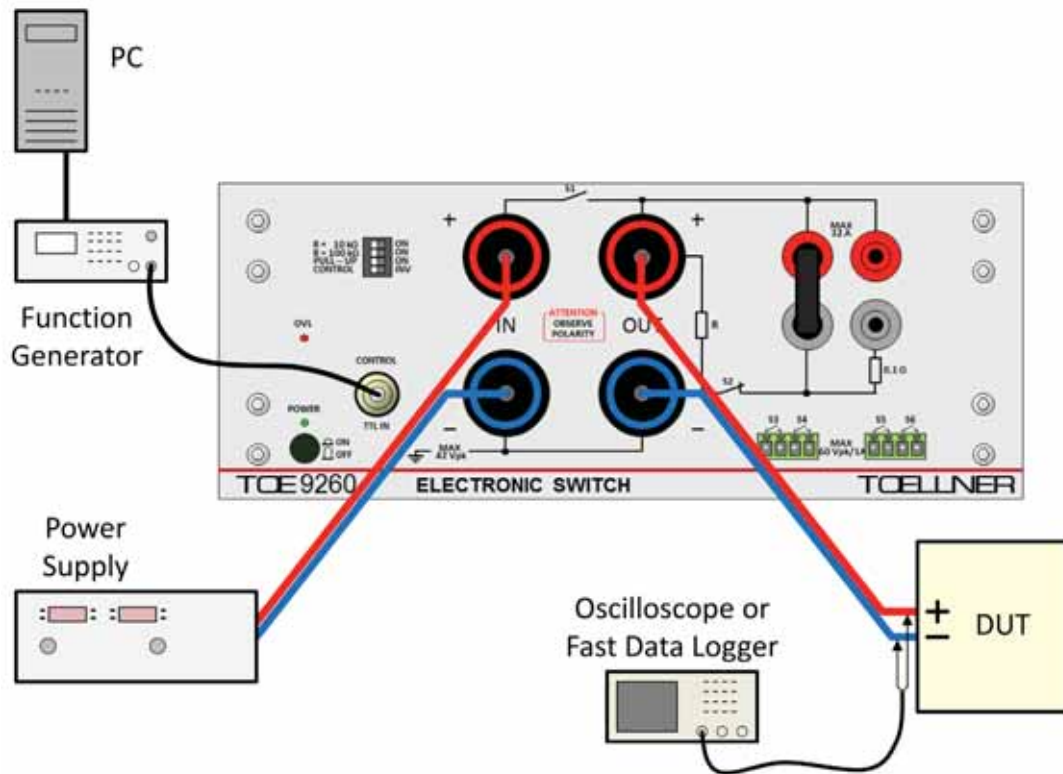
Via A. Peruch, 64 - 33077 Sacile (PN) - Italy  
Tel. (+39) 0434 72459 - Fax. (+39) 0434 72450  
info@microset.net - [www.microset.net](http://www.microset.net)



**EO 442**  
eletttronica  
www.eletttronica-plus.it

**WE SPEAK  
ABOUT...**

A&T AFFIDABILITÀ & TECNOLOGIE	<a href="http://www.affidabilita.eu">www.affidabilita.eu</a>	62
ABI RESEARCH	<a href="http://www.abiresearch.com">www.abiresearch.com</a>	51
ADVANCED TECHNOLOGY INSTITUTE	<a href="http://www.surrey.ac.uk/ati/index">www.surrey.ac.uk/ati/index</a>	22
AGL	<a href="https://automotive.linuxfoundation.o">https://automotive.linuxfoundation.o</a>	WEB
AMS AUSTRIAMICROSYSTEMS	<a href="http://www.ams.com">www.ams.com</a>	29
ANAFOCUS	<a href="http://www.anafocus.com">www.anafocus.com</a>	WEB
ANRITSU	<a href="http://www.anritsu.com">www.anritsu.com</a>	57
ARM	<a href="http://www.arm.com">www.arm.com</a>	WEB
BERG INSIGHT	<a href="http://www.berginsight.com">www.berginsight.com</a>	WEB
BRIDGELUX	<a href="http://www.bridgelux.com">www.bridgelux.com</a>	VIII
CEA-LETI	<a href="http://www.leti.fr">www.leti.fr</a>	24
CNRS	<a href="http://www.cnrs.fr">www.cnrs.fr</a>	24
COMMISSARIT A L'ÉNERGIE ATOMIQUE	<a href="http://www.cea.fr">www.cea.fr</a>	24
COMPOSE3	<a href="http://www.compose3.com">www.compose3.com</a>	24
CONSORZIO AMP	<a href="http://www.ampgroup.com/">http://www.ampgroup.com/</a>	32
CREE LIGHTING EUROPE	<a href="http://www.cree-europe.com">www.cree-europe.com</a>	III - XVII
CUI	<a href="http://www.cui.com/">http://www.cui.com/</a>	32
DIODES	<a href="http://www.diodes.com">www.diodes.com</a>	XVII
DISPLAYSEARCH	<a href="http://www.displaysearch.com">www.displaysearch.com</a>	IV
DOW CORNING	<a href="http://www.dowcorning.com/">http://www.dowcorning.com/</a>	III
DTF TECHNOLOGY	<a href="http://www.dtf-technology.de">www.dtf-technology.de</a>	24
E2V TECHNOLOGIES	<a href="http://www.e2v.com">www.e2v.com</a>	WEB
EBV ELEKTRONIK	<a href="http://www.ebv.com">www.ebv.com</a>	IV
ERICSSON	<a href="http://www.ericsson.com">www.ericsson.com</a>	32
EUROLIGHTING	<a href="http://www.eurolighting-gmbh.eu/">http://www.eurolighting-gmbh.eu/</a>	V
EVERLIGHT ELECTRONICS	<a href="http://www.everlight.com">www.everlight.com</a>	XVI
FAIRCHILD SEMICONDUCTOR	<a href="http://www.fairchildsemi.com">www.fairchildsemi.com</a>	36- XVI
FLEXSMELL	<a href="http://www.flexsmell.eu">www.flexsmell.eu</a>	WEB
GARTNER	<a href="http://www.gartner.com">www.gartner.com</a>	WEB
GEMALTO	<a href="http://www.gemalto.com">www.gemalto.com</a>	WEB
GENIVI ALLIANCE	<a href="http://www.genivi.org">www.genivi.org</a>	WEB
ICP DAS	<a href="http://www.icpdas.com">www.icpdas.com</a>	WEB
IDTECHEX	<a href="http://www.idtechex.com">www.idtechex.com</a>	III - WEB
IMDEA MATERIALS INSTITUTE	<a href="http://www.materials.imdea.org">www.materials.imdea.org</a>	24
IMS RESEARCH	<a href="http://www.imsresearch.com">www.imsresearch.com</a>	VIII
IQD FREQUENCY PRODUCTS	<a href="http://www.iqdfrequencyproducts.com">www.iqdfrequencyproducts.com</a>	26
KEITHLEY INSTRUMENTS	<a href="http://www.keithley.com">www.keithley.com</a>	XIV
KEMET	<a href="http://www.kemet.com">www.kemet.com</a>	54
KEYSIGHT TECHNOLOGIES	<a href="http://www.keysight.com">www.keysight.com</a>	66
KINGBRIGHT	<a href="http://www.kingbright-europe.de/en/">http://www.kingbright-europe.de/en/</a>	XVII
KORE	<a href="http://www.koretelematics.com">www.koretelematics.com</a>	WEB
LAIRD TECHNOLOGIES	<a href="http://www.lairdtech.com">www.lairdtech.com</a>	51
LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LAB	<a href="http://www.lbl.gov/">http://www.lbl.gov/</a>	40
LEDIL	<a href="http://www.ledil.com/">http://www.ledil.com/</a>	IV
LEONARD KUNZ STIFTUNG	<a href="http://www.kurz.de">www.kurz.de</a>	WEB
LINEAR TECHNOLOGY	<a href="http://www.linear.com">www.linear.com</a>	WEB
LINUX FOUNDATION	<a href="http://www.linuxfoundation.org">www.linuxfoundation.org</a>	WEB



Alimentazione di qualità - funzioni arbitrarie - quattro quadranti - amplificatori

Committed to excellence

- CATALOGUE
- PROCUREMENT
- MASSQUOTATION
- PRODUCT CHANGE NOTIFICATION

## e-commerce made easy

Rutronik 24 is the modular Internet platform for the procurement of electronic components.

The business processes are thereby simplified substantially. The advantages of faster Online orders combine with customized advice to meet your needs.

We thereby do not replace our service, quite the opposite: we complement it.



**RUTRONIK 24**  
next generation e-commerce

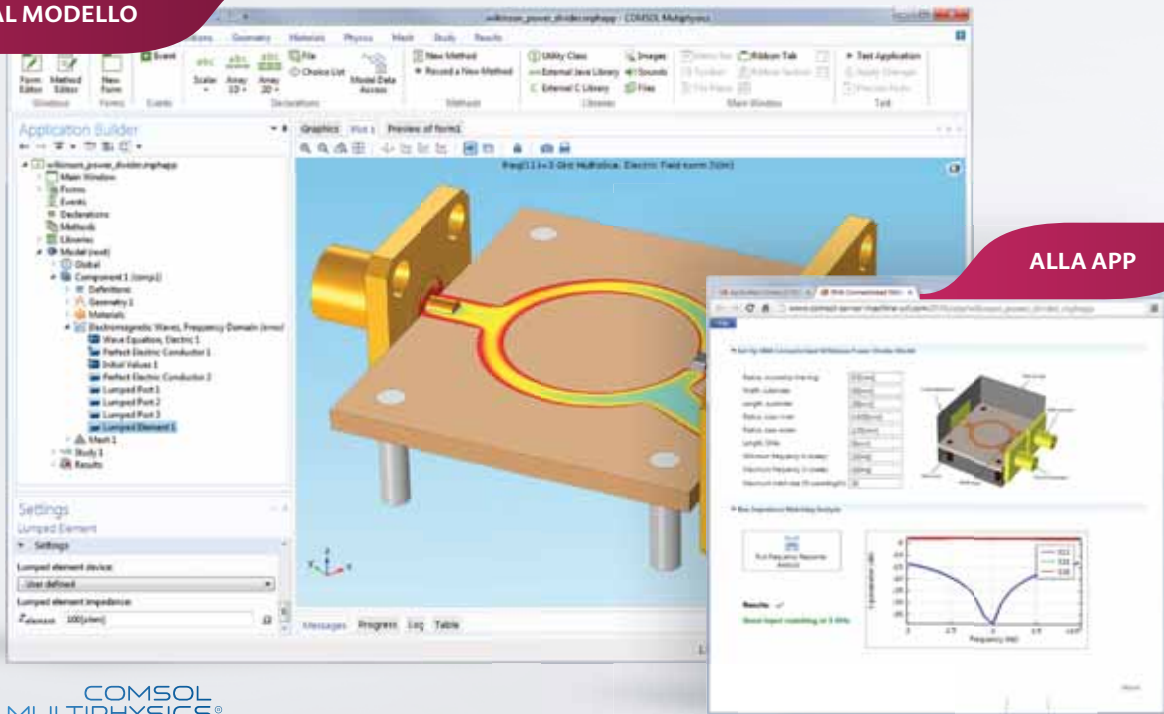
www.rutronik24.com

**EO 442**  
eletttronica  
www.elettronica-plus.it

**WE SPEAK ABOUT...**

LITECOOL	<a href="http://www.litecool.co.uk/">http://www.litecool.co.uk/</a>	IV
LUX RESEARCH	<a href="http://www.luxresearchinc.com">www.luxresearchinc.com</a>	VIII
M2M FORUM	<a href="http://www.m2mforum.it">www.m2mforum.it</a>	WEB
MICROCHIP TECHNOLOGY	<a href="http://www.microchip.com">www.microchip.com</a>	WEB
MORNSUN	<a href="http://www.mornsun-power.com/">http://www.mornsun-power.com/</a>	66
MULTITECH	<a href="http://www.multitech.com">www.multitech.com</a>	WEB
MURATA ELETTRONICA	<a href="http://www.murata.com">www.murata.com</a>	32-WEB
NATIONAL INSTRUMENTS	<a href="http://www.ni.com">www.ni.com</a>	XVIII
NEXTM2M	<a href="http://www.nextm2m.com">www.nextm2m.com</a>	WEB
NICHIA	<a href="http://www.nichia.com">www.nichia.com</a>	XI
NORDIC SEMICONDUCTOR	<a href="http://www.nordicsemi.com">www.nordicsemi.com</a>	51
OAA	<a href="http://www.openautoalliance.net">www.openautoalliance.net</a>	WEB
OAK RIDGE NATIONAL LAB	<a href="http://www.ornl.com">www.ornl.com</a>	40
ON SEMICONDUCTOR	<a href="http://www.onsemi.com">www.onsemi.com</a>	XVI
PERATECH	<a href="http://www.peratech.com">www.peratech.com</a>	WEB
PHILIPS	<a href="http://www.philips.it">www.philips.it</a>	IV
PHILIPS RESEARCH	<a href="http://www.research.philips.com">www.research.philips.com</a>	22
PLASTIC LOGIC	<a href="http://www.plasticlogic.com">www.plasticlogic.com</a>	WEB
PLESSEY SEMICONDUCTORS	<a href="http://www.plesseysemiconductors.com">www.plesseysemiconductors.com</a>	III - IV
POLYIC	<a href="http://www.polyic.com">www.polyic.com</a>	WEB
POWER INTEGRATIONS	<a href="http://www.powerint.com">www.powerint.com</a>	XVII
POWVR	<a href="http://www.imgtec.com">www.imgtec.com</a>	WEB
PURDUE UNIVERSITY	<a href="http://www.purdue.edu">www.purdue.edu</a>	36
REPORTSNREPORTS	<a href="http://www.reportsnreports.com/">http://www.reportsnreports.com/</a>	WEB
ROPAS	<a href="http://www.ropas-project.eu">www.ropas-project.eu</a>	WEB
RUTRONIK	<a href="http://www.rutronik.com">www.rutronik.com</a>	43- XVI
SCHOOL OF MATERIALS ENGINEERING	<a href="http://www.mse.gatech.edu">www.mse.gatech.edu</a>	WEB
SEEO	<a href="http://seeo.com">http://seeo.com</a>	40
SEVENTH FRAMEWORK PROGRAMME		
FOR RESEARCH	<a href="http://ec.europa.eu/research/fp7/">http://ec.europa.eu/research/fp7/</a>	WEB
SHARP ELECTRONICS	<a href="http://www.sharp-world.com">www.sharp-world.com</a>	36
SIMS	<a href="http://www.fp7-sims.eu">www.fp7-sims.eu</a>	WEB
SISTEMI AVANZATI ELETTRONICI	<a href="http://www.sisav.it">www.sisav.it</a>	WEB
STMICROELECTRONICS	<a href="http://www.st.com">www.st.com</a>	24-40
SYLVANIA	<a href="http://www.sylvania.com">www.sylvania.com</a>	XVI
TDK LAMBDA	<a href="http://www.it.tdk-lambda.com">www.it.tdk-lambda.com</a>	WEB
TELIT WIRELESS SOLUTIONS	<a href="http://www.telit.com">www.telit.com</a>	WEB
TEXAS INSTRUMENTS	<a href="http://www.ti.com">www.ti.com</a>	46 - 66-XVII- WEB
THINFILM	<a href="http://www.thinfilm.no">www.thinfilm.no</a>	WEB
TOHOKU UNIVERSITY	<a href="http://www.tohoku.ac.jp">www.tohoku.ac.jp</a>	40
TOSHIBA ELECTRONICS EUROPE	<a href="http://www.toshiba.com">www.toshiba.com</a>	36 - VIII - XVI
TYNDALL	<a href="http://www.tyndall.ie">www.tyndall.ie</a>	24
UNIVERSITÀ DELLA CALIFORNIA	<a href="http://www.ucsb.edu/">http://www.ucsb.edu/</a>	XI
UNIVERSITÀ DELLO UTAH	<a href="http://www.utah.edu/">http://www.utah.edu/</a>	III
UNIVERSITÀ DI GLASGOW	<a href="http://www.gla.ac.uk">www.gla.ac.uk</a>	24
UNIVERSITY OF SURREY	<a href="http://www.surrey.ac.uk">www.surrey.ac.uk</a>	22
VISHAY INTERTECHNOLOGY	<a href="http://www.vishay.com">www.vishay.com</a>	A36-66
WPC	<a href="http://www.wirelesspowerconsortium.com">www.wirelesspowerconsortium.com</a>	WEB

DAL MODELLO



ALLA APP

COMSOL  
MULTIPHYSICS®

COMSOL  
SERVER™

## Verifica e ottimizza i tuoi progetti con COMSOL Multiphysics®

**DA OGGI INCLUDE APPLICATION BUILDER & COMSOL SERVER™**

L'Application Builder ti offre tutti gli strumenti per progettare facilmente un'interfaccia personalizzata dei tuoi modelli multifisici. Potrai usare COMSOL Server™ per distribuire le tue app a colleghi e clienti in tutto il mondo.

Visita [comsol.it/release/5.0](http://comsol.it/release/5.0)

### Product Suite

- › COMSOL Multiphysics®
- › COMSOL Server™

#### ELECTRICAL

- › AC/DC Module
- › RF Module
- › Wave Optics Module
- › Ray Optics Module
- › MEMS Module
- › Plasma Module
- › Semiconductor Module

#### MECHANICAL

- › Heat Transfer Module
- › Structural Mechanics Module
- › Nonlinear Structural Materials Module
- › Geomechanics Module
- › Fatigue Module
- › Multibody Dynamics Module
- › Acoustics Module

#### FLUID

- › CFD Module
- › Mixer Module
- › Microfluidics Module
- › Subsurface Flow Module
- › Pipe Flow Module
- › Molecular Flow Module

#### CHEMICAL

- › Chemical Reaction Engineering Module
- › Batteries & Fuel Cells Module
- › Electrodeposition Module
- › Corrosion Module
- › Electrochemistry Module

#### MULTIPURPOSE

- › Optimization Module
- › Material Library
- › Particle Tracing Module

#### INTERFACING

- › LiveLink™ for MATLAB®
- › LiveLink™ for Excel®
- › CAD Import Module
- › Design Module
- › ECAD Import Module
- › LiveLink™ for SOLIDWORKS®
- › LiveLink™ for Inventor®
- › LiveLink™ for AutoCAD®
- › LiveLink™ for Revit®
- › LiveLink™ for PTC® Creo® Parametric™
- › LiveLink™ for PTC® Pro/ENGINEER®
- › LiveLink™ for Solid Edge®
- › File Import for CATIA® V5



# mouser.it

Prodotti d'avanguardia per progetti innovativi™

Da noi il  
servizio clienti  
non ha barriere  
linguistiche

Quando si tratta di fornire le tecnologie più avanzate in tempi brevi, possedere le necessarie competenze locali è fondamentale. Tramite la sua presenza mondiale, Mouser è in grado di fornire un supporto alle vendite commerciale e tecnico professionale e sempre a vostra disposizione.



## Italia

Centro Direzionale Milanofiori  
Strada 1 Palazzo E1  
20090 Assago-MI  
02 575 065 71  
italy@mouser.com



Distribuzione di semiconduttori e componenti elettronici per ingegneri e progettisti

# EO

elettronica  
OGGI

www.elettronica-plus.it  
www.tech-plus.it  
www.fieramilanomediamedia.it



Fiera Milano Official Partner

**Sede legale** • Piazzale Carlo Magno, 1 - 20149 - Milano  
**Sede operativa ed amministrativa** • SS. del Sempione, 28 - 20017 Rho (MI)  
tel. +39 02 4997.1 fax +39 02 49976573 - www.tech-plus.it

**Direzione** • **Giampietro Omati** • Presidente  
**Antonio Greco** • Amministratore Delegato

**Redazione** • **Antonio Greco** • Direttore Responsabile  
**Filippo Fossati** • Coordinamento Editoriale  
filippo.fossati@fieramilanomediamedia.it • tel: 02 49976506  
**Paola Bellini** • Coordinamento di Redazione  
paola.bellini@fieramilanomediamedia.it • tel: 02 49976501  
**Franco Metta** • Redattore  
franco.metta@fieramilanomediamedia.it • tel: 02 49976500  
**Laura Varesi** • Segreteria  
laura.varesi@fieramilanomediamedia.it • tel: 02 49976516  
**Collaboratori** • Mark Adams, Matthias Diephaus, Wolfgang Endrich, Massimo Fiorini, Aldo Garosi (disegni), Ralf Hickl, James C. Lewis, Massimo Mortarino, Martin Motz, Lucio Pellizzari, Peter Sarson, Christian Sattler, Gianluca Scotti, Stefan Schauer, Peter Sinclair, David Wyban  
**Web** Tony Armstrong, Maurizio Di Paolo Emilio, Robert Kollman, Lucio Pellizzari

**Grafica e produzione** • **Franco Tedeschi** • Coordinamento grafici - impaginazione  
franco.tedeschi@fieramilanomediamedia.it • tel: 02 49976569  
**Alberto Decari** • Coordinamento DTP  
alberto.decari@fieramilanomediamedia.it • tel: 02 49976561  
**Prontostampa Srl uninominale** - Zingonia BG • Stampa  
**Nadia Zappa** • Ufficio Traffico  
nadia.zappa@fieramilanomediamedia.it • tel: 02 49976534

**Pubblicità** • **Giuseppe De Gasperis** • Sales Manager  
giuseppe.degasperis@fieramilanomediamedia.it  
tel: 02 49976527 • fax: 02 49976570-1

## International Sales

**U.K. – SCANDINAVIA – NETHERLAND – BELGIUM**

**Huson European Media**

Tel +44 1932 564999 - Fax +44 1932 564998

Website: [www.husonmedia.com](http://www.husonmedia.com)

**SWITZERLAND - IFF Media**

Tel +41 52 6330884 - Fax +41 52 6330899

Website: [www.iff-media.com](http://www.iff-media.com)

**USA - Huson International Media**

Tel +1 408 8796666 - Fax +1 408 8796669

Website: [www.husonmedia.com](http://www.husonmedia.com)

**GERMANY - AUSTRIA - MAP Mediaagentur Adela Ploner**

Tel +49 8192 9337822 - Fax +49 8192 9337829

Website: [www.ploner.de](http://www.ploner.de)

**TAIWAN - Worldwide Service co. Ltd**

Tel +886 4 23251784 - Fax +886 4 23252967

Website: [www.acw.com.tw](http://www.acw.com.tw)

**Abbonamenti** • **N. di conto corrente postale per sottoscrizione abbonamenti:**

48199749 - IBAN: IT 61 A 07601 01600 000048199749

intestato a: Fiera Milano Media SpA,  
Piazzale Carlo Magno 1, 20149 Milano.

Si accettano pagamenti anche con Carta Si, Visa, Mastercard, Eurocard  
tel: 02 252007200 • fax: 02 49976572 • abbonamenti@fieramilanomediamedia.it

Abbonamento annuale: € 49,50

Abbonamento per l'estero: € 99,00

Prezzo della rivista: € 4,50

Arretrati: € 9,00

A.N.E.S.  
SOCIETÀ EDITORIALE ITALIANA  
PUBBLICITÀ EDICOM - A SPESE DEL CLIENTE

Testata associata • **Associazione Nazionale Editoria Periodica**  
**Specializzata**

Fiera Milano Media è iscritta al Registro Operatori della Comunicazione n° 11125 del 25/07/2003.  
Registrazione del tribunale di Milano n° 129 del 7/03/1978. Tutti i diritti di riproduzione degli articoli pubblicati sono riservati.

Manoscritti, disegni e fotografie non si restituiscono. Elettronica Oggi ha frequenza mensile.  
Tiratura: 7.900 - Diffusione: 7.620



# NIDays

12 marzo 2015

Milano - Atahotel Expo Fiera



Atahotel Expo Fiera - Milano  
12 marzo 2015

## Al cuore dell'innovazione

NIDays è un evento riservato a innovatori, tecnici, ingegneri e ricercatori del panorama italiano e internazionale nell'ambito del test, automazione, misura e controllo.

Partecipa a NIDays 2015 – Iscriviti gratuitamente su [nidays.it](http://nidays.it)

# Le News in rete corrono di più

563 APRILE 2013

## EO NEWS

Mensile di notizie e commenti  
per l'industria elettronica

all'interno

### MERCATI

"INTELLIGENZA" SEMPRE  
PIÙ INTERCONNESSA  
pagina 6

### REPORT

SI AMPLIA IL MERCATO  
DELL'ELETTRONICA  
MEDICALE  
pagina 9

### AVOLA ROTONDA

SERVIZI DI DISTRIBUZIONE  
PRE PIÙ  
"BASED"  
a 13

## Oltre 28.000 lettori per l'edizione on line di EONews

Unico mensile italiano di informazione e analisi dei mercati dell'elettronica ad essere spedito in formato digitale ad una lista di diffusione oltre la soglia di 28.000 nominativi.

## Amd e Intel: chi sale e chi scende

Andamenti diversi per Amd e Intel nel primo trimestre dell'anno: mentre la prima ha fatto registrare risultati finanziari superiori alle aspettative degli analisti, la seconda ha scortato la debolezza del mercato PC. Negli ultimi tempi Amd ha completato un vasto piano di ristrutturazione e si sta focalizzando sulla diversificazione del portafoglio prodotti, attaccando mercati ad alto tasso di crescita. Intel, da parte sua, prevede una crescita moderata per il 2013 e ha pianificato per la seconda metà dell'anno il lancio di Bay Trail, il suo SoC Atom di prossima generazione per tablet.



SEGUICI ALL'INDIRIZZO:  
[WWW.EO-NEWS.IT](http://WWW.EO-NEWS.IT)

SEGUICI SU  
TWITTER  
FACEBOOK



FIERA MILANO  
MEDIA

Per maggiori informazioni:  
[eonews@fieramilanomedia.it](mailto:eonews@fieramilanomedia.it)  
tel. 02 499 76 516



# EDITORIAL

## Semiconduttori: cauto ottimismo da parte dei produttori



Anche se non è stato un ritorno ai periodi delle crescite a due cifre, per i semiconduttori il 2014 è stato un anno più che discreto. Secondo i dati più recenti pubblicati da [Gartner](#), il comparto ha totalizzato lo scorso anno 339,9 miliardi di dollari, in aumento del 7,9% rispetto al 2013. Per vedere una crescita a doppia cifra bisogna andare ad analizzare la classifica delle "top 25", a cui è ascrivibile il 72,1% del mercato totale (la percentuale era del 69,7% nel 2013). Il fatturato combinato delle prime 25 aziende è stato pari all'11,7% (in larga parte dovuto ad attività di fusione e acquisizione). A livello aziendale, per il 23mo anno di fila [Intel](#) si è piazzata al primo posto, tornando alla crescita (+4,6%) dopo due anni di declino, guadagnandosi una fetta del 15% del totale mercato dei chip. Ma la crescita dei suoi rivali [Samsung Electronics](#) (seconda) e [Qualcomm](#) (terza) è stata decisamente superiore, pari rispettivamente al 15,1 e all'11,5%. Il balzo più grosso l'ha fatto registrare [Micron Technology](#) (grazie al buon andamento del mercato delle memorie) con un incremento del 41% che le ha fatto guadagnare la quarta posizione.

Al di là delle cifre, un buon indicatore dell'andamento del mercato è rappresentato dal [Kpmg Semiconductor Industry Confidence Index](#), un numero che sintetizza il risultato di un'indagine condotta su scala mondiale da Kpmg Llp che quest'anno ha coinvolto 155 "top executive" delle principali aziende del settore – produttori di dispositivi, fonderie e aziende fabless. L'87% delle aziende partecipanti ha fatto registrare un fatturato superiore al miliardo di dollari. L'indagine ha preso in considerazione fattori quali fatturato, profittabilità, forza lavoro, spese in conto capitale, investimenti in ricerca e sviluppo.

Il risultato è stato pari a 59 (era 57 un anno fa): un valore superiore a 50 è indice di una visione ottimistica per i prossimi 12 mesi.

Queste in sintesi le indicazioni principali. Il 61% degli interpellati ha individuato nei sensori con le maggiori opportunità di crescita per l'intero comparto del 2015. Il fatto non deve stupire: i sensori, nelle loro svariate forme, costituiscono la base di applicazioni "hot" quali quelle automobilistiche, dei touch screen, delle soluzioni wearable e dell'ormai onnipresente Internet of Things.

Per quanto concerne i mercati di destinazione finali, i più promettenti sono quelli medicale (dal 66% degli intervistati) e delle comunicazioni (62% dei partecipanti). Per il prossimo anno, gli executive del mercato dei chip hanno identificato nei mercati cloud, Big Data e wireless/mobile i volani che contribuiranno in misura maggiore al fatturato, mentre nei prossimi tre anni assumeranno un rilievo sempre maggiori segmenti quali robotica, biometrica, imaging medicale e "indossabili".

Discordanti le opinioni sulla [legge di Moore](#): il 26% degli intervistati ritiene che questa norma empirica sia valida anche nel prossimo futuro, mentre per il 16% non è più applicabile.

Mentre la maggior parte degli intervistati concorda con il fatto che per il prossimo anno aumenterà il numero di fusioni e acquisizioni, non vi è accordo sulla fase del ciclo in cui si trova attualmente l'industria dei chip. Per il 37% degli intervistati siamo nella fase avanzata del ciclo di espansione, per il 19% quest'anno a una crescita iniziale farà seguito un periodo di contrazione, mentre l'8% dei partecipanti ritiene che questo comparto abbia perso il suo carattere di ciclicità.

Discrete le prospettive sul fronte dell'occupazione, con l'82% dei partecipanti all'indagine che prevede per quest'anno un aumento del personale: l'espansione riguarderà in particolare Stati Uniti (per il 70% degli intervistati), Cina (per il 64%) e India (per il 42%). Per quanto riguarda questo aspetto, nulla di nuovo sotto il sole.

Filippo Fossati

# IL FLUSSO CHE RIVOLUZIONA

**In una società che si connette e condivide sempre più dispositivi e dati attraverso le reti, la richiesta di tecnologie che possano aiutare i progettisti odierni a raggiungere i loro obiettivi è senza precedenti**

**Sanjay Challa**  
National Instruments

**N**onostante il lavoro dei progettisti di sistemi di comunicazione e di elaborazione del segnale, per definire algoritmi capaci di superare le pressanti sfide riguardanti la larghezza di banda, la sicurezza, l'efficienza energetica e la coesistenza, la mancanza di interesse nei confronti di un'efficace prototipazione di soluzioni con segnali reali è allarmante.

Anche se nell'industria, nel mondo accademico e nei laboratori governativi si utilizzano piattaforme radio definite via software (SDR) per valutare nuovi progetti con segnali e condizioni reali, il processo di prototipazione è tutt'altro che efficiente. Purtroppo, gli strumenti software esistenti, rappresentano spesso degli ostacoli all'innovazione, offrendo un flusso di progettazione disgiunto e indiretto. La sfida deriva soprattutto dalla discontinuità tra gli strumenti pensati per la progettazione di algoritmi e quelli necessari alla programmazione dei componenti hardware di una piattaforma SDR. Proprio questa discontinuità viene risolta dalla [LabVIEW Communications System Design Suite](#), che fornisce un flusso di progettazione unificato dall'algoritmo all'hardware.

I progettisti odierni scelgono la piattaforma SDR perché la flessibilità che offre garantisce una prototipazione rapida. Questa flessibilità deriva soprattutto dagli elementi di calcolo che determinano il comportamento del front end RF generico a banda larga sulle piattaforme SDR moderne: processori multicore e un'ampia gamma di FPGA programmabili dall'utente. Gli strumenti odierni per la programmazione del processore e delle schede FPGA presenti sulle piattaforme SDR eliminano però qualsiasi speranza di prototipazione rapida. La transizione dall'algoritmo all'implementazione su un processore e una scheda FPGA richiede diversi strumenti e specializzazioni. I team di progettazione moderni dei vari vettori tec-

nologici sono necessariamente più grandi rispetto ai modelli ideali e si occupano di cicli di progettazione lunghi e costosi. Il risultato non è un processo di prototipazione iterativo lineare e innovativo, al contrario ostacola l'efficienza e impedisce l'innovazione.

LabVIEW Communications offre un flusso di progettazione unificato per la prototipazione dei sistemi di comunicazione. Si tratta di un unico ambiente di progettazione ben strutturato, in grado di indirizzarsi sia al processore sia all'FPGA. Questo ambiente di progettazione hardware-aware include il SystemDesigner, che consente ai progettisti di convalidare le impostazioni del sistema, di accedere alla documentazione, descriverne l'architettura, configurare i componenti, separare e implementare gli algoritmi per l'hardware. Questa integrazione hardware-software senza precedenti, inoltre, fornisce l'accesso all'I/O e alle risorse, eliminando la necessità di sviluppare middleware e driver.

La tecnologia avanzata del compilatore di LabVIEW Communications, inoltre, permette una maggiore flessibilità, semplifica la descrizione degli algoritmi, dettandone la mappa e il comportamento sull'hardware SDR. Un esempio per lo sviluppo di algoritmi di elaborazione del segnale è il nuovo diagramma multirate (MRD) di LabVIEW Communications, che consente ai progettisti di collegare processi eseguiti a velocità differenti, senza l'ingombro di handshake, buffering e mettendo in coda i dati tra i processi. Una volta realizzata la catena del segnale in un diagramma multirate, i ricercatori possono contare su uno strumento integrato, interattivo e basato sui dati per il passaggio all'architettura fixed point e analizzare il comportamento della progettazione in presenza di requisiti differenti. Definendo semplicemente la frequenza di clock e il throughput per algoritmo, si

# DI PROGETTAZIONE LA PIATTAFORMA SDR

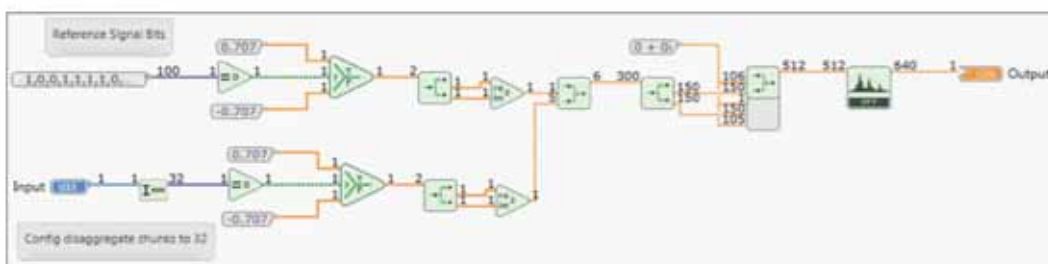
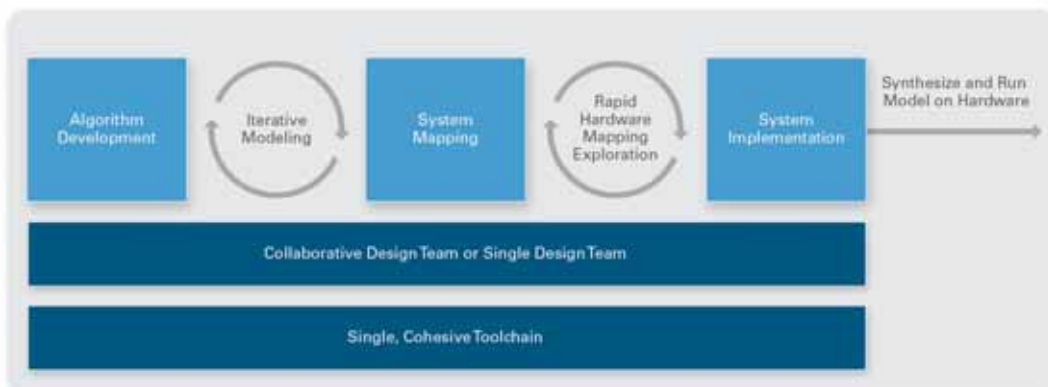
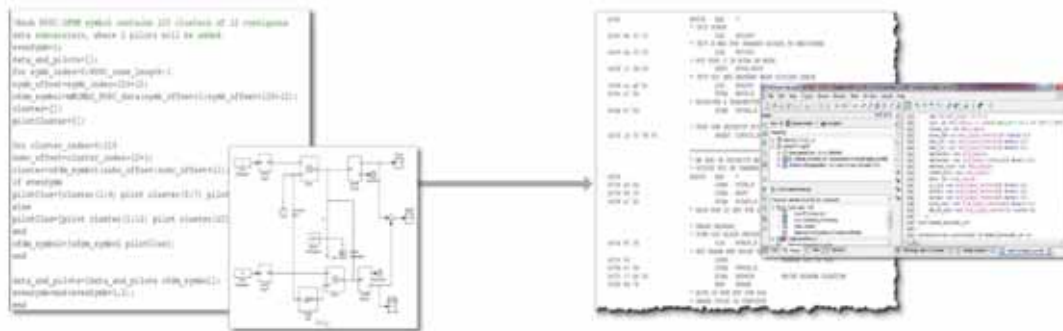
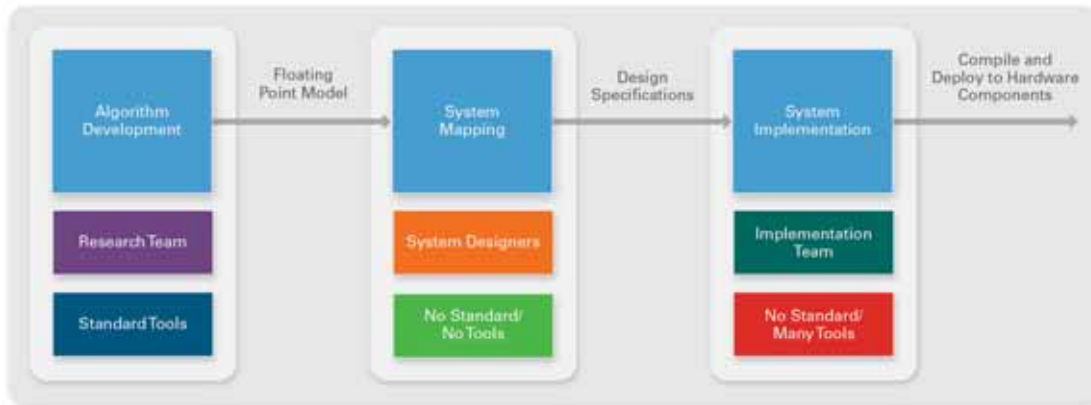


Fig. 1 – Il processo di progettazione tradizionale necessita di numerosi strumenti e riscritture dell' algoritmo per realizzare un prototipo hardware. Questo flusso è inefficiente e ostacola l'innovazione



permette al compilatore sottostante di analizzare l'implementazione e fornire ai progettisti stime sulle risorse e la temporizzazione specifiche per l'hardware SDR che desiderano sviluppare. I progettisti non sono più costretti a combattere con l'architettura hardware sottostante che intendono realizzare. Non hanno più bisogno di sezionare una progettazione per comprendere i vantaggi e gli svantaggi delle diverse implementazioni.

Il compilatore di LabVIEW Communications ha il ruolo, spesso complesso, di analizzare l'impatto dello srotolamento dei loop, di separare la memoria, modificare gli schemi di accesso e selezionare le diverse risorse/componenti FPGA.

Il progettista può andare avanti con l'implementazione che meglio si adatta ai requisiti di progettazione in base ai feedback provenienti dal compilatore. Un ulteriore vantaggio è l'ampio riutilizzo del sistema da parte dei ricercatori, dal momento che gli algoritmi



Fig. 2 – LabVIEW Communications fornisce un ambiente di progettazione hardware-aware, completo di strumenti in grado di convalidare la configurazione del sistema e sviluppare algoritmi per l'hardware

principali vengono definiti in linguaggi di livello superiore e l'implementazione dipende dai requisiti di progettazione imposti all'algoritmo.

Gli utenti, infine, possono affidarsi ai nuovi **Application Frameworks** di LabVIEW Communications per accelerare ulteriormente il ciclo di progettazione. Gli Application Frameworks forniscono un codice sor-

## 5G IN 5 PARAGRAFI

### 1. Non "Se", ma "Quando"

La presenza sempre più diffusa di dati wireless ha spinto i ricercatori verso nuove tecnologie in grado di espandere significativamente le funzionalità di rete e la capacità dei dati wireless. Gli esperti del settore concordano sul fatto che, anche se si utilizzano le implementazioni attuali e quelle future, la quantità di dati utilizzati continuerà a mettere a dura prova le effettive capacità e il dibattito inevitabilmente si sposta dal "se" al "quando" questo effettivamente accadrà. I provider di servizi wireless prevedono di aggiornare rapidamente le reti a 4G LTE, LTE-A e superiori, adottando nuove tecnologie innovative incluse MIMO (multiple input, multiple output), aggregazione carrier e roadmap 3GPP. Per affrontare queste sfide, i ricercatori di tecnologia wireless di tutto il mondo hanno iniziato a sviluppare nuove tecnologie wireless che faranno parte della quinta generazione 5G, in grado di ottimizzare notevolmente la copertura, l'efficienza e l'affidabilità delle reti, diminuendo la latenza e ottimizzando notevolmente i servizi.

### 2. Massive MIMO

La tecnologia Massive MIMO promette significative ottimizzazioni in relazione alla velocità dei dati wireless e affidabilità di connettività tramite l'utilizzo di un elevato numero di antenne (>64) sulla stazione radio base o eNode. Con centinaia di elementi antenna, Massive MIMO permette di ridurre la potenza nel canale concentrando l'energia wireless su utenti mobile che utilizzano tecniche di precoding. Indirizzando

l'energia a specifici utenti, la potenza nel canale si riduce e diminuisce anche l'interferenza per altri utenti. Se la tecnologia Massive MIMO riuscirà ad affrontare queste sfide, le reti 5G del futuro saranno notevolmente più veloci e inoltre offriranno agli utenti maggiore affidabilità, consumando energia pari a 100x in meno rispetto alle reti di oggi.

### 3. Densificazione delle reti

Dato che il numero di utenti che utilizza la tecnologia mobile nel mondo è ancora ridotto, i ricercatori stanno studiando nuovi metodi in grado di aumentare la velocità dei dati incrementando il numero di eNodeB in particolari aree geografiche. Piuttosto che disporre di un eNodeB come punto di accesso in un'area di 3 km<sup>2</sup>, la densificazione di rete potrebbe incrementare notevolmente questo numero. La ricerca sulla tecnologia 5G studia le celle di piccole dimensioni, le reti eterogenee ("het-nets"), pico celle, celle femto e relay. Queste tecnologie permettono di aumentare la densità del punto di accesso per una determinata regione. Sebbene il concetto sia relativamente semplice, si tratta di una sfida piuttosto complessa. Per prima cosa, un operatore che configura multipli punti di accesso deve posizionarli in maniera strategica, in modo che i dispositivi non interferiscano fra di essi, inoltre, devono tenere in considerazione la locazione dei dispositivi, la potenza di ogni dispositivo e come controllarli in coordinazione con gli altri punti di accesso dell'area.

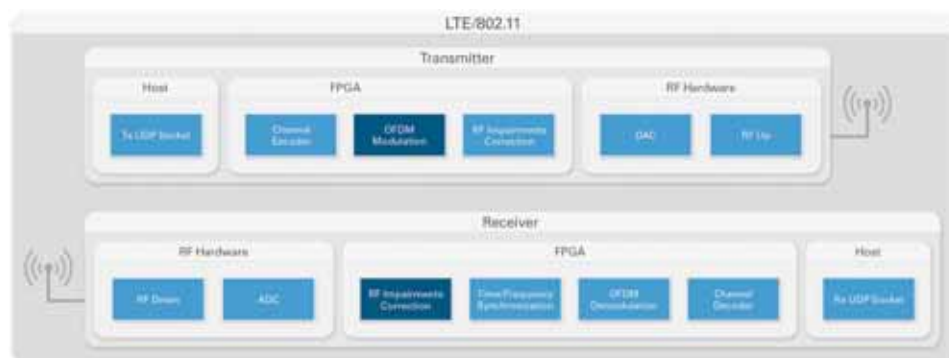
### 4. Nuove forme d'onda

Le reti 4G e 4G+ impiegano un tipo di forma d'onda chiamata OFDM (orthogonal frequency division multiplexing) come elemento fondamentale nel PHY (physical layer). Infatti, quasi tutte le moderne reti di

gente documentato, modificabile e basato sugli standard sia per LTE sia 802.11. I progettisti possono concentrare i loro sforzi nella ricerca di componenti specifici in grado di migliorare lo standard LTE e le progettazioni 802.11 esistenti, invece di dedicarsi alla realizzazione dell'infrastruttura necessaria per testare correttamente nuovi algoritmi.

Oggi i progettisti di sistemi necessitano un flusso di progettazione in grado di comprendere il vero potenziale delle piattaforme SDR nella prototipazione rapida. LabVIEW Communications fornisce un percorso semplice dall'algoritmo al prototipo, che permette ai progettisti di introdurre novità in modo più veloce.

I ricercatori hanno accesso a linguaggi avanzati, intuitivi, che consentono una progettazione efficace degli algoritmi e l'astrazione del sistema. La natura hardware-aware del software con hardware SDR rende possibile un'integrazione di I/O accurata e



**Fig. 3 – Le Application Frameworks di LabVIEW Communications forniscono implementazioni del codice sorgente basate su standard sia LTE che 802.11 così da accelerare ulteriormente le progettazioni**

reale. Grazie a LabVIEW Communications i progettisti supereranno i competitor nella corsa per la definizione degli standard alla base del 5G e degli altri sistemi di comunicazione futuri. Con LabVIEW Communications i progettisti saranno in grado di realizzare più rapidamente le soluzioni che inaugureranno l'era dell'Internet delle Cose. ■

comunicazione sono sviluppate su OFDM in quanto, rispetto agli schemi a singola portante, esso consente di comunicare anche in condizioni pessime di canale. L'ortogonalità degli OFDM significa un'elevata efficienza spettrale, che a parità di bitrate, consente di utilizzare pienamente la banda disponibile, di contro però richiede una sincronizzazione estremamente elevata tra le frequenze locali del ricevitore e del trasmettitore perché una deviazione di frequenza causerebbe un'interferenza inter-portante. In altre parole, gli operatori di rete non sono in grado di utilizzare in modo efficiente lo spettro che hanno a disposizione in quanto due utenti su canali adiacenti potrebbero interferire tra di essi. OFDM presenta anche svantaggi in termini di rapporto picco-media elevato dell'amplificatore di potenza, risultante in una minore durata della batteria del dispositivo mobile. Per affrontare le carenze di OFDM, i ricercatori stanno studiando metodi alternativi inclusi GFDM (generalized frequency division multiplexing), FBMC (filter bank multi-carrier) e UFMC (universal filter multi-carrier). I ricercatori ipotizzano che utilizzare uno di questi approcci oltre a OFDM potrebbe migliorare la capacità della rete del 30 per cento o più, migliorando la durata della batteria per tutti i dispositivi mobile.

## 5. Comunicazioni mmWave

La disponibilità di spettro è una questione sempre più delicata. La teoria di Shannon ipotizza che la capacità del canale è una funzione di larghezza di banda e rapporto segnale rumore. Con le attuali tecniche di elaborazione del segnale che già si approssimano al limite di Shannon in termini di rapporto segnale rumore, è necessaria una maggiore lar-

gezza di banda per aumentare in modo significativo la capacità della rete. Fino a poco tempo fa, i ricercatori si sono concentrati sulla disponibilità dello spettro nelle bande di frequenza inferiori a 6 GHz soprattutto perché la comunicazione a frequenze superiori di 6 GHz era considerata irraggiungibile. Tuttavia, recenti studi hanno dimostrato che è possibile la comunicazione a frequenze nella gamma di frequenza mmWave, in particolare a 28 GHz, 38 GHz, 60 GHz e 72 GHz. Sebbene la trasmissione a queste frequenze sia in grado di resistere a maggiori perdite di percorso, i ricercatori stanno compensando questa perdita di percorso utilizzando un alto guadagno, antenne Phased Array sulla stazione di base e tecniche avanzate di elaborazione del segnale. Il potenziale della comunicazione mmWave è notevole e lo spettro disponibile nelle bande mmWave è molto ampio. A determinate frequenze, gli operatori del settore sono in grado di realizzare fino a 2 GHz di spettro continuo, rispetto ai 20 MHz disponibili oggi. Avendo a disposizione un maggiore spettro, l'aumento della capacità di rete fino a 1000x ed è oggettivamente raggiungibile.

Le tecnologie dei dati wireless e 5G sono in continua evoluzione, ma una cosa è certa: a meno che l'industria e i governi non raggiungano un accordo su come e quando riallocare lo spettro, non esiste spettro disponibile al di sotto dei 6 GHz. Riallocare lo spettro non è un task semplice da realizzare, dato che gli operatori del settore hanno già investito miliardi di dollari per acquisire lo spettro già in uso, e le transizioni sono molto costose e complicate. NI fornisce soluzioni hardware e software complete per lo sviluppo di nuovi metodi per affrontare queste sfide. Per saperne di più: [ni.com/5g](http://ni.com/5g)

# Display e tablet “arrotolabili” grazie ai transistor SGT

Gianluca Scotti

Un nuovo tipo di transistor a film sottile con un diodo Schottky incorporato fra base ed emettitore consente di realizzare componenti fabbricabili su supporti vetrosi plastici robustissimi ed economici

L'elevato interesse commerciale dei display spinge i costruttori a sperimentare continuamente nuove tecnologie che possano consentire di fabbricare schermi a cristalli liquidi e a matrice attiva più grandi e luminosi, senza tralasciare di ridurre i costi pur aumentandone il valore di mercato.

I componenti fondamentali degli attuali pannelli LCD sono i transistor a film sottile, ottenuti con il più economico silicio amorfo idrogenato (a-Si:H TFT) oppure con il più efficiente silicio policristallino (PolySi TFT).

In questi transistor a effetto di campo (FET) è la tensione applicata sulla base (gate) a generare il potenziale elettrico che modula la conduzione degli elettroni fra emettitore (source)

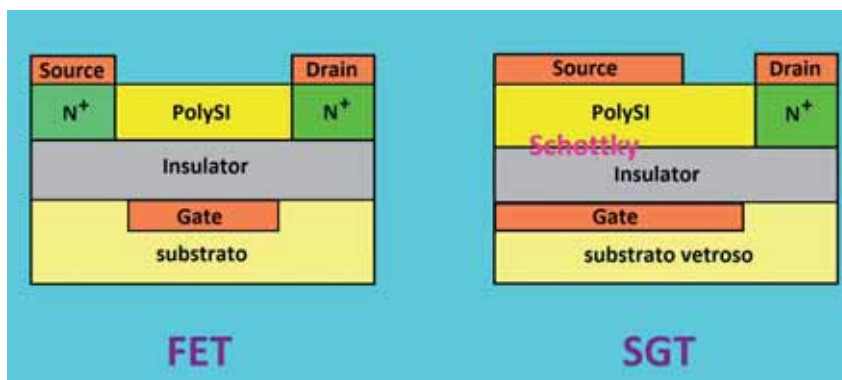


Fig. 1 – Schema semplificato che evidenzia la differenza fra un transistor TFT FET e un SGT, nel quale la conduzione è comandata dalla base e la saturazione dall'emettitore

e collettore (drain) e quindi la corrente di lacune nel verso contrario, mentre la saturazione si verifica quando la tensione sul collettore diventa sufficientemente alta per causarne lo svuotamento di cariche libere e perciò lo spegnimento.

L'idea che ha spinto un team di ricercatori inglesi a far evolvere i Thin-Film Transistor (TFT) verso i nuovi Source-Gate Transistor (SGT) consiste nel realizzare fra base ed emettitore una giunzione capace di modulare il flusso delle cariche libere e quindi comandare la conduzione di corrente o la saturazione. In pratica, la tensione in base abilita la corrente nello stato di conduzione, mentre è l'emettitore che può svuotarsi di portatori di carica causando la saturazione del transistor. In effetti, la giunzione fra emettitore e base funziona come un diodo Schottky, dove lo stato elettrico è deciso dai soli elettroni perché non avviene alcuna ricombinazione con le lacune e perciò la velocità di commutazione è maggiore rispetto agli altri tipi di giunzione, anche se qui la soglia in tensione è più bassa e quindi più critica da considerare al momento di definire la polarizzazione circuitale.

Di conseguenza, rispetto ai FET i transistor SGT hanno

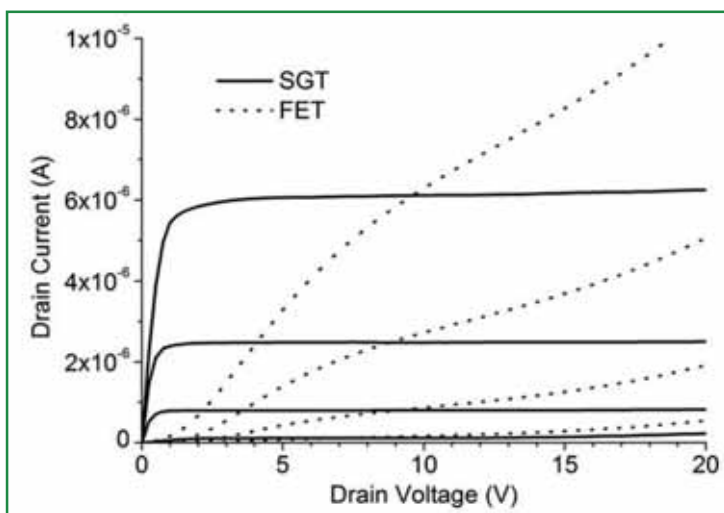
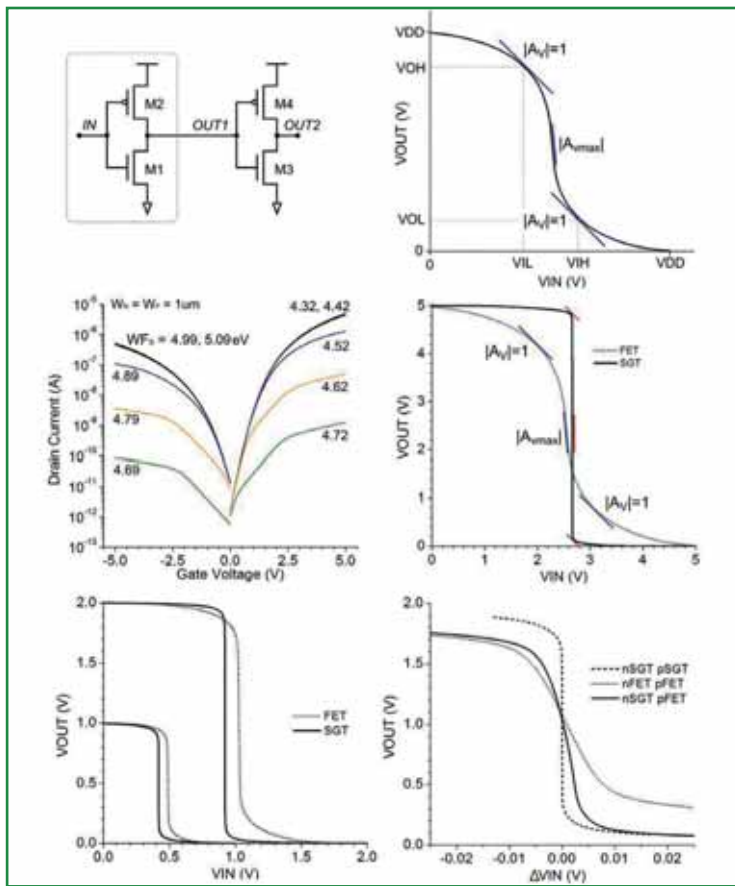


Fig. 2 – Le caratteristiche di uscita dei transistor FET e SGT con identica geometria e medesima polarizzazione mostrano curve più stabili per i secondi



**Fig. 3 – I test ATI su una tipica configurazione inverter dimostrano che i transistor SGT offrono prestazioni elettriche notevolmente migliori rispetto ai FET**

una tensione di saturazione inferiore e un'impedenza di uscita relativamente alta e queste caratteristiche sono insensibili rispetto alla lunghezza del canale in base e perciò si verificano anche se si alza il livello della corrente di conduzione. Inoltre, gli SGT sono molto robusti e possono funzionare senza degradare le prestazioni elettriche anche in presenza di forti interferenze elettromagnetiche o di ampie e irregolari fluttuazioni della potenza di alimentazione.

### Un nuovo stadio evolutivo per l'elettronica

Oltre alla miglior efficienza energetica, il grande vantaggio degli SGT consiste nella possibilità di usare il silicio policristallino sopra substrati vetrosi ingegnerizzabili in diversi modi per fabbricare dispositivi e circuiti plastici, malleabili ed economici e ciò per i display costituisce senza dubbio un importante valore aggiunto. Va considerato che questi transistor sono ancor più sottili dei consueti TFT e perciò chiamati anche "ultrasottili". Con i transistor SGT si possono realizzare circuiti e display deformabili su supporti sottilissimi di consistenza simile a quella della carta e tali da poter essere installati non solo sugli involucri plastici degli apparecchi consumer portatili, ma anche sopra i tessuti ottenendo display a basso costo indossabili di grande attrattiva commerciale. Con i circuiti

di questo tipo, per esempio, si potrebbero realizzare piccoli sistemi elettronici di identificazione, da incorporare nel telaio delle valigie o degli zaini, oppure mini check-up medicali da cucire insieme ai tessuti nell'abbigliamento sportivo e agonistico oppure dei tablet che si possono comodamente "arrotolare" ("roll-up tablet").

Lo sviluppo dei transistor SGT è stato portato avanti soprattutto dai ricercatori R. Sporea, R. Silva e J. Shannon dell'[Advanced Technology Institute \(ATI\)](#) dell'[Università inglese del Surrey](#), in collaborazione con i locali laboratori [Philips Research](#). Attualmente il lavoro del team ATI è rivolto alla sperimentazione dei nuovi materiali a elevate prestazioni per i transistor SGT e, in particolare, procede nei due importanti filoni di ricerca costituiti dai polimeri organici (OSGT, Organic SGT) e dal grafene, materiali che aggiungerebbero ai circuiti di questo tipo proprietà ancor più duttili come la trasparenza ottica oppure l'immunità all'inquinamento ambientale, agli sbalzi termici estremi e all'umidità. Entrambe queste idee sono



**Fig. 4 – Con i transistor SGT si possono realizzare display ultrasottili, deformabili e robusti che possono persino essere incorporati nei tessuti per l'abbigliamento sportivo**

nate grazie ai più recenti risultati scientifici ottenuti nelle nanotecnologie e promettono di rendere i transistor SGT ancor più competitivi. Senza dubbio si tratta di un nuovo stadio evolutivo dell'industria elettronica, che consentirà di abbassare ulteriormente i costi dei circuiti e al tempo stesso fare in modo di incorporare display e sistemi consumer praticamente dappertutto. ■



# Elementi circuitali planari in 3D

Lucio Pellizzari

**Dopo i package composti da più chip separati ma interconnessi attraverso un opportuno substrato di silicio, arrivano i circuiti disegnati su due livelli nei quali i transistor possono funzionare sia in orizzontale sia in verticale**

I sistemi elettronici tridimensionali sono da molti anni incautamente annunciati nelle riviste tecniche come un'icona che poi però sul silicio trova poco riscontro, perché in realtà è ben difficile sovrapporre gli elementi attivi senza evitarne il surriscaldamento; prova ne è che i recenti annunci di transistor 3D introducono in effetti degli accorgimenti che modificano solo in parte la geometria strutturale sul silicio, aumentando in vari modi le dimensioni della base ma senza alterare l'impostazione fondamentale planare nel chip di supporto. Il problema è che le moderne giunzioni a semiconduttore lavorano tipicamente sopra il centinaio di gradi centigradi e quando ce ne sono migliaia in pochi micron quadrati non è possibile prescindere dall'assoluta necessità di dissipare il calore sopra il chip; è perciò vitale lasciarvi al di sopra lo spazio minimo indispensabile per far circolare un adeguato flusso d'aria, almeno in una direzione. Occorre, in pratica, che le giunzioni dei transistor si stabilizzino in un equilibrio termico che permetta loro di smaltire almeno un centinaio di gradi, in parte per conduzione attraverso i materiali semiconduttori e metallici che le stanno attorno nel substrato

e nel resto del circuito e poi soprattutto per convezione, attraverso i materiali della superficie superiore del package sopra alla quale c'è l'aria. Quest'ultima modalità è preponderante e, solo se il calore da smaltire è limitato attorno a un Watt termico, può bastare il contatto della superficie del package con

che ricercano e sviluppano tecnologie circuitali innovative con l'intento di migliorare la compattezza dei sistemi elettronici, pur garantendo comunque un efficace smaltimento del calore. Le principali tendenze in atto da alcuni anni sfruttano i Through Silicon Vias, ossia opportuni canali scavati a livello del



Fig. 1 – Il centro ricerche IBM di Zurigo è protagonista nel progetto europeo COMPOSE3 ma STMicroelectronics ne sta curando l'implementazione sulle linee di produzione in tecnologia FDSOI

l'ambiente esterno; se cresce però verso la decina di Watt allora bisogna ricorrere alla ventilazione forzata e/o ai dissipatori. Fortunatamente nei moderni chip a basso consumo quest'ultima ingombrante soluzione va perdendosi ma ciò non toglie che almeno la dissipazione verso la superficie superiore del chip debba essere sempre garantita, altrimenti non c'è modo di raffreddare le giunzioni che, oltre a peggiorare nelle prestazioni, rischiano di surriscaldarsi fino a causare il breakdown del circuito.

Oggi sono molti i laboratori

substrato in grado di collegare parti circuitali fisicamente separate. In questo modo si possono comporre due o più sottosistemi in un unico grande sistema strutturato, che permette loro di scambiare i dati attraverso i TSV e rimanere tutti dentro un unico package. Si parla, dunque, di System-In-Package (SIP) 2,5D quando i sottosistemi sono affiancati e condividono sia i collegamenti TSV nel substrato sottostante sia la superficie superiore del package attraverso cui smaltire il calore, mentre si parla di SIP 3D-IC o 3-D TSV IC quando i sotto-

sistemi sono montati a coppie uno sopra l'altro ma intercalati da più strati di substrato isolante e metallo termicamente conduttivo, che permettono al calore di fuoriuscire dal sistema intermedio per smaltire attraverso le superfici laterali del package, mentre il sistema in alto può smaltire attraverso la sua superficie superiore. Quest'ultimo può quindi ospitare i circuiti più caldi, come le CPU, mentre in mezzo si possono mettere le memorie e fra i due livelli si trovano i TSV, che permettono ai due sottosistemi di scambiare dati ad alta velocità pur garantendo il mantenimento di un adeguato equilibrio termico. Diversamente si possono montare i due sottosistemi in verticale con i circuiti rivolti verso l'esterno, dove smaltiscono il calore verso le rispettive superfici laterali del package, mentre in mezzo si appoggiano a un unico substrato che ospita i TSV, attraverso cui possono comunicare e che li sostiene poggiando a sua volta sul connettore di supporto sulla scheda.

In tutti questi casi è necessario permettere all'aria di fluire sulle superfici del package e occorre anche fare una preventiva simulazione termica adeguatamente precisa per assicurarsi dell'effettivo smaltimento di tutto il calore generato. D'altro canto, queste soluzioni hanno il vantaggio di consentire una maggior diversificazione dei sistemi, dato che si possono comporre i sottosistemi a livello circuitale oltre che a livello funzionale e, per esempio, unire dentro un solo package un'unità di calcolo e una memoria oppure un front-end RF e uno o più

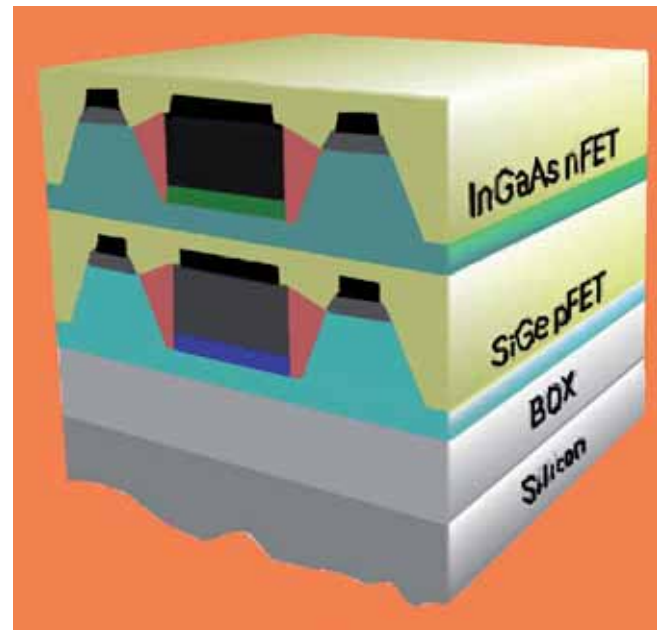


sensori MEMS, accrescendo la velocità di elaborazione grazie ai collegamenti interni TSV. In ogni caso, tuttavia, va sempre ricordato uno dei principi fondamentali dell'elettronica, ossia che quanto più si spinge l'integrazione fra i sottosistemi circuitali e tanto maggiormente specializzati si ottengono i sistemi composti risultanti; viceversa, i sottosistemi che svolgono funzioni meno specializzate sono più facilmente riutilizzabili. La corsa all'elettronica 3D, quindi, non è solo ardua dal punto di vista termico ma può rischiare di essere controproducente per i progettisti di circuiti, ragione per cui è bene valutare con attenzione i vantaggi ottenibili nelle prestazioni dei sistemi in rapporto ai rischi che possono comparire durante la progettazione e ai costi di sviluppo e verifica, che di conseguenza potrebbero parimenti lievitare.

### Circuiti 3D europei

I [laboratori IBM](#) di Zurigo sono i principali protagonisti del progetto europeo [Compose3](#) dove si studia come realizzare nuovi dispositivi sovrapponibili scegliendo opportunamente i materiali semiconduttori, in modo tale da ridurre il calore dissipato e permettere la convivenza di almeno due livelli di elementi circuitali. Questo progetto fa parte del Seventh Framework Program (FP7) dell'Unione Europea, partito a gennaio di quest'anno con un finanziamento triennale di 4,7 milioni di Euro e coordinato dal centro ricerche IBM di Zurigo insieme, al quale partecipano

anche il centro di ricerca francese [CEA-LETI](#) di Grenoble, il [CNRS](#) di Parigi, i laboratori [STMicronics](#) di Crolles, i laboratori [DTF Technology](#) di Dresda, l'[università di Glasgow](#) in Scozia, il [Tyndall National Institute](#) irlandese e l'[IMDEA](#) (Madrid Institute for Advanced Studies of Materials) spagnolo. In pratica, il progetto mira a sviluppare la tecnologia necessaria per poter depositare sopra un substrato due livelli circuitali, ossia due strati di semiconduttori contenenti degli elementi circuitali che possano funzionare sia in orizzontale, interagendo con gli elementi circuitali del loro stesso livello, sia in verticale, interagendo con gli elementi circuitali che si trovano sull'altro livello. Per far ciò i ricercatori hanno studiato approfonditamente i materiali dei gruppi III, IV e V della tavola periodica e poi hanno deciso di realizzare il primo strato che si trova vicino al substrato in silicio-germanio (SiGe) e il secondo sovrastante in arseniuro di gallio-indio (InGaAs), perché sono due semiconduttori a elevata mobilità elettronica capaci, quindi, di offrire un'alta velocità circuitale con una minima dissipazione termica. Nel primo strato in SiGe hanno disegnato un circuito costituito da soli transistor pFET, mentre nel secondo di InGaAs un circuito formato da soli nFET ma tutti i transistor sono posizionati in modo tale da sovrapporsi solo in certi punti laddove possono diventare un elemento circuitale composto dal pFET sul primo livello e dall'nFET sul secondo. In altre parole, si ottiene un



**Fig. 2** – Negli innovativi circuiti 3D sviluppati nel vecchio continente ci sono un primo livello di transistor pFET in SiGe e un secondo livello di transistor nFET in InGaAs che possono interagire sia in orizzontale sia in verticale

circuito con due livelli orizzontali di piste circuitali e con un array di collegamenti verticali fra i due livelli. L'equilibrio termico è consentito dalla bassa dissipazione dei due semiconduttori ed è anche favorito dalla scelta di fare il circuito con i pFET nello strato in SiGe e il circuito con gli nFET nell'InGaAs. La combinazione fra un pFET e un nFET consente come è noto di disegnare una cella elementare di memoria Sram ed è perciò che il primo prototipo realizzato a Zurigo è proprio una memoria di questo tipo, ossia una "3D-stacked Sram". La scelta del SiGe e dell'InGaAs, inoltre, consente di scendere con la geometria di riga grazie alla buona robustezza meccanica dei due materiali e in effetti il prototipo è stato fabbricato con le piste da 14 nm, ma i ricercatori pensano che si possa scendere ulteriormente. Le caratteristiche dei due tipi di transistor e le prestazioni degli elementi circuitali formati dal loro contatto

sono risultate eccellenti nelle prime sperimentazioni ma sono tuttora studiate, soprattutto per verificarne l'affidabilità, dato che le dimensioni nanometriche possono favorire la nascita di effetti quantistici, che a loro volta possono introdurre errori di funzionamento. Attualmente le ricerche mirano ad approfondire la realizzabilità dei circuiti su due livelli con gli attuali processi di fabbricazione in tecnologia CMOS nei wafer da 300 mm nonché a verificarne le prestazioni realmente ottenibili con le odierne linee di produzione per volumi. In particolare STMicronics sta approfondendo la possibilità di fabbricare i circuiti 3D di questo tipo con i processi FD-SOI, Full Depleted Silicon On Insulator, caratterizzati dalle ridotte dimensioni dell'emettitore e del collettore dei transistor rispetto alla base perché ciò consentirebbe di ottenere nFET e pFET più efficienti contenendo i costi di produzione. ■

# Oscillatori OCXO: uno sguardo in profondità

Peter Sinclair

Application support manager

[IQD Frequency Products](#)

L'oscillatore a cristalli di tipo OCXO (Oven Controlled Crystal Oscillator), ovvero a temperatura stabilizzata, rappresenta la tecnologia di punta per i prodotti che utilizzano cristalli al quarzo e prevede il mantenimento del cristallo nel circuito a una temperatura costante, per ottenere un elevato livello di stabilità

Grazie alla temperatura stabile, si possono ottenere stabilità di frequenza dell'ordine di  $0,2 \text{ E}10^{-9}$  con un OCXO ad alte prestazioni, un valore nettamente migliore rispetto a un TCXO (Temperature Compensated Crystal Oscillator – Oscillatore a cristalli termocompensati) ad alte prestazioni di circa  $0,1 \text{ E}^{-6}$  e questa stabilità viene mantenuta in un intervallo di temperatura di ampiezza da  $-40$  a  $85 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Queste elevate prestazioni sono il risultato del cristallo (taglio AT o taglio SC), che viene montato all'interno di un involucro metallico a una temperatura precisa o turn point (in pratica la temperatura critica in corrispondenza della quale la deriva incrementale della frequenza è prossima a zero). Come si può vedere in figura 1, il taglio AT ha punto di turnover superiore definito, la cui temperatura varia con l'angolo del taglio. L'immagine mostra inoltre che il taglio SC ha un punto di turnover più piatto a temperatura più elevata e quindi si presta ad applicazioni in cui è richiesta una temperatura di funzionamento più elevata. Lo svantaggio del taglio SC sta nel fatto che è molto più difficile da produrre e la resa prevista è inferiore rispetto ai cristalli con taglio di tipo AT, e di conseguenza i costi sono molto maggiori. Il modello e il design dell'involucro del cristallo dipendono dalle specifiche globali definite dal cliente in collaborazione con il produttore (compresi i requisiti ambientali); i tradizionali modelli di involucro sono di tipo HC49 e HC37, che possono prevedere una struttura di montaggio a quattro punti che garantisce una migliore protezione da fattori ambientali.

Il circuito di riscaldamento solitamente consiste in uno o due transistor assemblati su una cavità di rame, al cui interno sono montati elementi dipendenti dalla frequenza come il cristallo e i condensatori di regolazione di frequenza. I transistor (spesso è preferibile averne due per ridurre al minimo

i gradienti di temperatura nella cavità) sono normalmente controllati da un ponte di Wheatstone dotato di un sensore termico in uno dei bracci, le uscite dei quali sono trasferite al circuito di controllo e utilizzate per equilibrare la temperatura di inversione effettiva del singolo cristallo nell'altro braccio. Ogni cristallo appartenente al medesimo lotto sarà caratterizzato da prestazioni leggermente diverse. Pertanto, per garantire le migliori prestazioni possibili, è essenziale che ogni circuito di riscaldamento venga impostato per adattarsi all'inversione esatta o punto di turnover, del cristallo specifico utilizzato. Si tratta di un'operazione che richiede molto tempo e quindi influisce sul costo di produzione di un OCXO. Generalmente, è possibile produrre OCXO a frequenze comprese fra  $5 \text{ MHz}$  e circa  $130 \text{ MHz}$ . Ovviamente alcune fre-

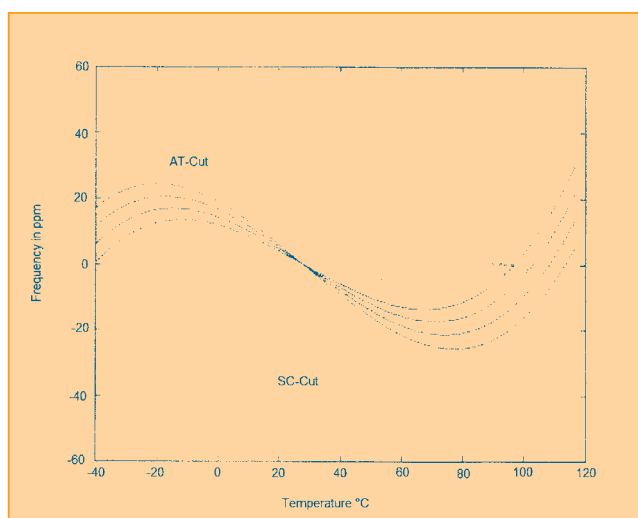


Fig. 1 – Differenti andamenti del turn point di oscillatori OCXO di tipo AT-cut e SC-cut

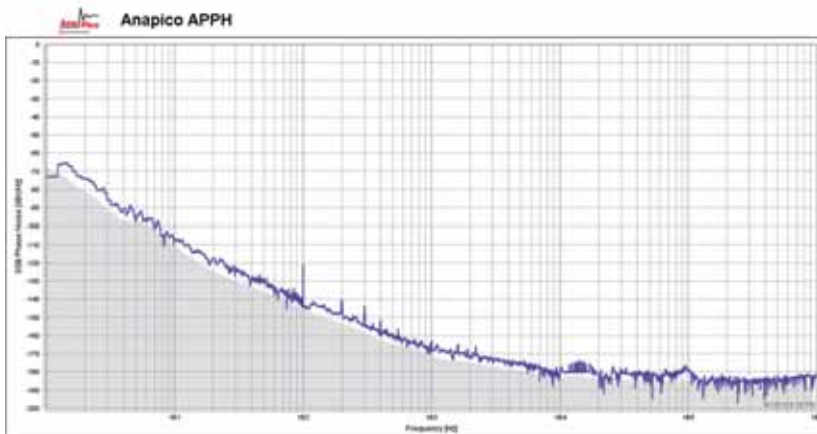


Fig. 2 – Andamento del rumore di fase dell'oscillatore IQOV-200F di IQD

quenze tendono a essere più comuni di altre e la frequenza effettiva dipende dalla particolare applicazione considerata. Se è richiesta una frequenza più bassa, questa viene ottenuta mediante un'operazione di divisione della frequenza. Nel caso di un OCXO, la frequenza più comunemente utilizzata è 10 MHz, tipica di applicazioni quali apparecchiature di test e clock di riferimento per micor. Frequenze più elevate, come ad esempio 100 MHz, è utilizzata per gli oscillatori di riferimento delle apparecchiature radar: in questo caso è richiesto un rumore di fase molto basso. Un esempio è riportato in figura 2, che rappresenta il grafico del rumore di fase del componente IQOV-200F di IQD.

Lo schema a blocchi di un tipico OCXO è riportato in figura 3. Come si può notare, il nucleo centrale è rappresentato dall'oscillatore che contiene il cristallo a quarzo specifico. Come menzionato in precedenza, normalmente questo è un cristallo a taglio AT o un cristallo a taglio SC. Il cristallo a taglio SC ha l'ulteriore vantaggio di garantire una velocità

di invecchiamento inferiore, per cui sono richieste meno operazioni di regolazione nel tempo per compensare i fenomeni di deriva in frequenza. Molti produttori di OCXO tendono a produrre il cristallo e l'oscillatore, fatto questo che garantisce un miglior controllo sulla soluzione a tutto vantaggio delle prestazioni.

Il circuito di regolazione della tensione contribuisce a migliorare le specifiche generali in quanto minimizza gli effetti di una tensione di alimentazione estrna variabile (entro il

range di tensioni di alimentazione specificato).

Lo stadio di uscita converte l'uscita di basso livello dell'oscillatore in un'onda sinusoidale o in un'uscita HCMOS in funzione dell'applicazione considerata. L'uscita sinusoidale è spesso preferibile per applicazioni che prevedono l'uso di un OCXO, in quanto assicura una migliore purezza spettrale rispetto a un'onda quadrata.

Il circuito di riscaldamento è la fonte principale di consumo energetico all'interno dell'oscillatore.

Il circuito di controllo di tensione, normalmente prevede almeno un diodo varactor o varicap che permette di aumentare la frequenza di una quantità minima per compensare le variazioni delle condizioni del circuito e contrastare l'invecchiamento del cristallo al trascorrere del tempo. Naturalmente questo controllo può essere realizzato in modalità remota per applicazioni che richiedono un'interfaccia utente o mediante un Phase Locked Loop (PLL).

Al fine di ottimizzare le prestazioni, la fase di progettazione

Qualità professionale a prezzi discount



**reichelt.it**  
elektronik

In [www.reichelt.it](http://www.reichelt.it)  
trovate più

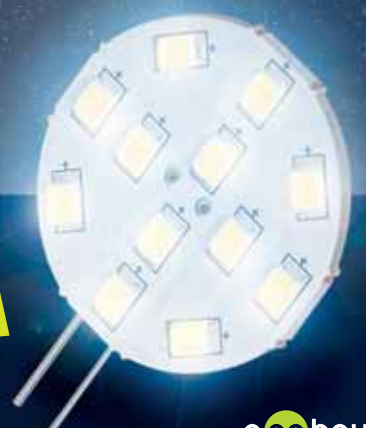
**400 lampade a LED**

GB 30588

**3,03**

2 W / 170 lm

**A+**  
EEK



goobay®

Prezzi in € IVA di legge escluse, spese di spedizione escluse | reichelt elektronik, Elektronikring 1, 26452 Sande (Germany)



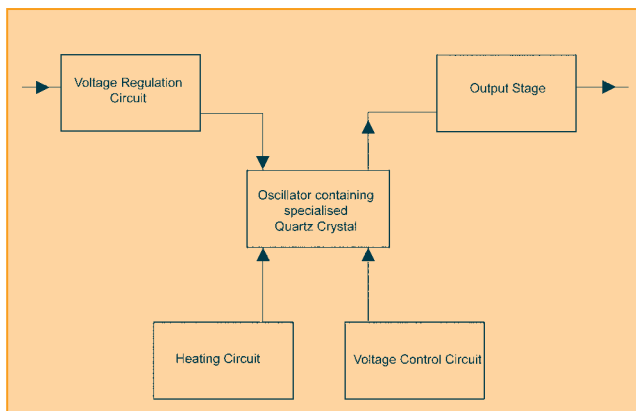
Oltre 45 anni di esperienza

Spedizione in 24 ore

Più di 50.000 prodotti



+49 (0)4422 955-360

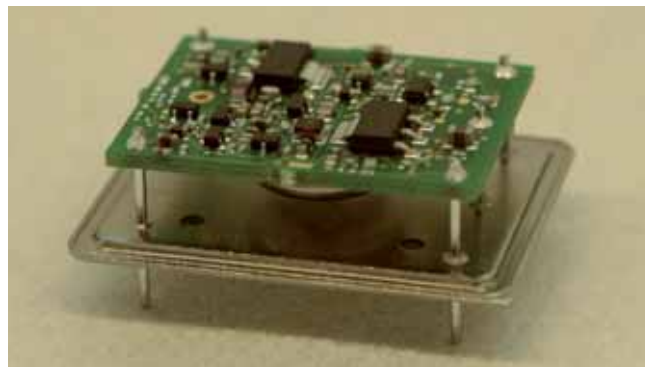


**Fig. 3 – Schema a blocchi di un tipico OCXO**

delle proprietà termodinamiche della disposizione interna richiede una particolare attenzione. Tra gli aspetti da tenere in considerazione, da segnalare l'ubicazione degli elementi di riscaldamento, il posizionamento dei condensatori di regolazione e il tipo di isolamento interno utilizzato. Come già riferito in precedenza, il parametro base di un OCXO è la sua stabilità termica e l'oscillatore IQOV-164 di IQD è un esempio dell'evoluzione degli OCXO negli ultimi anni; esso è in grado di assicurare una stabilità di  $\pm 0,2$  ppb ( $0,2 \cdot 10^{-9}$ ) in un intervallo di temperatura operativa da  $-40$  a  $85$  °C. L'OCXO è alloggiato in un package euro standard da 5-pin di dimensioni pari a  $36 \times 27$  mm. Uno degli aspetti da considerare quando si pensa all'utilizzo di un OCXO è il suo consumo energetico e il tempo di riscaldamento (warm-up time). Nel caso di QOV-164, questo può richiedere fino a 7 Watt di energia in fase di riscaldamento, valore che si riduce a circa 2 Watt una volta che il cristallo ha raggiunto la sua temperatura di turnover. Uno dei vantaggi principali legati all'uso di un OCXO è rappresentato dalle sue prestazioni di rumore di fase, che sono intrinsecamente elevate: la temperatura del cristallo viene mantenuta costante un notevole vantaggio rispetto a un oscillatore standard, che potrebbe essere soggetto a variazioni di temperatura maggiori. Un esempio è la serie IQOV-200F di IQD che a una frequenza di 100 MHz garantisce un rumore di fondo di  $-182$  dBc/Hz con offset di 1 MHz (Fig. 4). Nel caso degli OCXO un fattore da tenere in considerazione è la velocità di invecchiamento del cristallo. In circostanze normali, il produttore procede all'invecchiamento dell'oscillatore per un periodo di 30 giorni fino a quando non viene raggiunto uno specifico livello di prestazioni. A questo punto il dispositivo viene consegnato al cliente. Occorre inoltre tenere presente che i cristalli a taglio SC invecchiano molto più lentamente rispetto ai cristalli a taglio AT, ma naturalmente questi sono molto più costosi da produrre. Quando si utilizza un OCXO, un aspetto da tenere in considerazione è il bilanciamento tra l'intervallo di temperatura

di funzionamento dell'oscillatore e quello della temperatura ambiente. Se la temperatura ambiente massima è prevista a  $+70$  °C, le specifiche dell'oscillatore devono prevedere il funzionamento a temperature di almeno  $+75$  °C, al fine di garantire un certo margine di errore. Se l'oscillatore "avverte" una temperatura superiore a quella specificata, tornerà alla temperatura del cristallo stesso, il che comporterebbe una variazione di frequenza dell'ordine di molte parti per milione (ppm). In realtà ciò significa che occorre considerare qualsiasi fonte di calore esterna posta in prossimità dell'oscillatore. Occorre inoltre tenere presente il flusso di aria attorno all'assemblaggio della scheda e prevedere l'adozione di una metodologia che ne consenta la minimizzazione.

Con un oscillatore che presenta un livello così elevato di prestazioni, è consigliabile che il dispositivo venga lasciato in



**Fig. 4 – Gli oscillatori della serie IQOV-200F di IQD a una frequenza di 100 MHz garantiscono un rumore di fondo di  $-182$  dBc/Hz con offset di 1 MHz**

uno stato di alimentazione permanente, in quanto la stessa azione periodica di accensione e spegnimento può causare problemi di ritracciamento della frequenza; la frequenza in fase di spegnimento potrebbe non essere la stessa della fase successiva di accensione, anche se all'oscillatore viene garantito un periodo adeguato di stabilizzazione.

Un elemento da tenere assolutamente in considerazione è il costo. I principali fattori che concorrono a definire il costo di un OCXO sono la stabilità di frequenza e le prestazioni di rumore di fase. È utile notare che i costi degli OCXO possono variare da £50,00 a £1.000,00 in funzione delle specifiche tecniche.

Si potrebbe osservare che molte applicazioni si potrebbe ricorrere a un TCXO, specialmente se le dimensioni del package e il consumo energetico sono fattori critici. In ogni caso, per ottenere le migliori prestazioni è necessario ricorrere a un OCXO, in quanto un TCXO non è in grado di garantire le medesime specifiche in termini di stabilità termica, il rumore di fase e l'invecchiamento. ■



# Come filtrare il segnale con la capacità di ingresso

**Peter Sarson**  
Test engineering manager

**Andreas Wild**  
Marketing manager  
full service foundry  
[ams AG](http://ams AG)

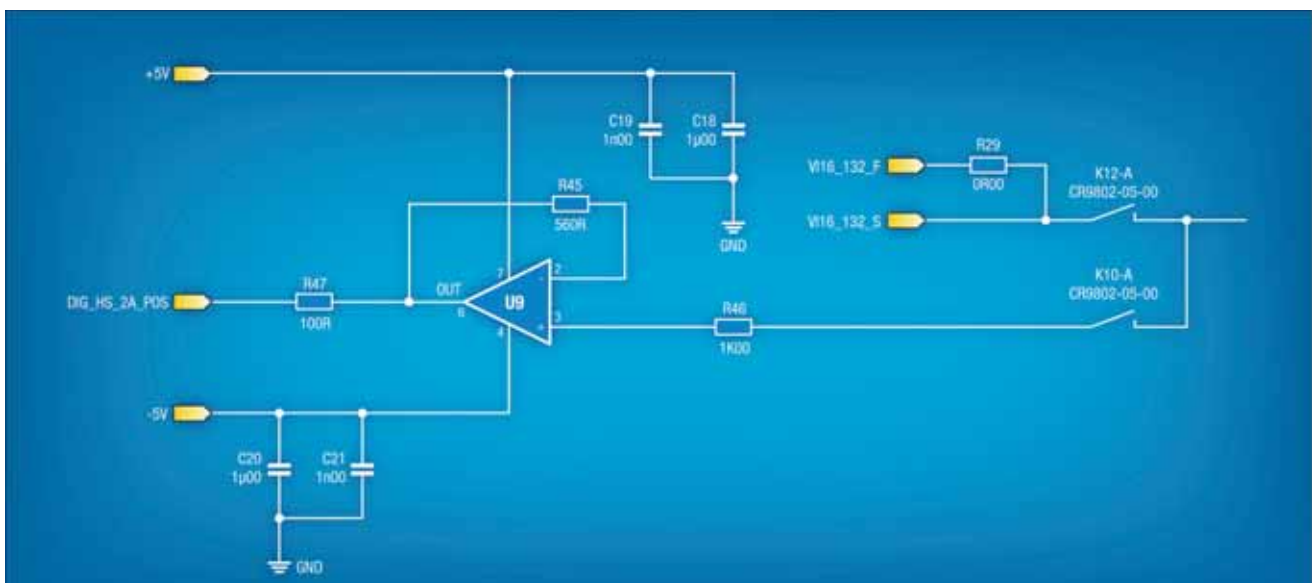
Gli ingegneri collaudatori, quando rilasciano un programma di test, devono essere sicuri che la soluzione sia robusta e mostri una buona correlazione. Grazie a una stretta collaborazione tra tutte le parti coinvolte, questi problemi possono essere evitati ed è possibile definire una soluzione di test affidabile

**A** volte il tecnico di collaudo che lavora in una fabbrica di semiconduttori può progettare un circuito per test non adatto per l'applicazione prevista a causa di fattori considerati poco significativi come la capacità elettrica. Non è raro che agli ingegneri che si occupano dello sviluppo dei test si rivolgano domande del tipo: "Perché testare la continuità?" oppure "Questo relè non serve". In generale, gli ingegneri addetti allo sviluppo dei test devono rispettare le norme in materia di produzione e garanzia della qualità.

**Tabella 1 – Specifica di capacità in ingresso di un buffer in-house ad alta velocità**

Capacità in ingresso	+Ingresso	7,5	7,5	pF

Nell'esempio descritto di seguito, ad ams è stato chiesto di testare un semplice segnale video su un chip di un cliente del servizio fonderia, misurando la tensione di ogni singolo pixel di un sensore di immagine con risoluzione 640x480. Il requisito principale per il progetto della scheda era che il percorso del segnale dalla porta di uscita video non dovesse superare i 20pF, come specificato dal cliente. Per essere in grado di misurare cor-



**Fig. 1 – Schema Implementato**

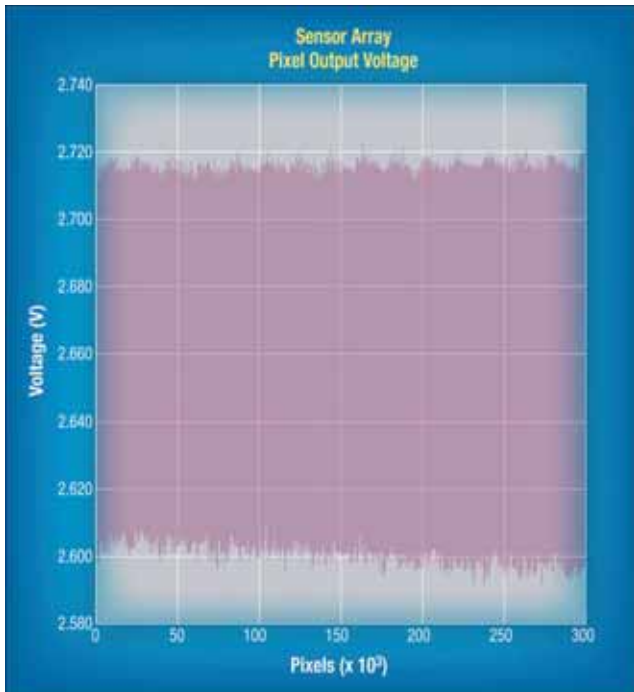


Fig. 2 – Acquisizione Iniziale Dati

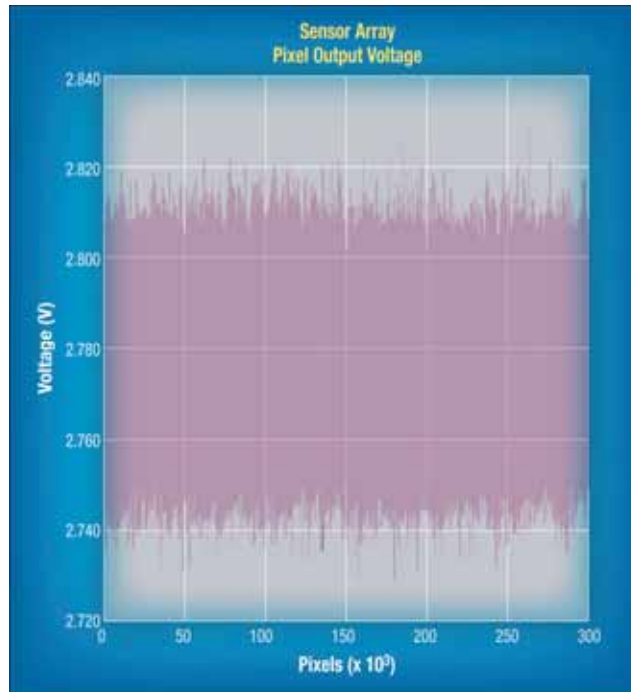


Fig. 4 – Acquisizione uscita con nuovo buffer

**Tabella 2 – Capacitanza del relè RF in-house selezionato**

Protezione/Schermatura	0,2	pF
------------------------	-----	----

rettamente il segnale, gli ingegneri collaudatori di ams hanno dovuto utilizzare il tester LTX-Credence DIG-HSB. Purtroppo questo strumento ha una terminazione in ingresso di 50 ohm e il dispositivo non sarebbe stato in grado di ricevere la corrente necessaria per l'operazione.

Si tratta tuttavia di un problema riscontrato di frequente

poiché ams utilizza frequentemente il DIG-HSB. La soluzione è un buffer ad alta velocità disponibile in-house. Facendo riferimento alla tabella 1, la specifica per la capacità in ingresso del buffer ad alta velocità è 7,5pF.

Le norme sulla garanzia della qualità richiedono che la continuità sia testata su tutti i pin del circuito integrato, seppur complicato. In questo caso specifico, la situazione era decisamente complicata. Per poter testare la continuità su questo particolare pin, ams ha dovuto aggiungere un componente in grado di effettuare lo switch. Poiché alcuni relè non hanno

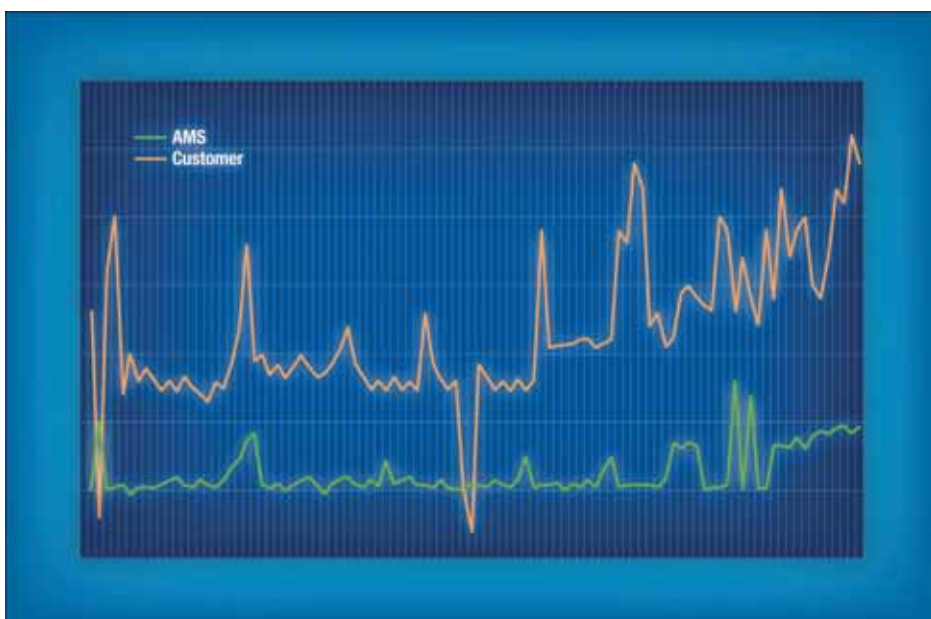


Fig. 3 – Correlazione tra i risultati ottenuti da ams e dal cliente

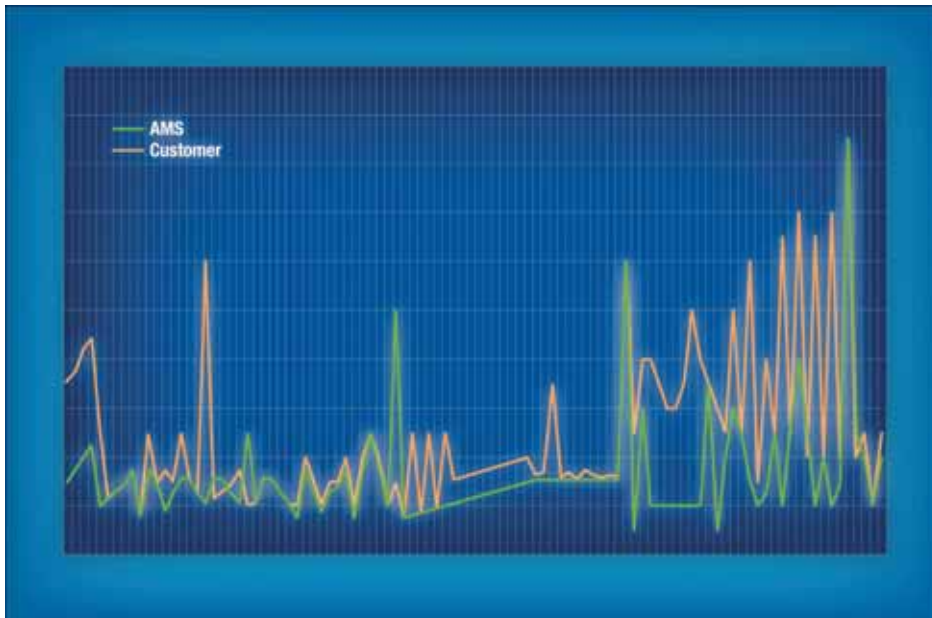


Fig. 5 – Correlazione finale

Tabella 3 – Capacità in ingresso del buffer del cliente				
Capacitanza in ingresso	Conf. non invertente	1	pF	Tipo

specifiche sulla capacitanza dato che questa può raggiungere valori abbastanza elevati, ams ha optato per un relè RF prodotto in-house per ridurre il più possibile la capacità elettrica del percorso del segnale.

La capacità elettrica di questo relè è di 0,2 pF con contatti chiusi (Tab. 2).

Sommando la capacità elettrica di tutti gli elementi maggiori, la capacità totale del percorso del segnale è stata stimata a <15 pF - un valore inferiore ai 20 pF richiesti nelle specifiche di test del cliente. La figura 1 mostra lo schema finale del circuito di test.

Così, quando il silicio finale è arrivato dalla produzione, ha avuto inizio la fase di debugging. La prova principale richiedeva la misurazione della tensione di ogni singolo pixel proveniente dal sensore (Fig. 2) e quindi il calcolo della deviazione standard della tensione attraverso l'intero array. Se la deviazione standard attraverso l'array fosse risultata troppo elevata, il dispositivo sarebbe stato scartato e considerato un die mal riuscito. I risultati iniziali sembravano promettenti, così gli addetti ai test passarono rapidamente alla fase di correlazione.

Dopo la prima correlazione, risulterà evidente che qualcosa non andava poiché i dati restituiti dal tester non potevano essere validi: i risultati erano troppo positivi. Per lo stesso dispositivo fu riscontrata una differenza pari a

tre volte tra i risultati misurati in fonderia e quelli misurati presso la sede del cliente (Fig. 3) - una discrepanza inaccettabile.

Dopo aver indagato a lungo sulla configurazione del dispositivo, si è giunti alla conclusione che l'unico aspetto ancora da controllare fosse proprio l'hardware di test.

Dopo aver parlato con il cliente e aver esaminato più in profondità lo schema del suo chip, si è riscontrato che l'unica grande differenza nell'hardware era l'amplificatore operazionale (op-amp) utilizzato per il buffering. Il confronto tra i buffer ha mostrato una notevole differenza tra la capacità elettrica in ingresso del buffer utilizzato dal cliente e quella del buffer usato dalla fonderia ams. L'amplificatore operazionale utilizzato dal cliente aveva una capacitanza in in-

Tabella 4 – Capacità di ingresso dell'op-amp finale				
Capacitanza in ingresso		1,5	1,5	pF

gresso di 1pF rispetto alla capacitanza di 7pF dell'amplificatore operazionale ams (Tab. 3).

A seguito di ulteriori accertamenti, ams ha deciso di scambiare i buffer, ma la piedinatura del buffer del cliente era diversa da quella del buffer ams. Tuttavia, ams ha identificato un amplificatore operazionale con una capacità in ingresso simile e la stessa piedinatura (Tab. 4).

Una volta installato sulla scheda questo nuovo amplificatore operazionale, si è riscontrata una correlazione con i risultati del cliente. Sembrava quindi che le specifiche originali del cliente - una capacità massima di 20pF - non fossero corrette: difatti la capacità in ingresso del buffer causava un effetto di filtraggio sul segnale, abbassando la deviazione standard. Osservando il segnale acquisito utilizzando il nuovo amplificatore operazionale, questo risultava chiaramente più rumoroso a causa di un filtraggio ridotto da parte della capacità in ingresso (Fig. 4).

Successivamente ams ha ripetuto l'esercizio di correlazione, ottenendo risultati più **soddisfacenti** (Fig. 5). Come si può vedere in figura 5, la correlazione ha presentato un netto miglioramento. ■

# Potenza è sinonimo di digitale

Mark Adams  
[CUI](#)

Patrick Le Fèvre  
[Ericsson Power Modules](#)

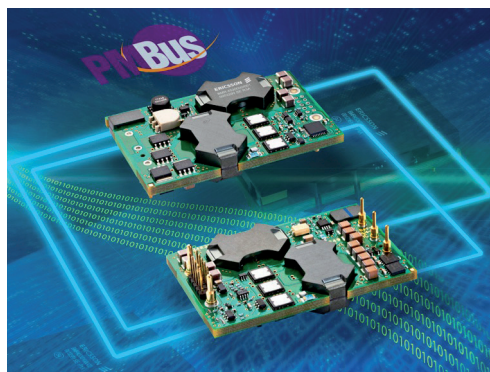
Steve Pimpis  
[Murata](#)

Un “excursus” sull’evoluzione della potenza digitale, dall’introduzione del primo convertitore DC-DC a commutazione ad alta frequenza avvenuta nel 1984, alla costituzione, alle fine del 2014, del consorzio AMP (Architects of Modern Power) il cui obiettivo è consentire di realizzare le soluzioni di potenza distribuite end-to-end più avanzate dal punto di vista tecnico, mettendo a disposizione un ecosistema completo che abbina hardware, software e supporto

Questo articolo analizza l’evoluzione delle architetture di potenza distribuite (DPA – Distributed Power Architecture) a partire dall’introduzione del primo convertitore DC-DC a commutazione ad alta frequenza avvenuta nel 1984. Esso descrive i fattori che hanno guidato questa evoluzione ed evidenzia alcune delle innovazioni più significative. Saranno quindi presi in considerazione i progressi nel campo della potenza digitale avvenuti in questi

ultimi anni e i requisiti che bisogna rispettare per soddisfare la crescente richiesta di potenza da parte di apparecchiature di storage e per reti dati, minimizzando nel contempo l’impatto ambientale. Infine, si evidenzieranno altri aspetti quali le opportunità offerte dalla “collaborazione competitiva”, che potrà fare da volano all’innovazione nell’industria dei sistemi di alimentazione digitali, i benefici in termini di ingegnerizzazione per i progettisti di sistemi di potenza, i vantaggi commerciali per le società che utilizzano alimentatori e la possibilità di ridurre l’impatto ambientale potenzialmente negativo, legato alla crescente domanda di informazioni oramai rigorosamente in formato digitale.

Le architetture di tipo distribuito (DPA) sono sempre più ampiamente utilizzate per il progetto di sistemi di potenza destinati alle apparecchiature per data center e per reti telecom e datacom ad alte prestazioni. L’abbandono dell’approccio tradizionale, che prevedeva cioè una potenza centralizzata – un semplice alimentatore AC-DC, magari con batteria di backup, che alimenta le



schede presenti in un rack – è divenuto inevitabile. Le tensioni di funzionamento dei dispositivi a semiconduttore sono progressivamente diminuite, a causa del passaggio a geometrie sempre inferiori, un’evoluzione questa necessaria per aumentare la potenza di elaborazione dei circuiti integrati. Questi ultimi erano in grado di garantire prestazioni più elevate e operare con tensioni ridotte, con conseguente aumento della corrente richiesta. Poi-

ché la presenza di piste molto lunghe sulle schede PCB (Printed Circuit Board) si traduceva in un aumento a livelli non più accettabili delle perdite per effetto Joule ( $I^2R$ , ovvero proporzionali al quadrato della corrente), riducendo l’efficienza del sistema di potenza, l’unica via percorribile era l’adozione di architetture di potenza distribuite. Questa tendenza continua tuttora. Dagli anni ‘80 la richiesta di potenza dei data center è passata da 300 a 1.200W per scheda e alcune previsioni indicano che si raggiungeranno a breve 5 kW per scheda, complice la crescita esponenziale del traffico su reti IP.

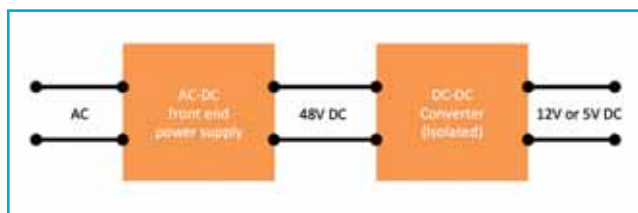
Nel 1984, con l’introduzione dei convertitori DC-DC della serie PKA da parte di un team che operava all’interno di Ericsson ABB, Ericsson Components – RIFA Power (che diventerà successivamente Ericsson Power Modules), si sono avute le prime conferme dei vantaggi economici che si potevano ottenere dallo sviluppo di sistemi di potenza distribuiti. Grazie all’introduzione di questa famiglia, descritta da Ericsson come la prima linea di alimentatori a commutazione DC-DC ad alta frequenza, i progett-



## AL VIA I PRIMI STANDARD

tisti non erano più costretti a utilizzare componenti discreti per realizzare circuiti complessi e relativamente costosi. Essi invece potevano far ricorso a un modulo compatto montato su ciascuna scheda, che richiedeva solamente l'aggiunta di un numero molto ridotto di componenti per il disaccoppiamento e il filtraggio. L'utilizzo dei moduli di potenza comportava anche un sensibile aumento dell'affidabilità del sistema. Questo aspetto è particolarmente importante per tutti i progettisti impegnati nello sviluppo di apparecchi per reti di comunicazione, per i quali è richiesta una durata operativa dell'ordine dei 25 anni (o addirittura superiore).

Solitamente l'unità AC-DC di front-end forniva un'uscita a -48V e un modulo di potenza DC-DC presente su ciascuna scheda convertiva questa tensione a valori inferiori (12 o 5V o una combinazione di entrambi) al fine di erogare la corretta tensione di alimentazione ai



**Fig. 1 – Le prime soluzioni di potenza di tipo distribuito utilizzavano una conversione a due stadi che prevedeva una tensione di bus intermedio di -48V e una singola uscita a 12 o 5V**

semiconduttori presenti nel sistema (Fig. 1). Successivamente, hanno iniziato a fare la loro comparsa dispositivi a semiconduttore operanti a 3,3V e attualmente molti di essi utilizzano tensioni di soli 0,9V e non sono rari i casi di microprocessori che assorbono una corrente fino a 90A a pieno carico.

Tanto maggiore è la differenza tra la tensione (o le tensioni) di uscita di un convertitore DC/DC, tanto minore è l'efficienza del processo di conversione. È presto apparso evidente che per garantire la massima efficienza del sistema era più opportuno gestire la conversione finale nelle immediate vicinanze del carico, ovvero il processore, l'FPGA o dispositivi simili. Oltre ad aumentare notevolmente il livello di efficienza, il fatto di posizionare i convertitori di potenza il più vicino possibile ai loro carichi, evita il verificarsi di fenomeni di instabilità imputabili alle impedenze parassite che caratterizzano le piste di una certa lunghezza presenti sulla scheda PCB o nei cablaggi del sistema. La società Datel, che faceva parte della divisione elettronica di potenza di C&D Technologies e fu acquisita da Murata nel 2007, è stata negli anni '80 e '90

Il consorzio AMP ha annunciato di recente l'introduzione dei primi standard il cui obiettivo è definire specifiche meccaniche ed elettriche comuni per lo sviluppo di tecnologie avanzate di conversione della potenza, da utilizzare in sistemi di potenza distribuiti. Questi standard si riferiscono a convertitori di bus dc-dc avanzati e convertitori PoL (Point-of-Load) digitali. Per i convertitori PoL digitali il consorzio ha definito due standar: la specifica 'microAMP' copre gli alimentatori con correnti nominali comprese tra 20 e 25A in configurazione verticale orizzontale, mentre la specifica 'megaAMP' definisce i requisiti per le unità con correnti nominali comprese tra 40 e 50A, sempre in configurazione verticale e orizzontale. Per i convertitori di bus dc-dc avanzati, la specifica 'ABC-ebAMP' è destinata a moduli brick di dimensioni pari a 58,42 x 22,66 mm con potenze nominali comprese tra 264 e 300W. Per gli alimentatori brick di dimensioni uguali a 58,42 x 36,83 mm e potenze comprese tra 420 e 468W, il consorzio ha definito lo standard 'ABC-qbAMP'. Questi standard definiscono gli ingombri meccanici, le caratteristiche e i file di configurazione.

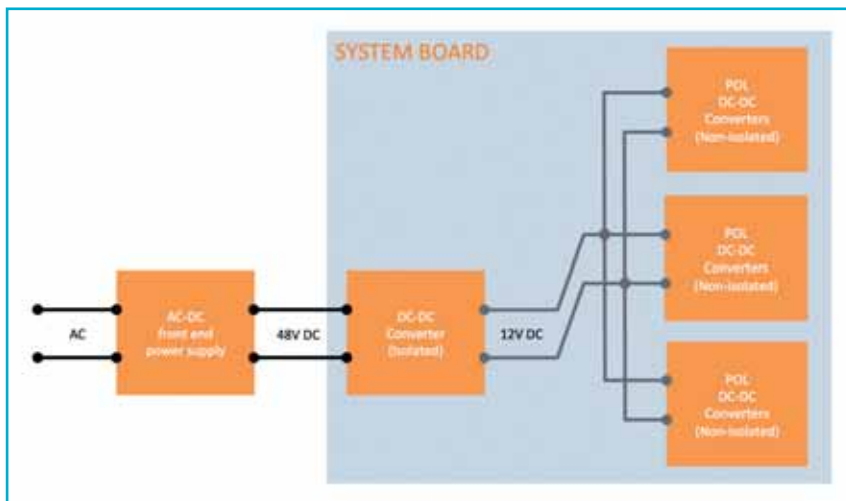
uno dei pionieri nel settore dei convertitori DC-DC isolati e dei moduli POL. Le architetture di potenza distribuite possono essere implementate in vari modi, utilizzando tensioni di bus regolate o non regolate. Nel momento è aumentata la complessità dei sistemi e di conseguenza il numero delle differenti tensioni richieste – ad esempio 12, 5, 3,3, 2,5 e 1,2V – i progettisti dei sistemi di potenza hanno iniziato ad adottare, all'incirca una quindicina di anni fa, architetture di tipo IBA (Intermediate Bus Architecture). In architetture di questo tipo (Fig. 2) l'alimentatore AC-DC invia a un convertitore IBA una tensione di 24 o -48V. il convertitore IBA isolato a sua volta eroga uscite comprese tra 5 e 14 V destinate ai convertitori POL.

### Il passaggio al digitale

La crescente richiesta di funzioni sofisticate per la gestione della potenza, tra cui la messa in sequenza delle alimentazioni con velocità di rampa (ramp rate) controllate come richieste dagli FPGA di grandi dimensioni, unita alla necessità di ridurre sia l'occupazione di spazio a bordo della scheda, sia il numero di componenti esterni sono i fattori che nel corso dell'ultimo decennio hanno indotto i progettisti dei sistemi di potenza a considerare con sempre maggiore attenzione il passaggio alla potenza digitale. Questo passaggio è stato favorito dalla disponibilità di circuiti integrati per la gestione della potenza realizzati da aziende come Texas Instruments che nel 2002 ha introdotto il primo kit di sviluppo per DSP destinato espressamente al mondo degli alimentatori.

Negli ultimi cinque anni la sempre più massiccia adozione del concetto di "digital power" è ascrivibile in larga misura allo sviluppo di moduli convertitori di potenza digitali standard. Il capostipite è il convertitore di bus intermedio BMR453 introdotto da Ericsson nel 2008. I convertitori digitali hanno molto in comune con le loro controparti analogiche, compresi i commu-

tatori di potenza e i filtri di uscita. L'anello di controllo interno, invece, assicura la flessibilità propria dell'approccio digitale, grazie alla quale è possibile erogare in modo preciso la potenza richiesta dalla particolare applicazione e consentire ai sistemi di potenza di adattarsi in modo dinamico e in tempo reale alle differenti condizioni operative. Le funzioni di comunicazione, monitoraggio e controllo sono implementate mediante PMBus. Il controllo digitale è particolarmente utile per migliorare l'efficienza dei sistemi di potenza delle reti dati. La potenza assorbita dalle apparecchiature di rete aumenta con il throughput dei dati. In presenza di un traffico dati ridotto, la rete opera ben al di sotto



**Fig. 2 – Il proliferare di terminali di alimentazione a bordo delle schede ha portato allo sviluppo di architetture IBA che richiedono la presenza di più convertitori POL**

della sua capacità, gli alimentatori operano in presenza di un carico molto inferiore rispetto al massimo previsto e i processori possono funzionare a velocità di clock più bassa.

Poiché per ridotti valori del carico gli alimentatori sono relativamente inefficienti, il consumo di energia è elevato e il calore generato va disperso, con conseguenze negative in termini tecnici, finanziari e ambientali. L'implementazione di un anello di controllo digitale, che preveda convertitori di bus intermedio e convertitori POL, permette di modificare la tensione del bus intermedio in modo dinamico in funzione della variazione del carico. In presenza di carichi di basso valore, la tensione di ingresso del POL è ridotta, con conseguente aumento dell'efficienza di conversione in queste condizioni operative (Fig. 3).

Alcuni dispositivi di potenza digitali ricorrono alla tecnica DVS (Dynamic Voltage Scaling) per risparmiare energia. Nel caso sia richiesta una bassa potenza di elaborazione, sia la frequenza di clock del processore, sia la sua tensione di alimentazione, possono essere ridotte. La riduzione dinamica della tensione è solitamente implementata sotto forma di funzione ad anello aperto, che prevede una tabella di ricerca che contiene

combinazioni predefinite di frequenza e alimentazione. La tecnologia AVS (Adaptive Voltage Scaling), senza dubbio più avanzata rispetto alla DVS, adotta invece un approccio ad anello chiuso in tempo reale, grazie al quale è possibile adattare in modo preciso la tensione di alimentazione al valore minimo richiesto dal processore, in base al carico di lavoro e alla velocità di clock di quest'ultimo. Questa tecnica consente inoltre di compensare le variazioni sia di processo sia di temperatura del processore.

Parecchi alimentatori a commutazione utilizzano un anello di controllo chiuso con retroazione negativa dall'uscita all'ingresso. Per regolare la risposta in frequenza dell'anello al fine di ottenere una risposta ai transitori ottimale senza compromettere la stabilità, è richiesta una rete di compensazione. Il progetto della rete di compensazione può essere un compito oneroso in termini temporali e non privo di errori. In ogni caso le prestazioni dei componenti presenti nella rete possono variare a causa di cambiamenti di temperatura o di fenomeni di invecchiamento. Nel 2010 l'americana CUI è stato il primo produttore a sviluppare e introdurre sul mercato moduli convertitori POL non isolati con compensazione automatica, una funzione digitale che permette di eliminare completamente questo problema.

Senza dimenticare che l'uso di moduli di potenza digitali semplifica (o consente) l'integrazione di numerose altre funzioni nel corso

della progettazione del sistema di potenza, tra cui la condivisione attiva di corrente, il rilevamento e la messa in sequenza della tensione, l'avviamento e l'arresto graduali e la sincronizzazione.

#### La necessità della standardizzazione

Nel momento in cui è andata via via diffondendosi l'adozione di moduli di potenza DC-DC, è cominciata a sorgere la necessità di poter disporre di prodotti di differenti costruttori caratterizzati da un certo livello di standardizzazione. I clienti, per garantire l'affidabilità della catena di fornitura, richiedevano la disponibilità di una seconda sorgente per i prodotti: da qui la costituzione di associazioni che raggruppavano costruttori di alimentatori e produttori di componenti.

Le alleanze che nel tempo si sono costituite sono riuscite a raggiungere accordi sulla standardizzazione del footprint (ovvero degli ingombri) e dei pinout relativamente a determinate categorie di convertitori di potenza, come ad esempio i convertitori DC-DC isolati e non isolati. Questi accordi, se da un lato hanno garantito un certo grado di intercambiabilità tra prodotti realizzati da costruttori differenti, non sono riusciti a definire in modo

univoco le modalità di implementazione di tutte le funzioni elettriche dei convertitori: tutto ciò ha contribuito a complicare l'operazione di rimpiazzo di un componente con un altro. Ciò vale in particolar modo per la potenza digitale, la quale aggiunge un ulteriore livello di complessità al problema della compatibilità tra differenti soluzioni.

Nel 2004 Artesyn Technologies, Astec Power e un gruppo di aziende operanti nel settore dei semiconduttori - Texas Instruments, Volterra Semiconductors, Microchip Technology, Summit Microelectronics e Zilker Labs - hanno dato vita a un gruppo finalizzato allo sviluppo di uno standard aperto per le comunicazioni con un protocollo dedicato ai sistemi di potenza: ciò ha segnato la nascita dello standard industriale per la gestione dei sottosistemi di potenza noto come PMBus.

Nonostante le ottime intenzioni e alcuni progressi, sono sorti alcuni problemi che hanno bloccato gli sviluppi di questo standard da parte di altri fornitori. Di rilievo la causa per violazione di brevetto intentata da PowerOne nel 2005 per proteggere la tecnologia Z-Bus utilizzata da propri regolatori POL per il monitoraggio e il controllo degli alimentatori. Questa causa, che di fatto ha impedito l'adozione su vasta scala di PMBus per un periodo di circa 4 anni, si è conclusa con un accordo sui diritti di licenza per questa tecnologia.

In tempi più recenti le aziende attive nel settore degli alimentatori hanno riavviato i contatti per cercare di superare queste problematiche, con particolare riferimento a quelle relative alla potenza digitale. Nel mese di luglio del 2011, CUI ha annunciato la stipula di un accordo con Ericsson Power Modules e nel mese di settembre di quell'anno ha introdotto una nuova famiglia di moduli POL compatibili a livello di piedinatura e di funzioni con i convertitori della famiglia BMR46X di Ericsson. Un anno più tardi CUI ha concluso un accordo di licenza con Ericsson relativo alla famiglia di convertitori ABC (Advanced Bus Converter) 3E, che le ha permesso di offrire ai propri clienti un convertitore di bus intermedio "intelligente" da abbinare al proprio portafoglio di prodotti POL. Nello stesso periodo le due società hanno deciso di avviare una cooperazione finalizzata alla messa a punto di uno standard comune per i convertitori di bus intermedio digitali. Nel luglio del 2014 Murata ed Ericsson hanno annunciato un accordo di cooperazione tecnica il cui scopo è accelerare l'adozione di prodotti di potenza di natura digitale mediante l'offerta di prodotti completamente compatibili tra di loro.

### Soddisfare le necessità future

In base ai dati raccolti dal più recente [Mobility Report di Ericsson](#), il traffico IP su base annua raggiungerà 7,7 zettabytes entro la fine del 2017, contro i 2,6 zettabyte del 2012. Le comunicazioni video, i servizi basati su cloud e l'interconnessione di oggetti fisici, in altre parole Internet of Things (IoT), sono i principali elementi trainanti di questa inarrestabile crescita. I progettisti

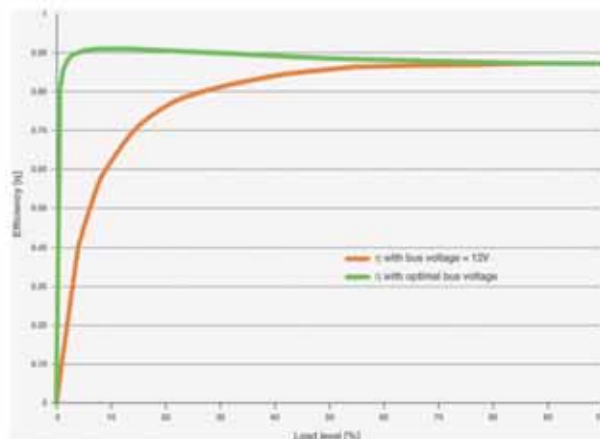


Fig. 3 – La potenza digitale permette di aumentare l'efficienza in presenza di carichi ridotti (Fonte Ericsson – EGG, ottobre 2014)

dei sistemi di potenza destinati alle reti dati dovranno affrontare quindi problematiche sempre più complesse e l'unico modo per risolverle in maniera efficace sarà sfruttare tutti i vantaggi, in termini sia funzionali sia di efficienza, offerti dai dispositivi di potenza digitali. Senza dimenticare che questa tecnologia, utilizzata in prima istanza nei comparti telecom e datacom, è andata diffondendosi ad altre applicazioni, grazie al maggior utilizzo di processori avanzati e FPGA nei settori medicale, industriale e dei sistemi di misura/collaudo. Da qui la necessità di una soluzione semplice, intuitiva e multi-sorgente sulla scheda. La sfida da affrontare è ottenere una conversione di potenza perfetta in tutte le condizioni e per tutto il tempo necessario. I produttori di alimentatori si sono quindi trovati costretti a dover introdurre innovazioni a un ritmo così elevato da richiedere una cooperazione sempre più stretta.

Per questo motivo [CUI](#), [Ericsson Power Modules](#) e [Murata](#), hanno fondato nell'ottobre del 2014 il [consorzio AMP \(Architects of Modern Power\)](#), il cui obiettivo è sviluppare tecnologie di potenza all'avanguardia in termini sia di funzionalità sia di efficienza. Gli standard che verranno messi a punto conterranno specifiche relative agli aspetti meccanici, elettrici, delle comunicazioni, del monitoraggio e del controllo. Le aziende aderenti al consorzio si impegneranno a definire specifiche elettriche e meccaniche comuni per i loro prodotti e standardizzare le funzioni di monitoraggio, controllo e comunicazione.

I membri si focalizzeranno sullo sviluppo di prodotti in grado di garantire una conversione a elevata efficienza in tutte le condizioni operative e assicurare una compatibilità di tipo "plug-and-play" tra i loro prodotti.

Ulteriori informazioni sono disponibili all'indirizzo: [www.amp-group.com](http://www.amp-group.com) ■

# COMPONENTI DISCRETI OPTOELETTRONICI

Lucio Pellizzari

Fra i componenti discreti i dispositivi ottici sono tra i più utili e anche più diffusi per le pregevoli doti di affidabilità e accuratezza dovute alla sintonia d'interazione tipica degli elettroni e dei fotoni

L'optoelettronica ha già superato un secolo di scoperte e sviluppi tecnologici perché si può dire abbia preso vita nel 1905 con la scoperta dell'effetto fotoelettrico da parte di Einstein, che ha portato alla realizzazione dei sensori ottici per la conversione dei fotoni in elettroni e al successivo sviluppo dei diodi per la trasformazione contraria dell'energia elettronica in energia fotonica.

In sostanza è possibile illuminare i metalli e fare in modo che un po' di elettroni si dissocino dai loro atomi e si mettano in movimento purché i fotoni, che sono le particelle elementari che trasportano la radiazione elettromagnetica, abbiano energia sufficiente ossia  $E = h \cdot f = h \cdot (c/\lambda)$ , dove  $h$  è la costante di Planck ed  $f$  è la frequenza del fotone rappresentabile anche come rapporto fra la velocità della luce e la sua lunghezza d'onda  $\lambda$ . Per esempio, per estrarre un elettrone dal sodio (Na) occorre un fotone di 2,28 eV, ossia con  $\lambda$  di 544 nm, che corrisponde alla luce verde, mentre con il rame (Cu) lo stesso fotone deve avere almeno 4,48 eV, ossia 263 nm all'ultravioletto. Su questo effetto sono basati i fotorivelatori o fotodiodi, che sono fatti con giunzioni otticamente sensibili di silicio o arseniuro di indio-gallio, che offrono uno spettro di cattura molto ampio (da 190 a 1100 nm per il Si e da 800 a 2600 nm per l'InGaAs) e consentono di ottenere in uscita una corrente elettrica proporzionale all'energia della radiazione incidente. Una variante del fotodiodo è il fototransistor, nel quale il segnale ottico viene cat-

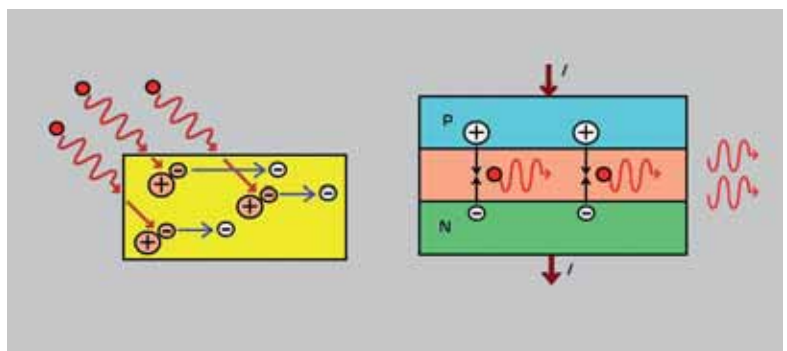
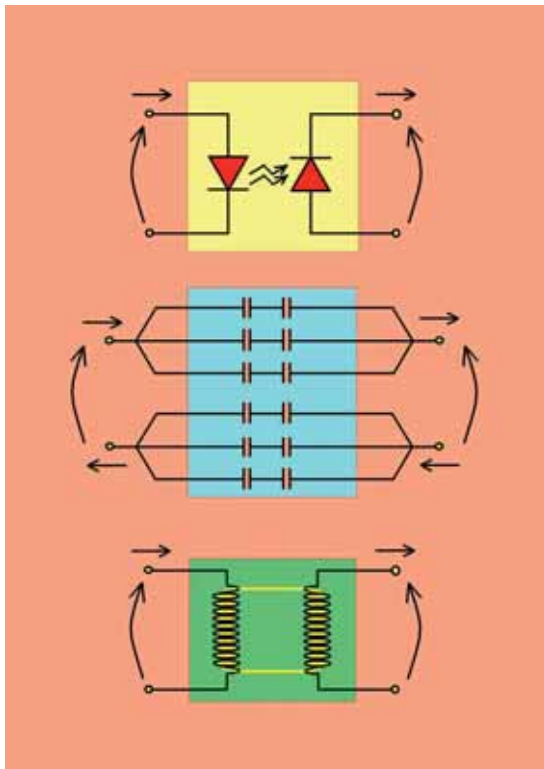


Fig. 1 – Principio di funzionamento dell'effetto fotoelettrico e del diodo LED a giunzione semplice

turato dalla giunzione base-collettore e poi amplificato fra base ed emettitore, ottenendo un guadagno superiore rispetto al fotodiodo ma con un tempo di risposta maggiore, che fa preferire i diodi nelle applicazioni ad altissima velocità.

Il principio inverso è quello del diodo laser, dove una giunzione p-n produce per emissione spontanea dei fotoni quando viene attraversata da una corrente elettrica, che causa la ricombinazione fra le coppie elettrone-lacuna. Se la zona svuotata è abbastanza lunga, i fotoni generati provocano per emissione stimolata ulteriori ricombinazioni, aumentando la quantità dei fotoni e in questo modo funzionano i Laser Emitter Diode, o LED. L'energia di ciascun fotone emesso è proporzionale all'energia di ricombinazione di ogni coppia, che è funzione dei materiali utilizzati nella giunzione e per esempio con l'InGaAs si ottiene il blu violetto a 405 nm mentre con l'AlGaInP il rosso a 635 nm e, inoltre, siccome la potenza della radiazione fotonica dipende dal numero dei fotoni, è anche funzione della corrente elettrica applicata.





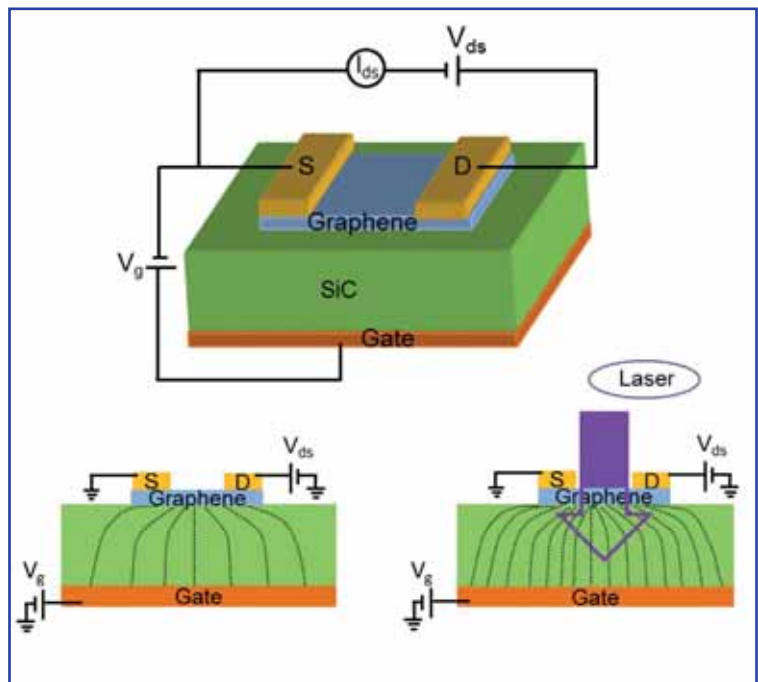
**Fig. 2 – Schema semplificato di chip con a bordo un accoppiatore/isolatore di tipo ottico, capacitivo oppure induttivo (Mems)**

### Fotodiodi e LED nello stesso chip

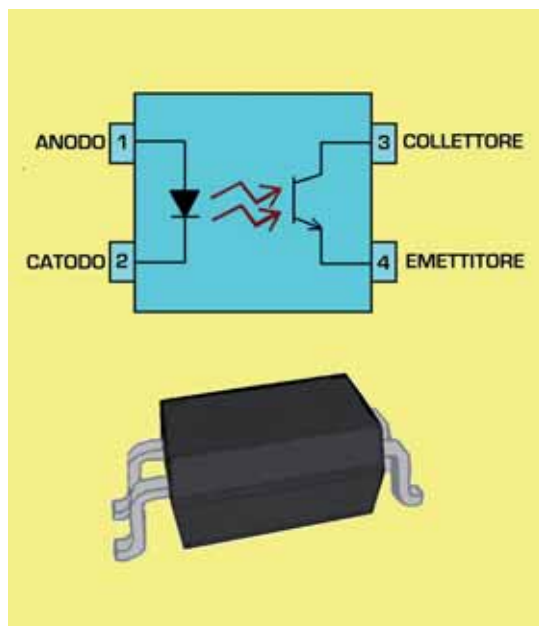
Diffusissimi sono i dispositivi optoelettronici fabbricati con all'ingresso un LED che riceve una corrente dall'esterno e la trasforma in fotoni, che usa per illuminare un fotorivelatore che genera un'altra corrente di uguale valore che va in uscita. Questi dispositivi sono al tempo stesso isolatori e accoppiatori, perché isolano elettricamente due parti di un circuito, pur mantenendone la continuità operativa e perciò si possono chiamare indifferentemente accoppiatori ottici, isolatori ottici, optoaccoppiatori e optoisolatori. Si usano molto negli alimentatori di ogni tipo ma anche nei convertitori e nei front-end per i circuiti a radiofrequenza e alle microonde, perché hanno il fondamentale vantaggio di un ottimo rapporto prestazioni/costo e offrono anche grande robustezza meccanica e una forte immunità alle interferenze elettromagnetiche ambientali, che sono spesso abbondanti proprio laddove devono essere installati.

Recentemente sono stati realizzati isolatori elettronici che si rifanno al principio del trasformatore, per lungo tempo utilizzato a tal scopo grazie all'accoppiamento induttivo sugli avvolgimenti di

ingresso e di uscita, che consente di isolare i due lati mantenendo la continuità circuitale. L'evoluzione delle tecnologie di fabbricazione dei dispositivi microelettromeccanici, Mems, ha permesso di realizzare dei microtrasformatori integrabili sul silicio e utilizzabili come isolatori/accoppiatori magnetici. Un'altra tecnologia già nota, ma solo recentemente resa competitiva, è l'isolamento capacitivo, che si può implementare nei dispositivi con i processi di fabbricazione Cmos per lo stesso scopo di fare in modo che ciò che succede all'uscita non abbia alcuna correlazione elettrica al di fuori delle frequenze di interesse con quello che succede all'ingresso. In questi componenti si realizzano fra le due parti delle vere e proprie microlinee di trasmissione, con a metà strada due condensatori in serie che abbattano qualsiasi picco di tensione e/o di corrente fra i due lati ripulendo il segnale. È in pratica una barriera capacitiva multicanale che lascia passare i segnali ma impedisce il passaggio alle interferenze e si implementa su più canali per poter selezionare diverse componenti di frequenza, in modo tale da coprire un ampio spettro e adattarlo alle diverse tipologie di segnali e applicazioni circuitali. Gli accoppiatori/isolatori capacitivi hanno oggi prestazioni simili a quelle dei microtrasformatori Mems, con isolamento nell'ordine di una decina di kV e immunità ai transitori di modo comune di qualche



**Fig. 3 – I fototransistor di grafene sviluppati alla Purdue University offrono una velocità di risposta nell'ordine dei GHz e una fotoresponsività di circa 7,4 A/W**



**Fig. 4 – I fototransistor Fairchild OptoHiT FODM8801C consentono un isolamento ottico di 3,75 kVacrms e un'immunità ai transistori di modo comune di 20 kV/μs fino a 125 °C**

decina di kV/μs, mentre per i dispositivi ottici la gamma delle prestazioni disponibili nei prodotti attualmente in commercio è molto più articolata.

In questo periodo alla [Purdue University](#), che si trova a West Lafayette nello stato dell'Indiana, un team di ricerca sta portando avanti lo sviluppo di innovativi fototransistor in grafene, che sfruttano le pregevoli doti di mobilità elettronica, ampia banda di cattura dei fotoni ed elasticità meccanica tipiche di questo innovativo materiale, che viene ottenuto con procedimenti resi disponibili grazie alla recente evoluzione delle nanotecnologie. I fototransistor in grafene, o Graphene Field Effect Transistor (GFET), fabbricati sopra un substrato di silicio-carbonio, hanno la lunghezza d'onda di cattura a circa 400 nm e offrono una velocità di risposta dell'ordine dei GHz, superiore di almeno un ordine di grandezza rispetto alle attuali fotogiunzioni di silicio, e una fotoresponsività di circa 7,4 A/W a temperatura ambiente, ovvero tre ordini di grandezza superiore rispetto ai migliori attuali fotorivelatori.

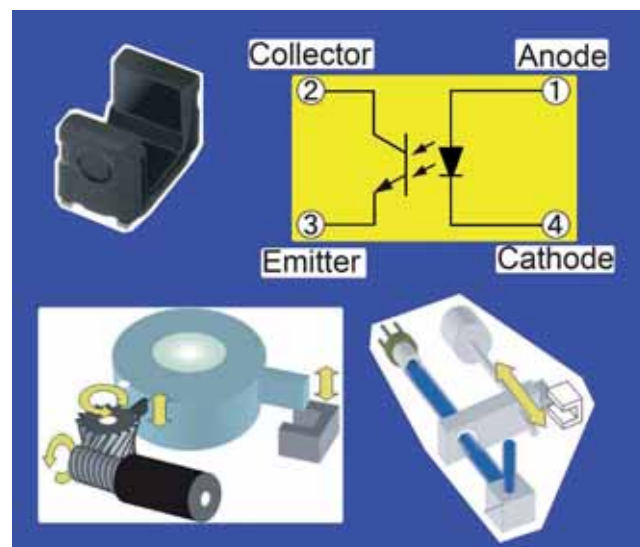
#### Fototransistor con uscita di 2,5 A

[Fairchild](#) ha realizzato i fototransistor OptoHiT, mettendo nello stadio di ingresso un diodo con eterogiunzione di arseniuro di gallio alluminio, AlGaAs, che emette all'infrarosso ed è adatto alle alte tem-

perature, grazie alla tolleranza termica stabile da -40 fino a 125 °C e alla tenuta in saldatura fino a 245 °C. Questi componenti sono caratterizzati dall'elevato trasferimento di corrente accoppiato a un basso assorbimento di potenza. I nuovi FOD8332 integrano uno stadio di uscita con transistor Igbt/Mosfet che può erogare fino 2,5A di corrente e offre fino a 8 kV di isolamento in tensione e fino a 35 kV/μs di immunità ai transistori di modo comune. FODM8801C è fornito in un piccolissimo package a 4 pin da 2,03x2,5x4,4 mm, ha un isolamento fra l'uscita e l'ingresso di 3,75 kVacrms, con tensione compresa fra -5,0 e +0,8V e corrente che va da 1 a 10 mA, mentre l'immunità ai transistori di modo comune è di 20 kV/μs. Questo componente è ottimo per l'uso nei convertitori di tensione dc/dc, nell'isolamento segnale/rumore delle applicazioni industriali e nella regolazione della potenza sui set-top-box. Più isolante è il fototransistor 4N38M per alta tensione, che consente una tensione di lavoro sopra 300V e assicura un isolamento ai picchi di ben 7,5 kVac.

#### Fotointerruttore per prodotti consumer

[Sharp](#) propone un nuovo compatto e robusto fotointerruttore di tipo trasmissivo, che può essere usato per rilevare la posizione dei componenti MemS per il posizionamento delle lenti di focalizzazione nelle macchine fotografiche, oppure dei laser per la lettura dei dischi ottici nei set-top box o nei Blu-ray driver o in altre simili applicazioni tipiche dei pro-



**Fig. 5 – Misura 2,26x1,4x1,6 mm e ha un'accuratezza ottica di 0,12 mm il nuovo fotointerruttore GP1S396HCPSF che Sharp consiglia nei prodotti consumer**

dotti per l'elettronica di consumo. Il fotointerruttore viene fornito in package a montaggio superficiale, oppure a inserimento scheda con rispettive denominazioni GP1S396HCPSF e GP1S396HCPOF. Le dimensioni sono di 2,26x1,4x1,6 mm con un'apertura interna di 1,2 mm e un'accuratezza nella rivelazione ottica di appena 0,12 mm, con un rapporto fra la fotocorrente massima e quella minima pari a 4. La tensione diretta è di 1,4V con 20 mA di corrente mentre la corrente generata dal diodo va da 100 a 400  $\mu$ A con una corrente di buio di 100 nA e una tolleranza termica che va da -25 a +85 °C. L'elevata precisione ne consente l'installazione anche negli spazi ristretti, tipici dei prodotti portatili e palmari come i tablet e gli smartphone.

#### Optoaccoppiatore con uscita di 80 V

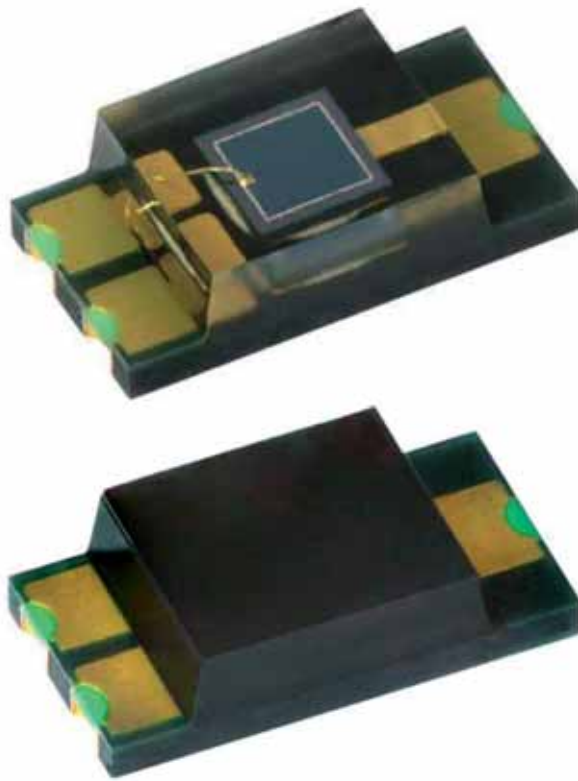
[Toshiba Electronics Europe](#) ha realizzato un nuovo accoppiatore ottico con stadio di uscita a transistor, che consente una buona erogazione di potenza insieme a una tolleranza termica estesa e perciò si può utilizzare nelle applicazioni più impegnative come gli alimentatori industriali, i relè allo stato solido e i sistemi di trasmissione ad alto voltaggio. Ci sono due versioni, TLP781 e TLP781F, che hanno un isolamento fra i due lati di 5 kVacrms e sono fornite in package DIP a 4 pin nelle due misure standard di 7,62 mm per il primo e 10,16 mm per il secondo. Il LED ha una tensione diretta di 1,15V e una corrente inversa di 10  $\mu$ A, mentre la tensione generabile fra collettore ed emettitore del fototransistor di uscita arriva fino a 80V, con un rapporto di trasferimento in corrente che va dal 50% al 600% in tutto il range termico operativo da -55 fino a +110 °C.



**Fig. 6** – L'optoaccoppiatore Toshiba TLP781 ha un LED in ingresso e un fototransistor nello stadio d'uscita con tensione fino a 80 V e tolleranza termica estesa da -55 a +110 °C

#### Fotodiodi automotive

[Vishay Intertechnology](#) ha introdotto i fotodiodi PIN per applicazioni automotive VEMD6010X01 e VEMD6110X01, caratterizzati dal package a montaggio superficiale 1206, che misura 4x2x1,05 mm e ha un'area sensibile di 0,85 mm<sup>2</sup>, con un angolo di mezza sensibilità  $\phi$  di  $\pm 60^\circ$ . Entrambi riescono a



**Fig. 7** – I fotodiodi per applicazioni automotive Vishay VEMD6010X01 e VEMD6110X01 con lunghezza d'onda di cattura da 450 a 1100 nm oppure da 750 a 1050 nm

produrre una corrente inversa di 9,5  $\mu$ A, ossia tre volte maggiore del modello precedente, con una corrente di buio di appena 1 nA.

I due componenti hanno diverse lunghezze d'onda di cattura e il primo è calibrato sulla radiazione visibile e nel vicino infrarosso con  $\lambda$  che va da 450 a 1100 nm, mentre il secondo è tutto sull'infrarosso con  $\lambda$  da 750 a 1050 nm e si può accoppiare con un filtro passabanda per limitare la  $\lambda$  di cattura da 830 a 950 nm. La tolleranza termica va da -40 a +110 °C, mentre le lunghezze d'onda di massima sensibilità sono di 900 nm per il primo e 950 nm per il secondo. ■

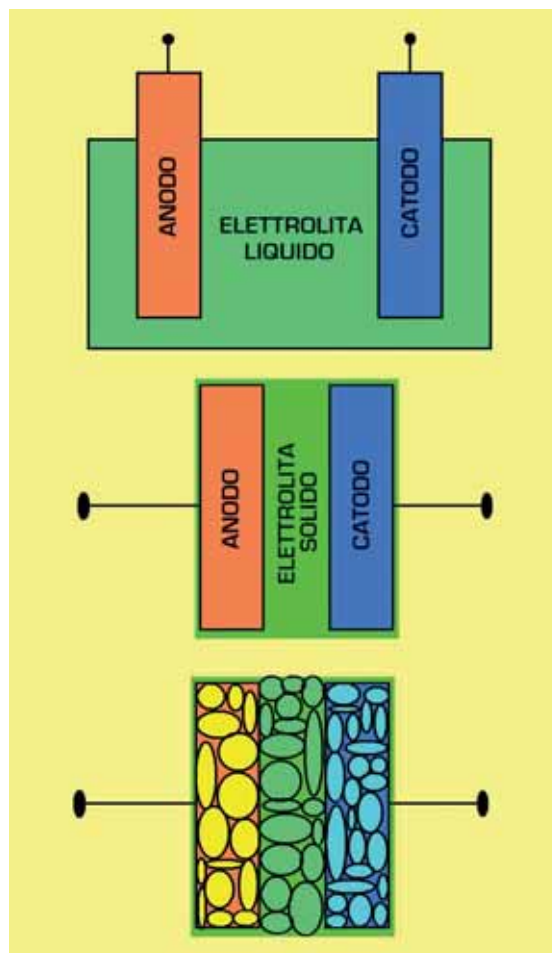
# BATTERIE AGLI IONI DI LITIO PIU' SOLIDE

Massimo Fiorini

**Gli elettroliti e gli elettrodi nanostrutturati consentono di realizzare batterie agli ioni di litio interamente allo stato solido e più capienti, efficienti, sicure ed ecologiche**

La sostituzione dell'elettrolita liquido nelle pile al litio ricaricabili con un composto solido o quanto meno polveroso, ovvero sia composto da una specie di sabbia di nanoparticelle, è una delle priorità dell'attuale ricerca, volta a sviluppare le batterie del prossimo futuro, perché questo passo in avanti promette di aumentare sorprendentemente la loro durata e renderle nel contempo più ecologiche, oltre che più sicure, perché si elimina il piccolo rischio di esplosione che ha il litio allo stato metallico, allorché si formi nella batteria e venga malauguratamente riscaldato un po' troppo. In tutte le batterie ricaricabili con elettrolita agli ioni di litio liquidi installate nei prodotti consumer ci sono circuiti di protezione che evitano che ciò accada, ma se si considerano le dimensioni delle batterie a bordo delle automobili elettriche o ibride questo rischio non può essere minimizzato e costringe i costruttori a realizzare delle barriere di separazione inserite nell'elettrolita fra anodo e catodo, allo scopo di fermare qualsiasi principio d'incendio e inoltre a installare gli involucri esterni ignifughi e contenitivi previsti dalle normative vigenti. Si tratta, ovviamente di componenti che costano e perciò frenano la crescita di moltissime applicazioni elettriche che potrebbero invece creare profitti non indifferenti, anche perché l'elettrolita allo stato solido ha il vantaggio di essere realizzabile con geometrie compatte e comode per l'adattamento ergonomico nei prodotti.

Sono molte le ricerche in corso sulle batterie allo stato solido e ancora poche le proposte commercialmente competitive, ma l'interesse in proposito ha alimentato le aspettative e perciò in questa avventura si stanno cimentando numerosi laboratori sia accademici sia di aziende leader. La principale



**Fig. 1 – Rispetto alle attuali batterie agli ioni di litio le nuove batterie allo stato solido sono più piccole, hanno un maggior rendimento e sono più ecologiche**

difficoltà consiste nell'offrire anche allo stato solido una mobilità elettronica agli ioni di litio, che dentro l'elettrolita sono i portatori di carica, suffi-



cientemente elevata per garantire una buona velocità di risposta fra i due elettrodi, ed è perciò che le ricerche si focalizzano sul favorire la conduttività nell'elettrolita solido e quindi nell'individuare un elettrolita solido con le caratteristiche più adatte per spostare rapidamente gli ioni di litio. Un altro difetto degli elettroliti liquidi è che favoriscono la formazione di accumuli di residui sugli elettrodi che, con il passare del tempo, fanno gradualmente deperire le prestazioni delle batterie e a ciò va aggiunto che di litio non ce n'è tantissimo nel pianeta e perciò il suo prezzo potrebbe prima o poi diventare poco conveniente.

Tutto ciò spiega il perché del clamore e delle numerose ricerche finalizzate a scoprire un nuovo elettrolita solido con o senza litio. Molto ci si aspetta dai compositi ottenuti con nanoparticelle ceramiche ionicamente conduttive, che possono essere inserite come granelli di sabbia in qualsiasi geometria e offrire insieme prestazioni, affidabilità e sicurezza. Questi nanomateriali possono servire sia come elettroliti solidi al posto degli attuali sali di litio immersi in solventi liquidi, sia come elettrodi e a tal proposito si stanno sperimentando catodi granulari metallici da sostituire agli attuali ossidi metallici e soprattutto anodi di grafene nettamente superiori nelle prestazioni agli attuali anodi di carbonio e dotati di un'affidabilità e una durata di vita straordinariamente più lunga, anche rispetto a quelli più innovativi fatti con litio puro. Tuttavia, le Solid-State Battery (SSB) potranno diventare competitive in tutti i numerosi settori applicativi che le attendono solo quando i processi di ottenimento dei polimeri solidi con cui realizzare l'elettrolita e gli elettrodi scenderanno ancora un po' nei costi e saranno in grado di garantire una conduttività ionica abbastanza stabile, ma non manca molto perché qualche soluzione è già pronta e a quanto pare riesce davvero nell'intento di offrirci batterie più capienti, più sicure e più ecologiche.

### Reticoli cubici 10 volte più efficienti

I ricercatori dell'[Oak Ridge National Laboratory](#) hanno sperimentato con successo un nuovo materiale granulare, che hanno chiamato LLZO perché fatto con litio (Li), lantanio (La), zirconio (Zr) e ossigeno (O) ed è caratterizzato da una conduttività ionica di  $10^{-4}$  S cm<sup>-1</sup> e da una struttura reticolare cubica che consente di immagazzinare elevate quantità di energia nell'utilizzo come elettrolita solido. La composizione esatta è Li<sub>7</sub>La<sub>3</sub>Zr<sub>2</sub>O<sub>12</sub>, mentre la densità di energia im-

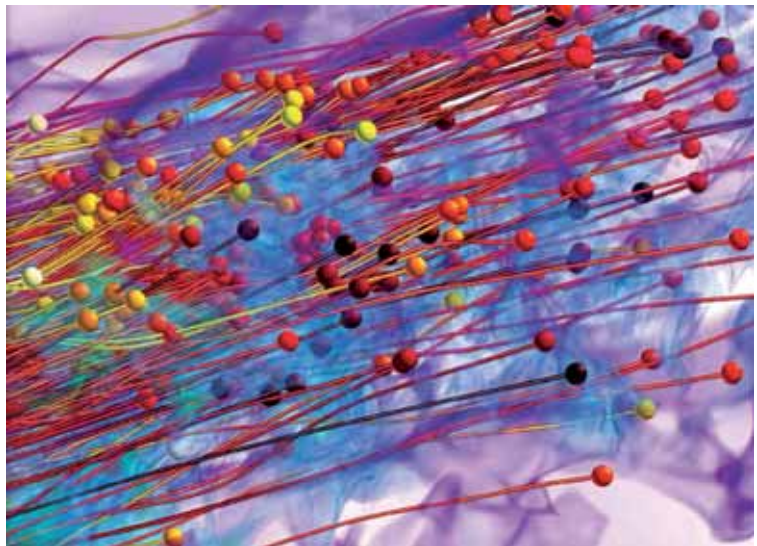


Fig. 2 – I recenti progressi nelle nanotecnologie consentono di sperimentare nuovi materiali compositi che possono servire come elettroliti ed elettrodi solidi

magazzinabile è di circa 2,450 Wh/kg, ovvero circa dieci volte maggiore rispetto a quella delle attuali batterie. Oltre a essere duttile e conformabile alle geometrie dei contenitori, LLZO ha il vantaggio di una grande stabilità che può sopportare anche nelle sostanze fortemente basiche con pH fino a 14 e perciò può favorire il passaggio degli ioni senza alcun incrostamento degli elettrodi.

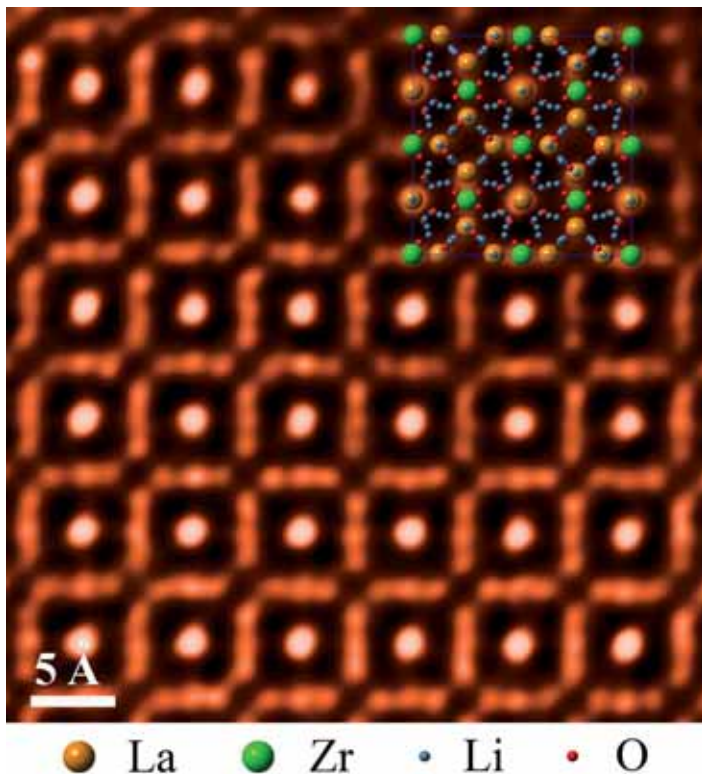


Fig. 3 – Offrono una densità di energia accumulabile dieci volte superiore agli ioni di litio i nuovi reticoli granulari di LLZO sperimentati negli Oak Ridge National Laboratory

## Automotive e aerospaziali

[Seeo](#) è una giovane società nata per produrre e commercializzare le tecnologie sviluppate nel [Lawrence Berkeley National Laboratory](#), fra cui c'è anche un innovativo elettrolita polimerico solido nanostrutturato brevettato. Grazie a ciò, ha realizzato la famiglia delle batterie agli ioni di litio allo stato solido DryLyte,

caratterizzata da una densità di energia immagazzinabile di ben 220 Wh/kg per cella. Il modello base DryLyte Battery 1,6 kWh Module ha una capacità di 10Ah ed è disponibile in due versioni con 160V/10Ah oppure 48V/30Ah. Un valore aggiunto delle DryLyte è la robustezza, perché non sono infiammabili e sopportano temperature estreme, ragioni per cui possono essere usate anche nelle applicazioni aerospaziali.



Fig. 4 – Le batterie allo stato solido Seeo DryLyte offrono 220 Wh/kg per cella e 1,6 kWh per modulo e possono essere utilizzate nelle applicazioni automotive e aerospaziali

Inoltre, sono componibili nei contenitori multipli SES (Stationary Energy Storage) con energia di 3, 6 o 10 kWh e tensione fino a 320 V ma si trovano anche nella configurazione automotive da 130 Wh/kg.

## Per applicazioni palmari e IoT

[STMicroelectronics](#) ha già in distribuzione una batteria agli ioni di litio totalmente allo stato solido, perché fatta con elettrolita polimerico di Li-PON, anodo di Litio e catodo di LiCoO<sub>2</sub>. Caratterizzata dalle dimensioni di 25,7x25,7x0,22 mm, la batteria a film sottile EnFilm EFL700A39 offre una capacità di 0,7 mAh con una tensione nominale di 3,9V, un'escursione in tensione da 3,0 a 4,2V e una corrente di scarica continua di 5 mA e di picco fino a 10 mA.

Può essere impiegata come batteria di backup negli apparecchi palmari come smartphone e tablet ma può servire anche per alimentare le applicazioni più innovative, come gli oggetti di Internet-of-Things, i dispositivi di energy harvesting per

il recupero dell'energia e le smart card attive di prossima generazione. Certificata IEC 62133, consente oltre 4000 cicli di carica/scarica nel range termico compreso fra -20 e +60 °C.

## Quasi del tutto solide

Un team di ricerca della [Tohoku University](#) ha sperimentato una batteria stratiforme, che definisce "quasi-all-solid-state lithium" perché formata da più strati bipolari in serie, dentro ai quali c'è un elettrolita composto da nanoparticelle solide immerse in un liquido di litio allo stato ionico. In pratica questo liquido conduttivo di Li<sup>+</sup> è stato riempito con nanoparticelle di SiO<sub>2</sub> (con diametro di 7 nm), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (5 nm) e CeO<sub>2</sub> (10 nm) e dopo molte prove è stato poi scelto l'ossido di alluminio, che consentiva di riempire il 75% del liquido offrendo migliori prestazioni



Fig. 5 – STMicroelectronics propone per le applicazioni IoT la nuova batteria a film sottile e allo stato solido EnFilm EFL700A39 con capacità di 0,7 mAh e tensione 3,9V

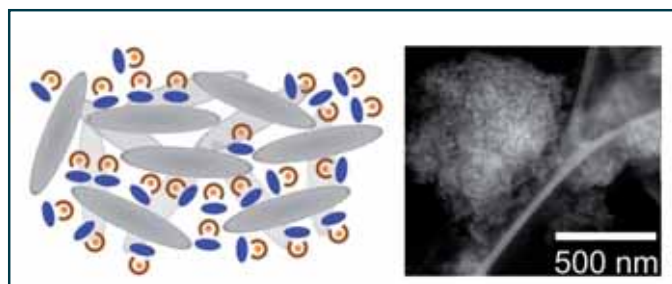


Fig. 6 – Alla Tohoku University è stata sperimentata una batteria dove l'elettrolita è "quasi-solido" perché composto da nanoparticelle di Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> immerse al 75% in litio ionico liquido

elettriche rispetto agli altri due. Entrambi gli elettrodi sono stati fatti con LiFePO<sub>4</sub> allo stato metallico e con questa configurazione la densità di energia offerta è di 122 mWh/kg per ogni cella singola e di 176 mWh/kg per una cella a due strati. Componendo più strati insieme, la batteria permette di fornire una tensione di ben 6,5V e una corrente che va da 128 a 54 mAh/g in funzione del carico applicato. ■



# La sicurezza funzionale degli apparecchi a controllo elettronico

**Ralf Hickl**

Product sales manager microcontroller

**Ileana Keges**

Product sales manager microcontroller

**Martin Motz**

Product sales manager microcontroller

[Rutronik Elektronische Bauelemente](#)

**Nel caso di applicazioni critiche è necessaria l'implementazione di una funzione di sicurezza in grado di rilevare gli errori in modo affidabile e una strategia atta a riportare il sistema in condizioni di sicurezza in un tempo prestabilito in caso di guasto**

I meccanismi di controllo di natura elettronica sono sempre più diffusi – sia a bordo dell'auto, in produzione, in ambiente domestico, sia persino all'interno del corpo umano. Ciò che era in passato collegato tramite una connessione meccanica, oggi è regolato da sensori, dispositivi di controllo, bus di segnale, connessioni radio e azionamenti elettrici. In passato la sicurezza funzionale era garantita dal progetto e dal dimensionamento dei componenti meccanici. E oggi?

Per tutelare la vita e la salute umana, i dispositivi elettronici programmabili devono essere in grado di individuare in tempo reale e in modo affidabile eventuali errori e, in caso di guasto, ripristinare una condizione di sicurezza in un lasso di tempo prestabilito. Questo è ciò che richiedono le norme basate sullo standard IEC 61508. Tra le applicazioni tipiche, nelle quali la sicurezza rappresenta un aspetto critico, si possono segnalare montacarichi, controlli dei bruciatori nei sistemi di riscaldamento, airbag, sistemi X-by-wire e così via. Essi sono classificati secondo diverse classi di rischio, in base al potenziale danno provocato in caso di guasto, che sono denominate, in relazione alla norma di riferimento, ad esempio Livello di Integrità della Sicurezza (SIL – Safety Integrity Level) o Livello di Prestazioni.

Per tutte le norme vale il seguente concetto: per soddisfare i requisiti è necessaria l'implementazione di una funzione di sicurezza in grado di rilevare gli errori in modo affidabile e una strategia per riportare il sistema condizioni di sicurezza in un tempo prestabilito in caso di guasto.

Parallelamente a ciò, deve essere creato un modello matematico per l'affidabilità, con il quale calcolare la probabilità di guasto



del sistema e l'affidabilità della funzione di sicurezza. Le normative di riferimento, come ad esempio IEC61508, o altre norme per un settore specifico derivate da queste ultime, come ISO 13849, definiscono un valore minimo ben preciso della funzione di sicurezza, affinché possa definirsi affidabile. Il rispetto di questi valori deve essere dimostrato da un ente di certificazione, ad esempio il TÜV.

Per il modello matematico dell'affidabilità sono necessari i valori dei tassi di guasto dei componenti del sistema (FIT – Guasti nel Tempo), oltre alla copertura del test di autodiagnosi, per garantire l'individuazione tempestiva dei guasti.

I valori empirici dei tassi di guasto sono ad esempio reperibili nella norma SN 29500 di Siemens e sono a disposizione dei produttori di componenti. Partendo da questi ultimi, il modello matematico dell'affidabilità del sistema fornisce

i dati che possono essere utilizzati per documentare gli aspetti della sicurezza richiesti dagli standard, da fornire all'Ente di certificazione. Una sfida per gli sviluppatori consiste nell'ottenere informazioni numeriche valide per ottenere i tassi di FIT richiesti e il grado di copertura ottimale della diagnosi. Ad esempio, è possibile eseguire numerosi test sulla memoria, ma è difficile stabilire quanti fra tutti i possibili guasti alla memoria vengono individuati attraverso la diagnosi e la corretta modalità di verifica di questi dati? I singoli produttori di microcontrollori hanno già affrontato questa sfida e offrono un prezioso supporto: di seguito alcuni esempi significativi.

### L'ecosistema per la sicurezza di Renesas

[Renesas](#) ha sviluppato una libreria di autotest per la serie di microcontrollori a 32 bit RX631/N, certificata dal TÜV Rheinland in base allo standard IEC 61508. Questa autodiagnosi copre la rilevazione di errori casuali e persistenti nel core della CPU, compresa l'unità in virgola mobile e l'estensione DSP, nella RAM utente e nella memoria Flash. Il grado di copertura della diagnosi di queste unità funzionali è quindi superiore al 90 %. I test possono essere condotti in modo ciclico, in blocco oppure a intervalli durante il funzionamento. È possibile raggiungere il livello SIL2 usando solo un dispositivo della serie RX631/N, mentre per ottenere un livello SIL3 è necessario un sistema costituito da due chip. Unitamente alla libreria, Renesas fornisce anche un manuale per la sicurezza e un manuale del software per la sicurezza. Una licenza gratuita di valutazione consente di visionare le funzioni presenti in libreria prima dell'acquisto.

L'ecosistema per la sicurezza della serie di dispositivi RX comprende inoltre un compilatore di IAR, EWRXFS, certificato secondo IEC 61508. Con quest'ultimo, Renesas ha anche sviluppato una libreria di autotest. Wittenstein, azienda specializzata nel settore dei sistemi di trasmissione, offre, con il proprio SAFERTOS, un sistema operativo in tempo reale certificato per i microcontrollori della serie RX di Renesas. La funzione di moduli software pre-certificati rappresenta una solida base per la certificazione degli apparecchi finali e riduce il tempo di sviluppo. Il manuale per la sicurezza individua i tassi di FIT e li suddivide nelle varie unità funzionali del chip. In questo modo è possibile migliorare la precisione il modello per l'affidabilità. Inoltre i componenti



**Fig. 1 – Renesas offre un ricco ecosistema di sicurezza per la propria serie di prodotti RX**

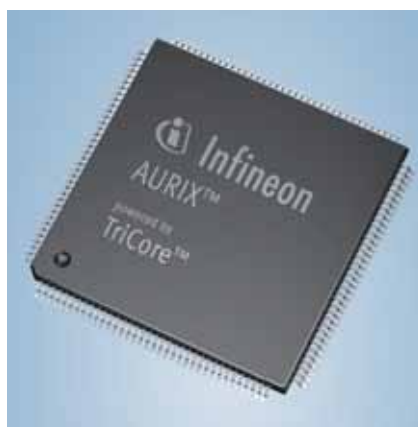
approvati contribuiscono a ridurre il numero degli argomenti di discussione con l'organismo di certificazione, con riflessi favorevoli sul time-to-market. I prodotti V850E/P e RH850/P, ampiamente utilizzati in campo automobilistico, utilizzano due core che elaborano lo stesso codice in modo sincronizzato (lockstep). I risultati delle operazioni vengono confrontati e le differenze sono identificate come errori.

### Infineon PRO-SIL™: sicurezza in campo automobilistico e industriale

[Infineon](#) offre, sotto il marchio PRO-SIL™, una gamma completa di prodotti che includono microcontrollori, IC per la gestione dell'alimentazione, sensori, driver trifase, unitamente al relativo software e alla documentazione (manuale per la sicurezza FMEDA = modalità di guasto, effetti e analisi diagnostica). Le fasi di sviluppo e i processi, a livello sia hardware, sia software, sono basati sullo standard ISO 26262. Il più recente membro della famiglia di prodotti PRO-SIL è la famiglia AURIX, che include il software per la sicurezza

e il relativo chip di alimentazione TLF35584. Questa famiglia di prodotti si propone come una soluzione a livello di sistema, con cui realizzare e certificare in modo più semplice le applicazioni critiche per la sicurezza. Il campo di impiego spazia dalle applicazioni classiche in campo automobilistico ai sistemi di trasporto – treni, autobus, o macchine utilizzate in campo agricolo o delle costruzioni – fino ad arrivare alle applicazioni critiche per la sicurezza.

La famiglia AURIX, perfettamente scalabile in termini di memoria, di potenza di calcolo e di package, è caratterizzata da un assorbimento di corrente modesto e da funzioni di sicurezza ottimizzate. Allo scopo di riconoscere tempestivamente eventuali errori, i core della CPU dispongono di un core di backup che gira in background, che esegue i calcoli in parallelo



**Fig. 2 – L'immagine illustra la realizzazione e la certificazione di applicazioni critiche per la sicurezza: la famiglia AURIX™ di Infineon con il relativo software per la sicurezza e l'alimentazione**





**Fig. 3 – La famiglia di microcontrollori dual core SPC56 L di STMicroelectronics è adatta per applicazioni per la sicurezza funzionale nell'elettronica automotive**

con uno sfasamento di due cicli di clock e confronta i risultati.

L'esecuzione hardware di un gran numero di funzioni di sicurezza permette a Infineon di ridurre sensibilmente l'onere di sviluppo

software per gli utilizzatori. Attualmente è in corso una certificazione per la sicurezza basata sullo standard ISO 26262, a opera del TÜV SÜD. Sono previste ulteriori certificazioni relativamente sia a standard generici, come ad esempio IEC 61508 sia a standard specifici, come ad esempio ISO25119 per i veicoli agricoli.

**STMicroelectronics: un microcontrollore dual-core per applicazioni ASIL D**

STMicroelectronics ha sviluppato e certificato la famiglia di microcontrollori dual-core SPC56 L, ideata specificamente per applicazioni per la sicurezza dell'elettronica a bordo veicolo, in conformità agli standard per la sicurezza IEC 61508 e ISO 26262. I membri della famiglia sono equipaggiati con due core ad alte prestazioni, con un massimo di 2 MB di memoria Flash, 192 KB di RAM interna, tre interfacce CAN e dispongono di periferiche ottimizzate per applicazioni nel campo della sicurezza e del controllo motore. Grazie all'architettura dual-core, il numero di componenti che devono essere duplicati è estremamente ridotto, con conseguente diminuzione dei costi di sistema. Inoltre l'architettura garantisce una notevole flessibilità, grazie alla possibilità di commutare tra la modalità operativa lockstep e quella parallela. L'esecuzione in tempo reale dello stesso codice in entrambi i core (lockstep) assicura i massimi livelli di sicurezza, mentre l'esecuzione utilizzando codici differenti (elaborazione parallela) consente di ottenere le migliori prestazioni.

Di conseguenza, non solo le funzioni della CPU risultano duplicate, ma vengono anche realizzate ulteriori ridondanze sul chip, conferendo ai prodotti della linea SPC56 L un elevato grado di sicurezza. Oltre alla diagnostica hardware automatizzata, sono disponibili altre funzioni di sicurezza tra cui l'unità CRC, risorse di memoria con ECC, un sensore di temperatura, unità centralizzata di rilevamento degli errori e di controllo e unità di rilevamento della tensione e di anomalie cicliche.

Grazie a ciò, la linea di dispositivi SPC56 L soddisfa i requisiti più stringenti dello standard ASIL-Livello ASIL D – come confermato da un ente indipendente di certificazione.

La linea di microcontrollori a 32 bit SPC56 L appartiene alla famiglia SPC56, utilizzata in ambito automobilistico – nella

carrozzeria telaio in ambito automotive e sicurezza. Tutti i prodotti sono basati sul core e200, che sfrutta la Power Architecture a 32 bit e dispongono di memoria flash embedded e periferie ottimizzate.

**La libreria software per la sicurezza di Microchip**

Microchip offre la libreria software per la sicurezza (Safety Software Library) di classe B per i microcontrollori a 8 bit, 16 bit e 32 bit. Essa comprende un certo numero di API, utilizzate per il riconoscimento di malfunzionamenti e per aumentare la sicurezza delle applicazioni; esse costituiscono e quindi aiutano lo sviluppatore a realizzare la propria applicazione in conformità allo standard IEC60730. È disponibile, in base ai requisiti di sicurezza dell'applicazione, una linea completa di test per l'implementazione: test dei registri della CPU, test dei



**Fig. 4 – Microchip offre una libreria software per la sicurezza di classe B per i propri microcontrollori a 8 bit, 16 bit e 32 bit**

contatori dei programmi, test di memorie volatili e non volatili (Flash/EEPROM), test di interrupt e test del segnale di clock. Questi moduli pre-certificati, forniti dai diversi produttori, accelerano la fase di sviluppo e di certificazione della soluzione. Lo scopo è conseguire un certo tasso di copertura diagnostica per il microcontrollore con l'aiuto della libreria software o del monitoraggio mutuo delle CPU. La documentazione fornisce i parametri necessari per realizzare il modello per l'affidabilità. In ogni caso è necessario specificare i requisiti di sicurezza che si applicano al sistema. In ogni caso, occorre valutare in anticipo se il pacchetto di soluzioni proposte dai produttori soddisfa in modo ottimale i requisiti dell'applicazione. A questo proposito un distributore come Rutronik può fornire una consulenza indipendente e completa sulle offerte di diversi produttori. ■

# Come valutare i test sulle prestazioni dei microcontrollori ultra-low-power

**Stefan Schauer**  
Member group technical staff (MGTS)  
Texas Instruments

**L'Embedded Microprocessor Benchmark Consortium (EEMBC) ha formato un gruppo di lavoro finalizzato a definire un nuovo punto di riferimento focalizzato sulle applicazioni ultra-low-power**

Ciò che definisce un microcontrollore a consumo ultra basso (ultra-low-power, ULP, MCU) è il suo ruolo di sottosistema all'interno di un progetto più grande o è il suo consumo ridotto relativamente alle funzionalità che svolge? Come si fa ad aggiungere più funzionalità all'interno dei sistemi il cui requisito principale è quello di consumare sempre meno? Queste sono alcune delle domande che tutti gli sviluppatori embedded si fanno quando cercano di realizzare le applicazioni a consumo ultra basso. D'altra parte, per essere "energy aware" o energeticamente sostenibile, è indispensabile che un microcontrollore abbia anche l'intero ecosistema che lo circonda soddisfacente a questo requisito, comprese le periferiche interconnesse. Perciò sorge la domanda: quali strumenti rapidi, efficaci e imparziali possono utilizzare gli sviluppatori per confrontare e valutare a tal scopo i dispositivi, le architetture e le soluzioni circuitali sulla base delle specifiche loro richieste nei requisiti? Con l'obiettivo di rispondere a questa domanda l'Embedded Microprocessor Benchmark Consortium ([EEMBC](#)) ha formato un gruppo di lavoro, finalizzato a definire un nuovo punto di riferimento focalizzato sulle applicazioni ultra-low-power. D'altro canto, la questione fondamentale

da stabilire a questo proposito è la corretta definizione del termine "ultra-low-power". Nonostante questo appellativo sia usato per molteplici caratteristiche applicative, il consorzio è riuscito a limitare il suo dominio interpretativo nei riguardi dei microcontrollori, solo a proposito di quelli alimentati a batteria o con altre fonti di energia, che devono potersi protrarre per il maggior periodo di tempo possibile. ULPBench è un nuovo punto di riferimento nei test sulle prestazioni dei microcontrollori ultra-low-power e copre un'ampia gamma di applicazioni grazie all'uso di un set di 'profili' comuni, che sono continuamente generati, aggiornati e memorizzati nella piattaforma di test. La prima fase disponibile di questa procedura di test si chiama CoreProfile e può essere usata per caratterizzare i microcontrollori dedicati alle applicazioni ULP dotate di un set minimo di periferiche attorno alla CPU ovvero almeno un clock in tempo reale (RTC), una RAM e una memoria non volatile.

## Requisiti per caratterizzare le applicazioni ultra-low-power

Quando si definiscono le prestazioni di un'applicazione ULP uno dei primi ostacoli da superare è l'enorme variabilità delle implementazioni di microcontrollo. Molte vol-

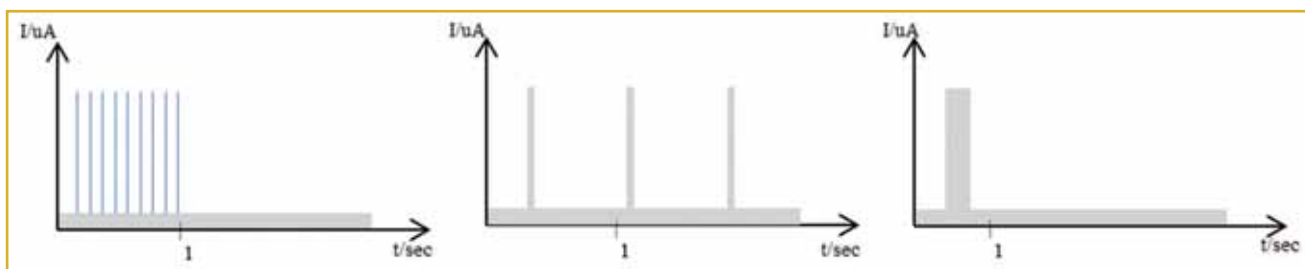


Fig. 1 – Frequenza di risveglio delle applicazioni rispetto al tempo

**Tabella 1 – Le dimensioni dei dati nelle architetture CPU**

CPU (larghezza bus dati)	Dimensioni in bit				
	Carattere (Char)	Parola (Word)	Minimo (Short)	Intero (Integer)	Uint16_t (Senza segno di 16 bit)
MCU 8 bit	8	-	8	16	16
MCU 16 bit (come MSP430)	8	16	16	16	16
MCU 32 bit	8	32	16	32	16

te la CPU non è il componente più critico perché spesso viene appositamente astratta dagli algoritmi scritti per i compilatori in linguaggio C orientati a generare codici altamente ottimizzati. Ciò serve per portare più facilmente i codici da un'architettura a un'altra purché gli utenti si prendano cura di poche regole di base come, ad esempio, utilizzare solo codici ANSI C e definizioni dati, conformi allo standard C99 per le variabili. Quest'ultimo standard definisce la larghezza in bit dei dati con valori fissi, indipendentemente dall'architettura impiegata, come si vede nella tabella 1. Inoltre, la CPU non è l'unica che assorbe energia nelle applicazioni perché anche le periferiche e l'intera architettura di sistema possono contribuire al consumo dell'energia. Ciò rende più difficile la scelta dell'equilibrio ottimo su cui basare i test sulle prestazioni, affinché possano essere davvero agnostiche rispetto al processore impiegato e questo perché le periferiche variano moltissimo le loro caratteristiche in funzione del costruttore e spesso anche fra le diverse famiglie dei prodotti di ciascun costruttore. Ciò significa che le procedure di test sulle prestazioni devono essere sviluppate in modo tale da offrire una certa flessibilità e una relativa semplicità di integrazione per tutti i sistemi a microcontrollore. Queste procedure devono, inoltre, servire per stabilire un set di funzionalità ad alto livello ottimizzate per le applicazioni ULP ma senza favorire qualche particolare funzione dei microcontrollori. Dopo la CPU e le periferiche, il più importante contributo al consumo

di potenza è legato all'intervallo di tempo impiegato dal microcontrollore per risvegliarsi dalla modalità di standby. In effetti, spesso si cerca a tutti i costi di abbassare il consumo di energia durante le sue funzionalità operative ossia quando il duty cycle è ON ma ci si dimentica che non c'è microcontrollore che non passa la maggior parte del tempo in standby. Tuttavia, quest'aspetto va bilanciato con le esigenze in tempo reale del sistema di microcontrollore come, per esempio, le funzioni "calendario" che devono essere aggiornate una volta ogni secondo. Un altro esempio riguarda i sensori industriali che richiedono una raccolta dati dall'ADC con velocità di 1 kSps e in base a questa velocità i dati sono poi valutati e processati. D'altro canto, molte applicazioni si svegliano ogni dieci secondi o anche per un solo minuto ogni giorno e perciò può essere difficile valutare tutte le possibili casistiche di duty cycle. Il tool ULPBench usa per questo motivo un intervallo di risveglio di un secondo che soddisfa sia la necessità di fornire un ragionevole tempo di analisi sul funzionamento in tempo reale, sia la possibilità di adattare il test alle differenti modalità a risparmio energetico. L'energia assorbita durante le fasi di risveglio non è sempre specificata dai costruttori di microcontrollori e perciò diventa un parametro importante per i test sulle loro prestazioni.

#### EEMBC ULPBench Phase 1: CoreProfile

Come descritto nell'introduzione, l'estrema variabilità delle applicazioni ULP spiega perché la suite di test è stata strutturata con diverse fasi di analisi. La prima è CoreProfile e riguarda la CPU, l'accesso alla memoria, il clock in tempo reale e le funzioni di risparmio energetico. Questa funzione è applicabile a un gran numero di applicazioni e offre un valido strumento per confrontare i diversi microcontrollori. Nella fase CoreProfile, la regola principale per qualsiasi applicazione ULP è la considerazione che deve essere in grado di utilizzare una batteria CR2032 da 225mAh per almeno quattro anni, con un profilo applicativo tipico nel quale deve avere almeno una



**Fig. 2 – Schermata di una fase di test generata dal tool EnergyMonitor attraverso una GUI ULPBench. L'energia misurata durante la cattura di una finestra è illustrata nel grafico Graph interno al CoreProfile**

fase attiva al secondo, durante la quale svolgere compiti predefiniti.

Le risorse di un microcontrollore, analizzate durante la fase CoreProfile, sono le seguenti:

- CPU, RAM e memoria programma non volatile;
- RTC timer/counter con interrupt di risveglio ogni secondo;
- oscillatore di 32 kHz per l'RTC;
- circuito di reset per la fase di accensione;
- alimentazione, comprensiva dei 3 V.

La fase di test CoreProfile ha due modalità di esecuzione. La prima è la modalità attiva durante la quale la CPU esegue un set predefinito di funzioni e la seconda è la modalità a risparmio di energia nella quale la CPU rimane in standby e l'RTC risveglia la CPU una volta ogni secondo, per ripetere una task predefinita continuamente. Precisamente, questo compito da eseguire una volta al secondo può consistere nelle seguenti funzioni:

- Array writes: consiste nell'elaborazione dei dati contenuti in una Look-Up Table.
- Bubble Sort, funzione di permutazione e ordinamento dei dati campionati a 8 bit: tutti i dati ricevuti dal microcontrollore devono essere analizzati, organizzati ed elaborati. L'algoritmo di ordinamento deve riconoscere e catalogare i diversi tipi di dati.
- Filtri semplici con operatori matematici da 8 e 16 bit: le funzioni matematiche sono necessarie in gran parte degli algoritmi di valutazione perché consentono di elaborare i dati e attribuire le corrette assegnazioni software alle variabili. In questo ambito troviamo funzioni matematiche adattate per operandi di 8, 16 e 32 bit, purché in approssimazione lineare, mentre le funzioni matematiche complesse in virgola mobile sono processate in un'altra fase con un profilo a parte.
- Simple State Machine: la maggior parte delle applicazioni usa una o più macchine a stati per controllare il flusso del software.
- Thread Event Switch (TES): il software ottimizzato per i test sulle prestazioni è noto come TES ed è un software di tipo "Thread & Task Switch". Questo software consente alla piattaforma di test di evolvere nel tempo e integrare nuovi altri profili nella stessa libreria principale. Pertanto, questo software è responsabile della corretta esecuzione delle mansioni da svolgere una volta ogni secondo, al comando di un opportuno segnale di trigger generato dal modulo RTC.

La misura del punteggio in un tool di valutazione sulle prestazioni è più semplice e affidabile usando il tool dedicato

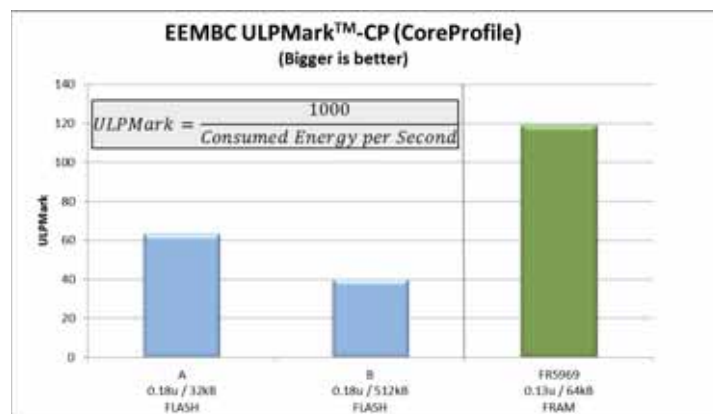


Fig. 3 – Confronto fra diversi microcontrollori MSP430 con memoria Flash e FRAM nei punteggi dell'ULPBench CoreProfile Scores

EnergyMonitor illustrato nella figura 2.

### Come scegliere un microcontrollore sulla base dei test ULPBench

La piattaforma di test ULPBench offre un set di profili orientati alle applicazioni tipiche del mondo reale. Basandosi su questi profili, l'utente può riconoscere e scaricare i requisiti più consoni alla propria applicazione e analizzare di conseguenza le caratteristiche energetiche delle applicazioni, in modo tale da stimare correttamente il consumo di potenza previsto per ogni microcontrollore.

Per esempio, per caratterizzare un microcontrollore [Texas Instruments](#) ultra-low-power MSP430 è indispensabile prevedere una tolleranza nei punteggi legata alla variabilità di esecuzione della fase di CoreProfile. Questa variabilità nell'ULPBench è dovuta a diversi fattori che influiscono sui consumi di energia di ogni task, ma dipende anche dalla capacità di economizzare energia durante le varie fasi a contenimento di potenza e durante le relative transizioni. Alcuni altri fattori che possono incidere sul punteggio dei test sono le dimensioni di memoria (e il carico associato al bus dati e al bus indirizzi), la tecnologia di processo e la qualità della sorgente di alimentazione (funzione anche dei regolatori di tensione LDO impiegati).

Come si vede dalla figura 3, il microcontrollore MSP430FR5969, basato sulla tecnologia Texas Instruments ultra-low-power con memoria FRAM, sfrutta un innovativo sistema di gestione dell'energia che produce un elevato punteggio nell'ULPBench CoreProfile e consente di minimizzare i consumi in un'ampia varietà di applicazioni.

### I pregi dell'ULPBench

ULPBench è la prima piattaforma di test che consente agli sviluppatori di confrontare le prestazioni dei microcontrollori ultra-low-power con un metodo imparziale che valuta i consumi di energia durante l'esecuzione delle



funzioni in tempo reale. Ogni costruttore di microcontrollori può valutare i punteggi dei test sulle prestazioni dei propri prodotti, in funzione delle architetture utilizzate, in modo tale da riuscire a ottenere i migliori risultati. I costruttori possono fornire le caratteristiche hardware delle periferiche e il setting software dei compilatori per migliorare la precisione dei test sulle prestazioni. Gli sviluppatori possono risparmiare tempo e risorse nel lavoro di ottimizzazione energetica, semplicemente scegliendo di utilizzare l'ULPBench per valutare le prestazioni dei dispositivi che utilizzano e assegnare ai loro migliori fornitori la qualifica di "golden standard". Questo può accelerare il processo di valutazione dei microcontrollori e renderlo portatile, efficiente e imparziale.

Inoltre, se necessario, si possono affiancare e valutare insieme svariate analisi specifiche, in modo tale da riconoscere l'impatto energetico delle diverse caratteristiche da più punti di vista. Il tool EnergyMonitor e l'interfaccia grafica GUI possono essere usati insieme per incrociare i dati delle analisi e confrontarli, per decidere l'approccio migliore per valutare i punteggi dell'EEMBC ULPBench.

#### Profili futuri per l'ULPBench

Come già detto, CoreProfile è solo la prima fase della piattaforma di valutazione sulle prestazioni dei microcontrollori ultra-low-power. La seconda è detta PeripheralProfile e consente di aggiungere ulteriori periferiche e funzionalità accessorie nell'analisi delle prestazioni.

In questa fase si valutano le prestazioni dei convertitori ADC, dei generatori PWM, delle interfacce di comunicazione SPI e delle funzionalità dei clock in tempo reale RTC. In quest'ambito sono considerati anche tutti i nuovi profili per le innovative funzionalità a segnali misti e per quelle finalizzate alle applicazioni per Internet-of-Things.

# Touch the Future !



**VARITRONIX**

**Nuova gamma di Touch**

**Panel Capacitivi :**

- size fino a 17"

- 10 multi touch

- Hovering function

- Optical glue bonding



- Cover lens

- Corretto funzionamento con guanti, penne stylus ed in ambienti umidi

**Soluzioni customizzabili al 100%**  
**Contattateci direttamente per i vostri progetti !**



[www.varitronix.com](http://www.varitronix.com)

Tel : + 39 0362 967854

**Varitronix Italy**

email : [info@varitronix.it](mailto:info@varitronix.it)

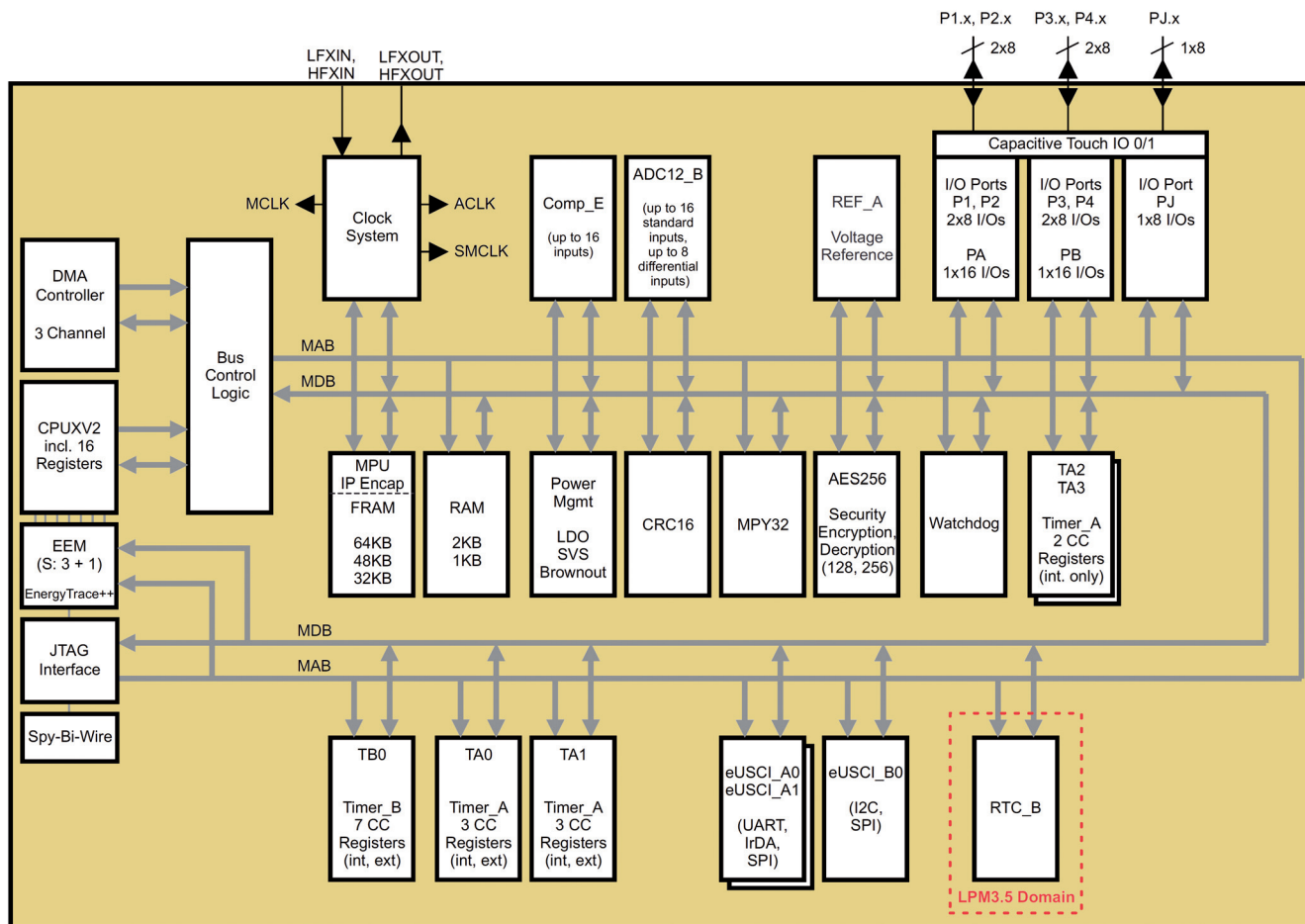


Fig. 4 – Diagramma a blocchi del microcontrollore ultra-low-power TI MSP430FR5969 FRAM

**Perché nella piattaforma ULPBench si parla sempre di “energia” e non di “corrente”?**

Ci sono molti parametri che possono essere ugualmente utilizzati per confrontare le prestazioni e i consumi delle applicazioni. Ciascuno presenta un diverso punto di vista sulla valutazione delle prestazioni a livello di sistema.

- Corrente: la corrente è facile da misurare con un amperometro, ma è necessario uno strumento accurato per rilevare le correnti che hanno un range dinamico che può essere ampio svariati decenni (per esempio, da una decina di secondi sui milliAmpere fino a un centinaio di secondi sui nanoAmpere) e deve essere garantito con un livello di accuratezza capace di assicurare un ragionevole confronto fra i diversi dispositivi. Ciò vuol dire che la corrente misurata deve essere poi elaborata per calcolarne l'andamento medio su più secondi e valutare i picchi che possono apparire durante le transizioni della modalità di alimentazione. Occorrono dunque tool piuttosto precisi ed efficaci per poter ottenere delle valutazioni corrette in corrente.
- Potenza: le misure di potenza sono funzioni della corrente e della tensione. Tuttavia, se si usano le batterie, la tensione tende a diminuire il suo valore nominale nel tempo

in funzione della corrente utilizzata dal sistema alimentato dalla batteria. Inoltre, nei microcontrollori la corrente assorbita è tipicamente dipendente dalla tensione di lavoro.

- Energia: il parametro “energia” esprime la potenza consumata nel tempo. L'energia accumulata è un parametro ottimo quando si considera l'intero ciclo di vita di un'applicazione ULP, anche se alimentata da un sistema di alimentazione innovativo come i dispositivi per l'energy-harvesting. Questo è il motivo per cui la piattaforma ULPBench utilizza l'energia come parametro di riferimento per ogni confronto sulle prestazioni.
- È intenzione del consorzio EEMBC che l'ULPBench diventi un tool di riferimento in grado di aiutare gli sviluppatori a valutare e scegliere il microcontrollore più adatto alla loro applicazione ultra-low-power nel modo più rapido ed efficiente. Il punteggio EEMBC ULPMark e il profilo di energia fornito dall'ULPBench possono contribuire significativamente a snellire la scelta del microcontrollore ULP fra i tanti disponibili. Per maggiori informazioni sulla piattaforma di valutazione delle prestazioni ULPBench e sull'Energy Monitor Tool: [http://www.eembc.org/benchmark/ulp\\_sl.php](http://www.eembc.org/benchmark/ulp_sl.php) ■

# Bluetooth a bassa energia per applicazioni non solo consumer

Lucio Pellizzari

**Il nuovo standard v4.0 consentirà a Bluetooth di offrire le sue eccellenti connessioni a corto raggio non più solo alle applicazioni prevalentemente consumer ma anche nei settori dell'industria, dei trasporti e del medicale con importanti prospettive di mercato**

**S**i può eliminare una gran quantità di cavi nelle applicazioni tipiche dell'automazione industriale adottando le nuove interfacce senza fili Bluetooth Low Energy (BLE), che offrono buone prestazioni purché le connessioni siano brevi e riguardino modeste quantità di dati, ma con in più il vantaggio di funzionare bene per anni accontentandosi di una piccola pila. Precisamente, le applicazioni cui si rivolgono le BLE sono soprattutto le Automatic Identification & Data Capture, o AIDC, che servono a organizzare le risorse industriali nonché a instradare e proteggere i documenti che circolano nei sistemi informatici, sia all'interno degli impianti produttivi, sia a livello delle infrastrutture gestionali. Questo segmento di mercato è stimato in crescita con CAGR del 12,29%, almeno fino al 2016, da [ABI Research](#) che reputa i lettori di codici a barre la tecnologia più importante per l'evoluzione dei sistemi automatici per l'acquisizione e l'indirizzamento dei dati fra le risorse industriali ed è per lo stesso motivo che prevede buone prospettive per l'inserimento dei mini sistemi Bluetooth Low Energy nella gestione delle etichette di identificazione basate sui codici a barre.

I front-end Bluetooth sono già una tecnologia dai riferimenti per moltissimi collegamenti wireless a corto raggio, ma possono diventarlo ancor di più con l'introduzione della release v4.0 Bluetooth Low Energy, che promette una gestione ancor più accorta dei consumi, grazie alla quale i mini sistemi BLE saranno in grado di funzionare autonomamente per molto tempo, adattandosi sia alle condizioni ambientali sia alle applicazioni. A ben vedere, i collegamenti Bluetooth per le applicazioni AIDC sono esageratamente tempovarianti, perché consistono in trasferimenti di gruppi di dati compresi in frazioni di secondi in mezzo a pause d'attesa di minuti, se non ore. In pratica, per questo tipo di trasferimenti, le attuali connessioni Bluetooth standard impiegano circa 100 ms, mentre basteranno 3 ms per i nuovi dispositivi BLE, che

nascono con gli obiettivi strategici dell'efficienza energetica e dell'ottimizzazione delle risorse. Si pensi che con un messaggio di 3 ms ogni 5 minuti un dispositivo BLE rimane attivo per meno di 1 secondo al giorno e perciò rimane spento per il 99,999% del tempo. In effetti, è proprio questa la modalità di funzionamento alla quale sono destinati i sistemi BLE, non solo per l'automazione industriale, ma anche per i trasporti, la logistica, la sicurezza, il medicale e la domotica.

## Prestazioni e consumi

Le specifiche Bluetooth v4.0 prescrivono ancora la banda ISM fra 2,400 e 2,4835 GHz già in uso negli attuali prodotti Bluetooth ma invece di 79 canali con 1 MHz di banda ora ce ne sono 40 con banda di 2 MHz, mentre la velocità massima per i dati scende da 3 Mbit/s a 1 Mbit/s. La modulazione è sempre la Gaussian Frequency Shift Keying (GFSK) con i caratteristici salti di frequenza (Frequency Hopping), che proteggono i segnali dalle interferenze e l'eventuale codifica AES con chiave di 128 bit, per la protezione delle informazioni contenute nei dati. Il tempo di latenza necessario ai dispositivi BLE per risvegliarsi e inviare un messaggio scende a circa 6 ms rispetto ai 100 ms degli attuali Bluetooth, mentre con una potenza di trasmissione massima di 10 mW la tratta teorica di 100 m è in realtà per lo meno da dimezzare, ma nel contempo scendono i consumi di almeno un ordine di grandezza.

Ci sono due tipi di dispositivi denominati dual-mode e single-mode. I terminali dual-mode supportano sia l'attuale Bluetooth, sia il nuovo BLE, mentre i single-mode supportano solamente Bluetooth Low Energy. La rete BLE è composta da un terminale centrale che fa da hub e da una o più periferiche che fanno da terminali locali gestiti da quello centrale che può accenderli, configurarne lo stato di attività, acquisire i dati da essi rilevati e valutare il livello di carica delle loro batterie, ma nel contempo anche i terminali locali possono autonomamente decidere di inviare dati o segnali all'unità



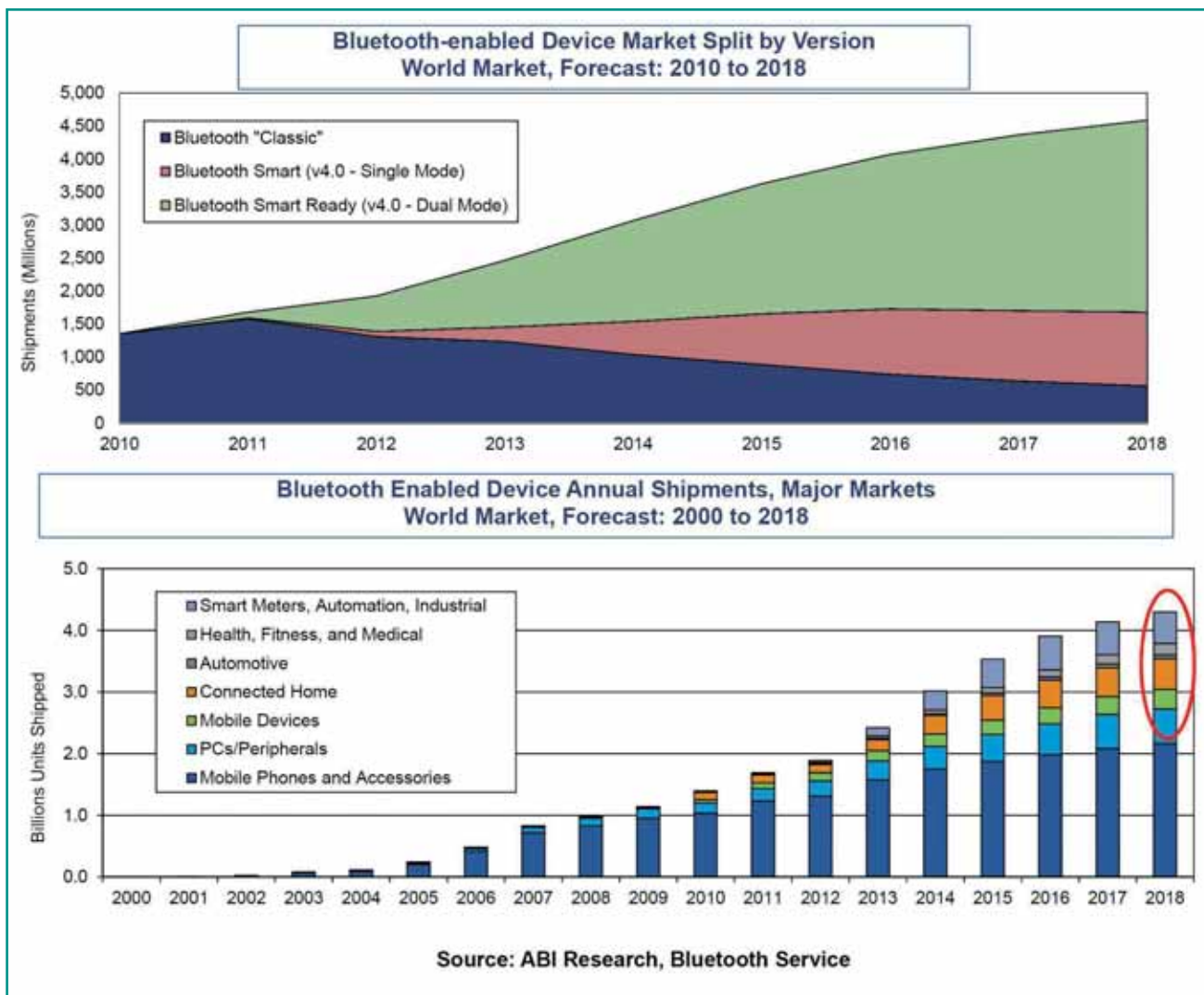


Fig. 1 – ABI Research prevede una crescita continua dei prodotti Bluetooth Low Energy che arriveranno a una base installata di oltre trenta milioni di terminali entro il 2018

centrale quando lo ritengono necessario. Il Bluetooth Special Interest Group (SIG) ha deciso di ribattezzare i nuovi terminali v4.0, denominandoli Bluetooth Smart Ready e Bluetooth Smart per differenziarli da quelli attuali definiti come "classici", che sono in pratica cuffie audio, microfoni e altri prodotti consumer. Gli Smart Ready sono quelli con funzionalità più sofisticate come PC, smartphone, laptop e tablet, che necessitano di una connessione Internet permanente e di una buona potenza di alimentazione, mentre i secondi sono quelli esclusivamente BLE come sensori e periferiche geografiche a basso consumo, che in ogni caso per funzionare devono collegarsi agli Smart Ready. Con questa impostazione gli Smart Ready sono per forza anche dual-mode, perché si collegano sia ai BLE sia ai Bluetooth classici, mentre gli Smart sono single-mode, perché si collegano agli Smart Ready ma non possono comunicare con gli attuali dispositivi.

La tecnologia Bluetooth Low Energy descritta dallo standard v4.0 apre la via a nuove opportunità per i costruttori di prodotti wireless a basso consumo, perché ora si aggiungono alle applicazioni classiche prevalentemente consumer anche molte altre applicazioni soprattutto nel settore industriale, oltre che nella logistica e nel medicale. Il report ABI Research "Emerging Bluetooth Verticals" prevede una crescita di vendite per i prodotti Bluetooth v4.0, che sostituiranno in breve tempo quelli classici, mentre nel contempo crescerà anche la base dei prodotti abilitati a supportare questa nuova tecnologia. In particolare, i dispositivi Smart Ready aumenteranno dai 500 milioni del 2013 di circa 3 milioni ogni anno fino al 2018, quando ce ne saranno in funzione circa una ventina di milioni mentre, contando anche gli Smart e i classici il totale della base Bluetooth installata, supererà i trenta milioni di prodotti. A trainare questa crescita saranno soprattutto le applicazioni industriali AIDC, perché consenti-





Fig. 2 – Secondo lo standard Bluetooth v4.0 gli Smart Ready sono i moduli centrali connessi permanentemente al Web come smartphone e tablet mentre gli Smart sono i terminali BLE con funzionamento autonomo a consumo ultra basso

ranno di far sparire una gran quantità di cablaggi negli uffici, nei laboratori, nelle linee produttive e nei magazzini semplificando significativamente la gestione dei sistemi di acquisizione dati e riducendo nel contempo i relativi costi di installazione e manutenzione rispetto alle attuali tecnologie.

In questo impiego è verosimile che i sistemi BLE si accompagneranno a una parallela maggior diffusione delle etichette con codici a barre e dei relativi lettori o scanner; ci sono già OEM che sviluppano moduli di questo tipo basati sui core ARM Cortex-M0, particolarmente adatti perché offrono prestazioni adeguate insieme a un'attenta gestione dei consumi, che si può ottimizzare con una opportuna fase di programmazione. Con questo microcontrollore a bordo i moduli BLE possono gestire autonomamente le proprie attività di acquisizione e trasferimento dati e, inoltre, sono più facilmente interfacciabili con altri dispositivi e periferiche.

### Un protagonista

**Laird Technologies** progetta, sviluppa e fabbrica moduli wireless a basso consumo con la sua divisione Laird Wireless Systems, nonché materiali avanzati per la schermatura termica ed elettromagnetica di front-end e antenne tramite la sua divisione Laird Performance Materials. Recentemente ha introdotto il modulo BLE600 proprio per consentire agli OEM di realizzare soluzioni Bluetooth Low Energy versatili, efficaci e semplici da configurare grazie all'innovativa interfaccia di programmazione SmartBASIC, specificatamente concepita a tal scopo. BLE600 è incentrato sul sistema-su-silicio nRF51822, realizzato dai norvegesi di **Nordic Semiconductor** che sono da oltre vent'anni esperti nella progettazione e nello sviluppo delle tecnologie wireless a consumo ultra basso

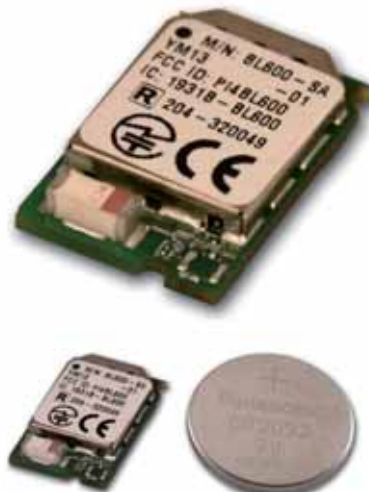


Fig. 3 – Il modulo BLE600 di Laird Technologies consente di realizzare un'ampia varietà di applicazioni Bluetooth Low Energy e configurarle direttamente con l'innovativo linguaggio di programmazione SmartBasic

(ULP, Ultra Low Power) soprattutto per il medicale ma anche per le comunicazioni. Il chip nRF51822 sfrutta un core a 32 bit ARM Cortex M0 con a bordo 256 kByte di memoria Flash e 16 kByte di RAM e, inoltre, ospita un completo transceiver con banda da 2,402 a 2,480 GHz e potenza massima di 4 dBm. Per la tensione di alimentazione c'è a bordo un regolatore a basso dropout (LDO) con range operativo da 1,8 a 3,6V, che però serve solo fino a 2,1V, dato che oltre interviene il convertitore dc/dc interno, che prosegue la regolazione da 2,1 fino a 3,6V. Questa impostazione consente a BLE600 di funzionare egregiamente per oltre un anno con una semplice pila AAA o a bottone. Attorno a nRF51822, Laird ha aggiunto un convertitore A/D a sei canali con risoluzione di 10 bit, un'interfaccia Uart (da 1,2 a 115,2 kbps), tre SPI (fino a 8 Mbps), due I2C (fino a 400 kbps), fino a 28 GPIO, un sottosistema hardware ottimizzato per configurare il transceiver a radiofrequenza e anche una libreria software con preinstallati i profili per applicazioni

medicali, quali la misura della temperatura corporea, della pressione sanguigna e delle pulsazioni cardiache, nonché per la configurazione di sensori intelligenti di prossimità e di contatto.

La messa a punto delle applicazioni su BLE600 viene agevolata dal linguaggio di programmazione SmartBasic, che consente di configurare qualsiasi tipo di periferica si voglia connettere alle interfacce, senza bisogno di ricorrere a un processore esterno e, per esempio, impostare le procedure per la lettura dei sensori e l'invio dei dati a un dispositivo Smart Ready. BLE600 assorbe al massimo 11,6 mA in trasmissione e 8,9 mA in ricezione, valori che scendono a 5 mA e a 8,5 mA in modalità ULP. Inoltre, tollera da -40 a +85 °C, misura 19x12,5 mm e pesa meno di 1g. ■

# Condensatori per applicazioni critiche: progettati per resistere

**James C. Lewis**  
 Technical marketing director  
[KEMET Electronics](#)

**Le caratteristiche di progetto ed i metodi di analisi applicati ai condensatori elettrolitici al tantalio impiegati tipicamente in applicazioni critiche o ad elevata affidabilità evitano in maniera efficace il deterioramento di lungo termine o guasti improvvisi**

**I**ndipendentemente dal contesto di utilizzo, a casa, al lavoro, in automobile o addirittura in ambito militare, gli utilizzatori di apparati elettronici si aspettano normalmente un'affidabilità assoluta grazie a una tecnologia che idealmente risulta del tutto invisibile o trasparente. Numerosi aspetti dei componenti elettronici odierni stanno evolvendo per raggiungere questo obiettivo, dagli avanzati processi di fabbricazione dei dispositivi con lunghezze minime nanometriche e dal packaging a livello di chip, fino ai miglioramenti nei dispositivi stessi come i condensatori.

I più recenti approcci di progettazione dei condensatori e i metodi di screening garantiscono che i dispositivi funzionanti in sistemi critici, quali autovetture, impianti di illuminazione stradale, sistemi avionici radar e di guida dei missili, possano soddisfare le numerose e variegiate richieste – tutte ugualmente severe – che si possono manifestare in qualsiasi momento della vita del componente.

## Condensatori costantemente in funzione

Gli alimentatori di sistemi come le luci stradali o le centraline automobilistiche sono soggetti al funzionamento prolungato per periodi di dieci anni o più. In alcune applicazioni di illuminazione stradale ad esempio, si richiede un periodo di funzionamento di vent'anni o più. Il tempo di vita dei condensatori elettrolitici (LOP) può costituire il fattore principale che limita il tempo di vita del sistema.

Il termine della vita operativa (End of Life, EOL) di un condensatore può essere definito in termini di variazione dei suoi parametri quali la capacità, che si riduce, il fattore di dissipazione ( $\tan \delta$ ) e la resistenza serie equivalente (ESR), che aumentano, o una corrente di perdita (IL) eccessiva rispetto al valore iniziale



(IRL). Quest'ultimo valore può variare notevolmente tra i vari produttori. Alcuni fabbricanti indicano un valore di ESR raggiunto a fine vita, mentre altri indicano una sua variazione percentuale.

I condensatori elettrolitici spesso mostrano un aumento quasi lineare dell'ESR nel tempo.

Tuttavia possono essere progettati per avere

un ESR più stabile. Con un ESR più stabile, è accettabile che il progetto sia dimensionato sul 130% di incremento rispetto al massimo valore iniziale di ESR dichiarato. Questo approccio è valido a patto che il tempo di vita del sistema completo non sia maggiore del 90% del tempo di vita del condensatore. Il fattore di dissipazione ( $\tan \delta$ ) possiede normalmente una caratteristica di invecchiamento molto simile a quella dell'ESR.

Anche il valore della capacità mostra un cambiamento quasi lineare durante la vita del condensatore. La capacità raggiunge il valore minimo al termine della vita utile: questo valore deve risultare adeguato a soddisfare le specifiche dell'applicazione anche in questa fase. La corrente di perdita durante il vita operativa del componente è tipicamente molto minore del valore cautelativamente dichiarato.

## Progetto dell'elettrolita per un tempo di vita maggiore

Alcuni aspetti della realizzazione del condensatore, come le proprietà chimiche, la quantità e la stabilità termica dell'elettrolita, il progetto della guarnizione e del tappo, hanno un impatto fondamentale sul tempo di vita operativo del componente. Inoltre, le prestazioni termiche e dell'ESR influenzano in modo cruciale il tempo di vita utile.

Gli elettroliti basati sul gamma-butirolattone vengono solitamente scelti in condensatori progettati per una migliore stabilità in

temperatura, come la serie di condensatori elettrolitici assiali KEMET PEG124. Questi componenti offrono un'elevata stabilità dei parametri durante la vita operativa. La figura 1 mostra che la ESR e il  $\tan \delta$  rimangono entro il  $\pm 30\%$  del loro valore iniziale per il 90% del tempo di vita. Si è osservato un degrado di tali parametri rispetto ai valori iniziali durante test della durata di 7000 ore.

Per i condensatori elettrolitici con reofori assiali o paralleli, la vita operativa termina quando si seccano gli avvolgimenti interni. Il progetto del condensatore e del tappo ha un impatto significativo sulla diffusione del solvente e, di conseguenza, può essere orientato alla riduzione della diffusione tale da evitare l'evaporazione. Tuttavia, è necessario prestare attenzione a garantire un adeguato livello di diffusione, in modo da sfogare la pressione dovuta ai gas generati internamente, come l'idrogeno. Una diffusione eccessivamente bassa può causare una deriva dei parametri o anche la rottura del dispositivo. I condensatori elettrolitici assiali hanno un tappo di alluminio che non è soggetto alla delaminazione. La serie PEG124 contiene anche una guarnizione appositamente disegnata per minimizzare la diffusione, evitando, al contempo, una pressione interna eccessiva.

La ESR di un condensatore può influenzare significativamente il tempo di vita, in particolare se sono presenti elevate correnti di ripple, dato che la generazione interna di calore e l'incremento di temperatura dovuto a tale corrente sono entrambe proporzionali alla ESR. Un incremento di temperatura di 10-12°C riduce il tempo di vita del 50%. Di conseguenza, anche una bassa resistenza termica tra gli avvolgimenti del condensatore e l'aria esterna ha effetto sul tempo di vita, favorendo la dissipazione termica e quindi aiutando a mantenere una bassa temperatura interna. La resistenza termica interna del condensatore ha poco effetto sull'incremento di temperatura. Invece, la resistenza termica esterna è il fattore dominante, minimizzato posizionando opportunamente il condensatore per garantire un adeguato raffreddamento convettivo e tramite l'eventuale collegamento ad un dissipatore. I condensatori assiali delle serie PEG225 e PEG226 di KEMET sono ottimizzati per il montaggio di un dissipatore. Tutti i condensatori sono inoltre progettati con resistenze termiche interne estremamente basse.

### Applicazioni con carichi improvvisi

All'altro estremo dello spettro di utilizzo, alcuni tipi di apparecchiature richiedono ai condensatori di rimanere spenti sul campo per un periodo di tempo esteso, fino a quando improvvisamente sono attivati. A questo punto devono garantire una risposta priva di difetti. Alcuni tipi di apparati militari, come i missili balistici lanciati dai sottomarini, possono essere inclusi in questa categoria. I condensatori al tantalio a montaggio superficiale sono stati impiegati per sostituire i condensatori

con reofori al fine di ridurre lo spazio occupato dai circuiti stampati in questi missili durante un recente progetto di aggiornamento degli armamenti. Il missile è progettato per avere un tempo di vita operativo di oltre vent'anni, ma i circuiti devono attivarsi immediatamente e funzionare alla perfezione se il missile viene lanciato in qualsiasi momento di questo periodo.

In questa applicazione si preferisce l'impiego dei condensatori al tantalio per evitare un inaccettabile degrado delle prestazioni dovuto alla perdita di capacità causata dall'invecchiamento. Tuttavia, è noto che, dopo l'assemblaggio, l'affidabilità dei condensatori al tantalio a montaggio superficiale è inferiore rispetto a quella dei componenti con reofori passanti. Dunque, un condensatore al tantalio adeguato deve essere in grado di sopportare il processo di saldatura per rifusione senza inglobare difetti nascosti, che porteranno alla rottura durante l'accensione se il missile viene improvvisamente lanciato.

Gli specialisti di KEMET hanno fornito una soluzione a queste sfide realizzando dei condensatori al tantalio SMD basati sulla tecnologia F-Tech Flawless e soggetti alla procedura di selezione Simulated-Breakdown Screening (SBDS).

La tecnologia F-Tech di KEMET elimina i difetti nello strato dielettrico causati durante la fabbricazione del dispositivo. Que-

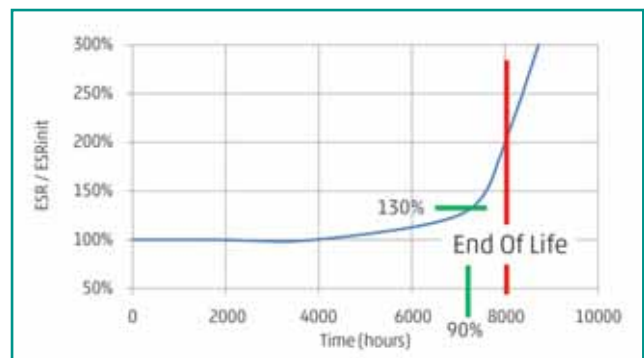


Fig. 1 – Condensatori elettrolitici in alluminio progettati per un tempo di vita operativo maggiore

sti difetti sono la causa principale di rottura nei condensatori al tantalio solido. Sebbene la polvere di tantalio impiegata nei condensatori sia chimicamente pura, un lubrificante organico viene aggiunto durante il processo di fabbricazione dell'anodo, che può rimanere intrappolato e produrre, così, carburo di tantalio durante la successiva sinterizzazione. Ciò causa un assottigliamento locale o la formazione di pori, mentre il raffreddamento dell'anodo dopo la sinterizzazione causa anche la precipitazione di cristalli di ossido di tantalio in aree localizzate che possono produrre fratture nel dielettrico.

La tecnologia F-Tech Flawless di KEMET impiega lubrificanti

organici che possono essere lavati via dagli anodi a basse temperature. La quantità di carbonio viene misurata in ogni lotto dopo la pulizia del lubrificante e il processo viene ripetuto se necessario, finché il livello di carbonio è lo stesso che nella polvere originale. Questi anodi vengono anche disossidati e uno speciale processo di passivazione viene applicato per minimizzare l'ossidazione della superficie dopo la sinterizzazione. In aggiunta, F-Tech prevede anche una saldatura ad argon per assicurare un collegamento solido ed affidabile tra i reofori e l'anodo sinterizzato.

## Analisi non distruttiva

I condensatori al tantalio vengono tradizionalmente controllati alla ricerca di difetti nel dielettrico, misurando la corrente di perdita in continua (DCL) a una tensione stabilita. Sebbene una elevata DCL possa indicare la presenza di impurità nel dielettrico, una bassa DCL non rappresenta un'indicazione affidabile della purezza del dielettrico. Il modo migliore per rilevare la presenza di difetti nascosti nel dielettrico consiste nelle prove a tensioni molto elevate, prossime alla tensione di breakdown (BDV). Una bassa tensione di breakdown indica la presenza di difetti nel dielettrico, mentre una BVD elevata, prossima alla tensione di formazione, indica una purezza eccellente. Tuttavia, le misure di tensione di breakdown sono distruttive e quindi non possono essere impiegate per un'analisi sistematica. Inoltre, test a tensioni così elevate possono introdurre dei siti di rottura che possono portare a guasti latenti nelle applicazioni finali.

KEMET ha sviluppato il sistema SBDS per identificare i condensatori al tantalio con basse BDV senza causare dei danni nei dispositivi funzionanti. Questa tecnica consiste nell'analisi della curva di caricamento (tensione in funzione del tempo) del condensatore in serie a una resistenza. Prima dell'analisi la tensione di breakdown media viene determinata campionando alcuni pezzi da ogni lotto di produzione. Generalmente la BVD può arrivare anche al doppio di quanto dichiarato. Una tensione pari a 1,3 - 1,5 volte la tensione media di breakdown viene applicata alla rete RC serie e viene scollegata o quando la caduta di tensione ai capi del condensatore raggiunge la BVD media, o dopo circa un minuto di carica. La tensione finale è legata alla BDV effettiva del dispositivo. Di conseguenza, la purezza del dielettrico può essere estratta senza esporre il condensatore al rischio di danneggiamento. Questo permette di applicare la SBDS a tutti i pezzi di ogni lotto.

In aggiunta alle tecniche F-Tech e SBDS, un test di sovratensione a scalino (SSST) viene eseguito per assicurare che la copertura superiore del catodo sia adeguata per proteggere il dielettrico da stress termici e meccanici che possono produrre guasti all'accensione.

Un campione di condensatori viene sottoposto a cicli di riscaldamento (da uno a molteplici) e poi un treno di impulsi brevi di ampiezza crescente viene applicato finché tutti i condensatori

del campione vengono cortocircuitati. La probabilità di guasto in funzione dell'ampiezza dell'impulso permette di prevedere il tasso di guasto ad una data tensione.

## Carichi fortemente impulsivi

Altre applicazioni che richiedono elevata affidabilità, come i sistemi radar avionici, possono sottoporre i condensatori a carichi fortemente impulsivi che impongono stress estremi sebbene di breve durata.

Un sistema radar montato su un velivolo, contenente un banco di condensatori al tantalio MnO<sub>2</sub> da 330 µF/25V con rivestimento protettivo (conformal coating), ha sperimentato il guasto dei componenti quando gli impulsi radar ad alta potenza venivano applicati ai condensatori. Oltre a ridurre le prestazioni del sistema, i guasti causarono l'aumento di temperatura, producendo scintille e fumo indesiderati nella cabina del velivolo.

Si scoprì che nei condensatori a ossido di magnesio inizialmente utilizzati in questa applicazione, l'impulso smascherava i difetti nei condensatori, dovuti a imperfezioni nel dielettrico, che portavano al guasto. Il catodo costituiva combustibile per l'incendio. Per evitare ulteriori guasti, questi condensatori furono sostituiti con dispositivi alternativi a montaggio superficiale, caratterizzati da uno schema multi-anodo e da un catodo polimerico. Questi nuovi dispositivi furono utilizzati in combinazione con un robusto protocollo di test chiamato PCRAT (Polymer Capacitor Reliability Assessment Test) e con un'analisi SBDS.

Il PCRAT si applica solo a condensatori polimerici. Un campione di dispositivi viene provato in condizioni molto accelerate di tensioni e temperature per determinare l'affidabilità a lungo termine del componente.

Questo consente di assegnare un tasso di guasto accurato a tutto il lotto di produzione.

Nell'applicazione dei radar militari il passaggio a condensatori alternativi, caratterizzati con test PCRAT e SBDS, ha ridotto significativamente il tasso di guasto. Ulteriori vantaggi offerti da questo cambio hanno incluso il miglioramento delle prestazioni del sistema, passando da 4200 a 3100 condensatori, la modalità dolce di guasto del materiale organico, l'alta affidabilità di componenti commerciali che sono anche ignifughi, in modo da evitare la generazione di fumo nella cabina di pilotaggio.

Vari tipi di apparati elettronici, che devono garantire un'altissima affidabilità, possono dover sopportare schemi di utilizzo che vanno da un lungo periodo di impiego continuo a lunghi periodi di inattività, seguiti da carichi elevati improvvisi o di emergenza. Questi modi di utilizzo possono far risaltare i difetti dovuti all'invecchiamento o ai difetti latenti, che esistono fin dalla fabbricazione del dispositivo. Fortunatamente, le caratteristiche di progetto e i metodi di analisi applicati ai condensatori elettrolitici al tantalio impiegati tipicamente in applicazioni critiche o a elevata affidabilità sono altamente efficaci nell'evitare il deterioramento di lungo termine o guasti improvvisi. ■



# I vantaggi delle misure nel dominio del tempo mediante un VNA

**Christian Sattler**  
Business development manager  
Anritsu - Germany

**Alcuni VNA possono visualizzare i dati anche nel dominio del tempo, fornendo in tal modo informazioni preziose sia per i progettisti sia per gli ingegneri di produzione**

**G**li analizzatori di rete vettoriali (VNA - Vector Network Analyzer) sono strumenti di misura potenti e flessibili. La loro principale funzione è la misura dei parametri di Scattering e la visualizzazione dei risultati nel dominio della frequenza. I dati desunti da queste misure sono molto importanti sia per il progettista durante la fase di sviluppo sia per l'ingegnere di produzione che deve verificare le prestazioni di un dispositivo o di un sistema.

Oltre a visualizzare le prestazioni nel dominio della frequenza, i VNA prevedono l'opzione "Time Domain" (dominio del tempo) che contribuisce a migliorare la capacità di analisi di questi strumenti visualizzando, come dice il nome stesso, i dati nel dominio del tempo (o distanza). Questo risultato è ottenuto trasformando i dati nel dominio della frequenza in informazioni nel dominio del tempo che sono presentati in maniera analoga a quella di un riflettometro nel dominio del tempo (TDR - Time Domain Reflectometer). Visualizzazioni di questo tipo supportano analisi DTF (Distance-To-Fault) e ricerca guasti in reti e circuiti basata sulla localizzazione spaziale.

Di seguito alcuni esempi di applicazioni per le quali è utile eseguire l'analisi nel dominio del tempo:

- identificazione della posizione di disadattamenti o discontinuità significative in una struttura di lancio (launch structure) in una fixture o una scheda PCB;
- identificazione e quantificazione dei difetti in un assemblaggio di cavi;
- identificazione delle caratteristiche di una discontinuità (induttiva o capacitiva) in una transizione all'interno di una fixture o sul wafer;
- valutazione semi-quantitativa dei livelli di impedenza in una serie di linee di trasmissione poste in cascata;
- Gating (in pratica un filtraggio nel dominio del tempo) delle misure dei materiali in aria libera. Nel momento in cui i pro-



**Fig. 1 – Il VNA a larga banda ME7838A di Anritsu copre un intervallo di frequenza compreso tra 70kHz e 125GHz**

duttori operanti nel settore delle telecomunicazioni sono impegnati nello sviluppo di apparecchiature che supportano velocità di trasferimento dati di 100 Gbit/s, 400 Gbit/s e persino 1 Tbit/s, l'esecuzione di misure di integrità dei segnali accurate e precise ha assunto un'importanza fondamentale. Le applicazioni di misura descritte nel corso dell'articolo rappresentano un valido ausilio per i progettisti che devono garantire un funzionamento affidabile dei dispositivi di comunicazione ad alta velocità delle più recenti generazioni.

## **Perché i VNA hanno preso il posto dei TDR**

Una volta appannaggio quasi esclusivo di oscilloscopi a campionamento o TDR, le misure nel dominio del tempo sono ora eseguite mediante VNA. Ciò è imputabile alla possibilità di applicare la correzione di errore vettoriale (VEC - Vector Error Correction), abbinata al più elevato range dinamico dei VNA,

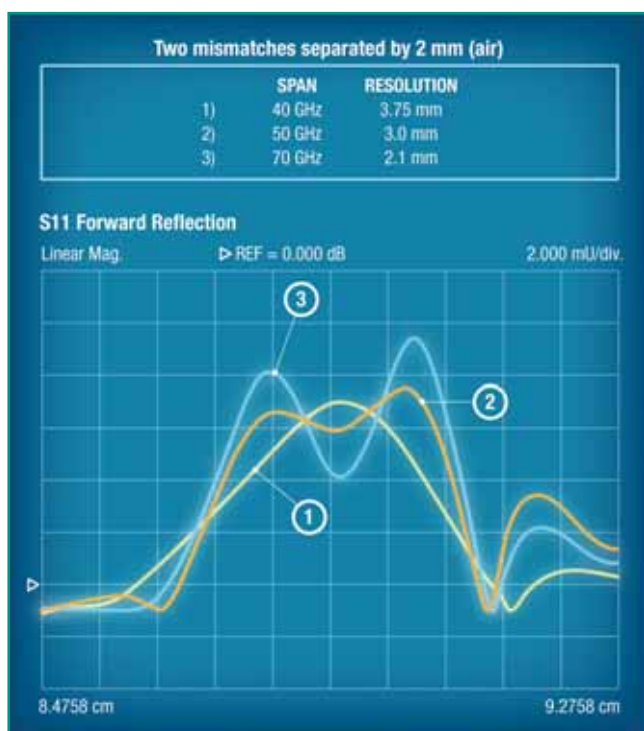


Fig. 2 – Per misurare un disadattamento su un'intercapedine (air-gap) di 2 mm è richiesta un'elevata risoluzione nel dominio del tempo

che può arrivare a 100 dB anche a una frequenza di 110 GHz, che garantisce un livello di accuratezza di misura non ottenibile con gli strumenti di tipo tradizionale.

Anche nel caso si debbano eseguire misure su dispositivi differenziali bilanciati, un VNA con l'opzione "Time Domain" è uno strumento utile in quanto consente di effettuare operazioni di gating e trasformazioni inverse nel dominio della frequenza. Quando abbinata alle funzionalità di embedding (aggiunta di dati della rete ai dati misurati) e de-embedding (rimozioni di dati della rete), questa funzione nel dominio del tempo contribuisce a ridurre i tempi di sviluppo. La funzionalità "Time Domain" è possibile grazie alla trasformata Z-chirp (CZT - Chirp-Z Transform) che esegue la trasformazione dei dati dal dominio della frequenza a quello del tempo per ogni parametro S. Poiché la trasformata considera i valori nel dominio della frequenza come dati di ingresso, ogni parametro può essere trasformato (compresi i parametri S differenziali e mixed-mode). La trasformata Z-chirp è molto simile alla tradizionale trasformata di Fourier veloce (FFT - Fast Fourier Transform), a eccezione del fatto che l'intervallo di uscita può essere variabile. Ciò consente all'utente di specificare un intervallo di tempo arbitrario mantenendo uno specifico numero di punti.

### L'importanza della risoluzione spaziale

Quando si eseguono misure nel dominio del tempo, i parametri più importanti per l'utilizzatore sono la risoluzione spaziale e la massima distanza. Le prestazioni di misura dello strumento in questo caso sono determinate dall'intervallo di frequen-

za e dal numero di punti di dati (data point) che esso è in grado di supportare.

La risoluzione è direttamente proporzionale all'ampiezza di banda dei dati nel dominio della frequenza. Per esempio, il nuovo VNA a larga banda ME7838A di Anritsu (Fig. 1) ha un'ampiezza di banda massima di 125 GHz, che si traduce in una risoluzione spaziale di pochi millimetri. Ciò significa che lo strumento può fornire informazioni utili per l'analisi delle transizioni in dispositivi di piccole dimensioni come ad esempio connettori e lanciatori (in pratica un'estensione del conduttore centrale del connettore coassiale), come riportato in figura 2.

La richiesta di un'elevata risoluzione spaziale è divenuta più pressante. A causa della crescente richiesta di banda, le dimensioni dei connettori coassiali, ad esempio, sono andate via via riducendosi. Oggigiorno sono già disponibili connettori con core da 1 mm (Fig. 3) mentre sono in via di sviluppo connettori caratterizzati da geometrie ancora inferiori (0,8 mm).

Mentre per il prodotto finale le specifiche più importanti sono di tipo generale, come ad esempio le perdite per riflessione e le perdite di inserzione, il progettista deve avere una visione interna dettagliata del prodotto durante la fase di sviluppo. Il connettore avrà un supporto a perlina per il conduttore centrale, linee in aria, adattatori di impedenza e diversi altri componenti che influenzano le prestazioni del prodotto (Fig. 4). Grazie alle misure nel dominio del tempo, è possibile analizzare l'effetto di tutte queste componenti interne per una messa a punto ottimale del progetto.

Una tipica misura effettuata con un VNA di questo dispositivo coassiale è riportata in figura 5. Il grafico superiore è una misura di S11 (coefficiente di riflessione) che evidenzia le prestazioni complessive del dispositivo. Il grafico inferiore è una misura nel dominio del tempo del medesimo dispositivo. I singoli picchi rappresentano le variazioni di impedenza in vari punti all'interno del connettore.

### Misure di gating con un VNA

Le misure sui materiali a frequenze dell'ordine del THz sono



Fig. 3 – Esempio di connettore di tipo a candela (spark plug) da 1 mm

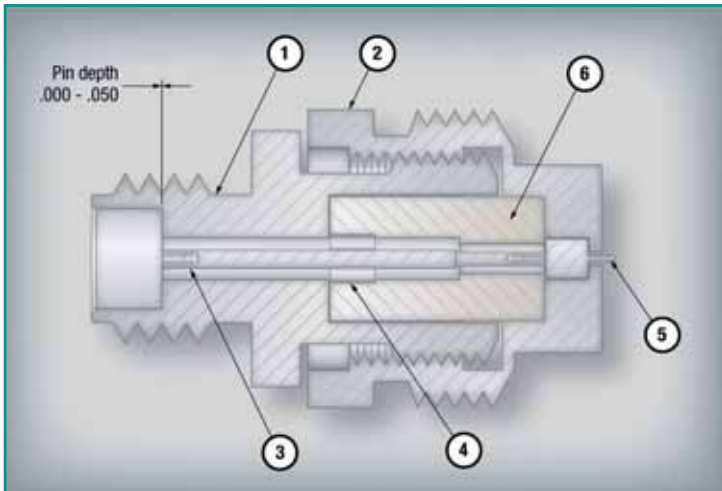


Fig. 4 – Struttura interna del connettore riportata in figura 3

ampiamente utilizzate nei settori militare e della sicurezza per caratterizzare materiali e rilevazione armi “invisibili”. Anche nel settore industriale è molto sentita l’esigenza di caratterizzare in maniera precisa materiali solidi, semi-solidi e liquidi. Mentre per alcuni materiali è possibile utilizzare un set-up (ovvero una predisposizione) di misura che prevede le tradizionali fixture come linee di trasmissioni in guida d’onda o coassiali o sonde, per altri è necessario adottare un approccio differente.

Il metodo più comunemente adottato prevede la misura del materiale nello spazio libero. Ciò semplifica la manipolazione di materiali come film sottili o materiali con una superficie ruvida. Lo svantaggio è rappresentato dal fatto che non è possibile utilizzare i metodi di calibrazione e le tecniche di misura tradizionali.

Le misure nel dominio del tempo permettono di eliminare questi problemi: un VNA consente l’uso di finestre temporali (time gate) per escludere determinati tipi di dati (come ad esempio le antenne utilizzate per il set-up della misura). L’elaborazione successiva (post-processing) consente il calcolo delle proprietà dei materiali quali ad esempio permittività, conduttività e tangente di perdita. Nella figura 6 è riportato il set-up per misure quasi ottiche che prevede l’uso di un VNA e specchi a focalizzazione parabolica.

Le misure nello spazio libero sono di solito compromesse dalle riflessioni multi-cammino perché spesso è impossibile predisporre un’area completamente schermata attorno al dispositivo sottoposto a collaudo (Fig. 7). Ciò dà origine a percorsi di trasmissione aggiuntivi che sovrappongono interferenze sul segnale del percorso diretto.

Con il nome di gating si indica il processo mediante il quale si selezionano o si eliminano determinati difetti durante l’analisi. Nell’esempio riportato in figura 8 è stata utilizzata un’ampiezza

za di gate di 10 mm al fine di ridurre l’ondulazione provocata dalle trasmissioni multi-cammino. I risultati del processo di gating possono essere lasciati nel dominio del tempo ma, molto spesso, sono trasformati – con una trasformazione diretta – in modo da ottenere i risultati nel dominio della frequenza corrispondenti allo scenario modificato generato (ovvero privo degli effetti che sono stati filtrati). È possibile utilizzare gate passa-banda e passa-basso. Questo è importante perché i set-up delle misure nello spazio libero sono a banda stretta. In queste applicazioni sono spesso impiegate antenne a tromba (Horn): si tratta di dispositivi limitati in frequenza che richiedono l’uso di un gate (filtro temporale) passa banda.

### Misure di integrità dei segnali

Ora che la velocità del traffico Internet gestito dai data center ha raggiunto velocità di trasmissione dati che arrivano a 1 Tb/s, le interconnessioni dei dispositivi si sono trasformate in veri e propri “colli di bottiglia” per le trasmissioni. I produttori di connettori impegnati a garantire un’elevata integrità dei segnali in presenza di alte velocità di trasferimento dati a costi contenuti devono essere in grado di ottenere una corrispondenza molto precisa tra simulazione e misura durante lo sviluppo dei prodotti. Per questo motivo è necessario attingere al know how degli esperti nel campo delle microonde. In particolare, i progettisti devono misurare il tempo di salita e il ritardo di propagazione dei dispositivi ad ampia banda, come ad esempio cavi coassiali, commutatori e amplificatori utilizzati nei sistemi optoelettronici.

Solitamente, per la misura del tempo di salita e del ritardo si faceva ricorso a oscilloscopi a campionamento unitamente a generatori di impulsi con fronte di salita veloce. Ora che le ampiezze di banda dei VNA hanno superato quelle degli oscilloscopi, gli analizzatori di reti vettoriali si propongono come una

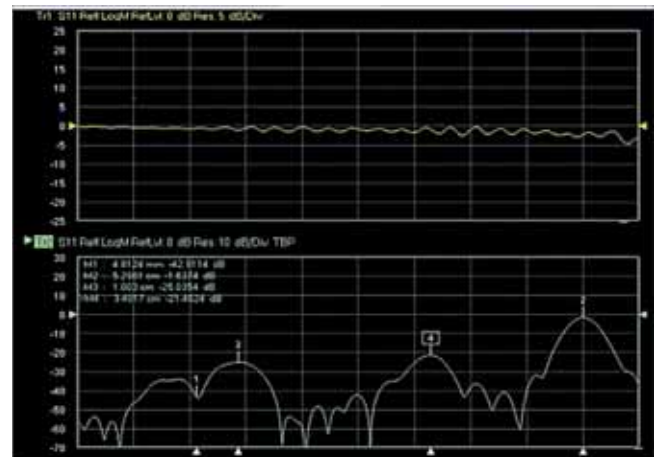
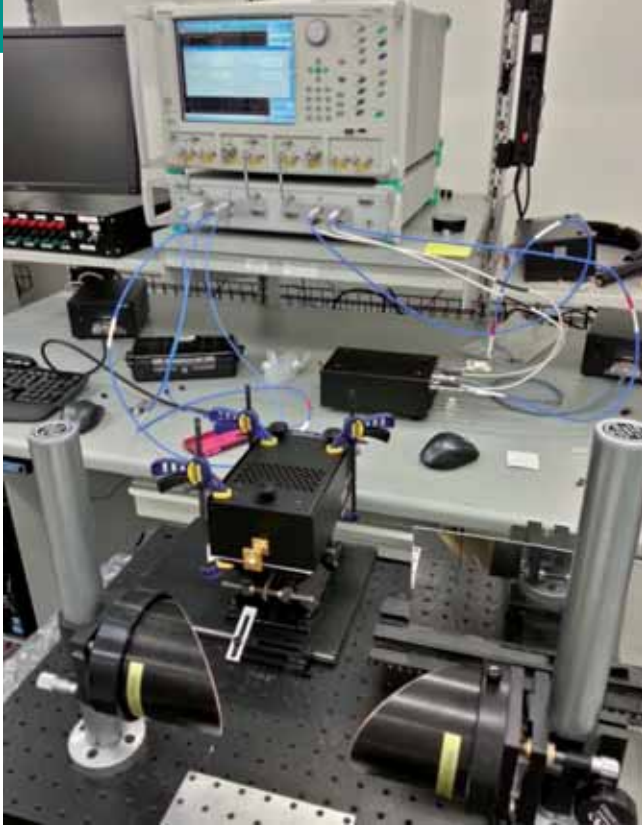


Fig. 5 – Misure nel dominio della frequenza (sopra) e del tempo (sotto) relative al connettore di figura 3



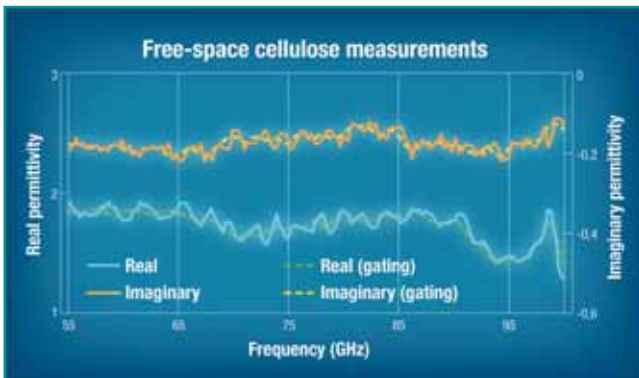


**Fig. 6 – Esempio di set-up di misure di quasi-ottiche utilizzando un VNA e specchi a focalizzazione parabolica**

valida alternativa per la misura del tempo di salita e del ritardo di propagazione di dispositivi operanti a elevata velocità. In pratica i progetti che prevedono velocità di trasferimento dati maggiori di 20 Gb/s richiedono l'uso di soluzioni di collaudo che supportano frequenze comprese tra pochi Hz (near DC) a 70 GHz (o anche fino a 110 GHz) in una singola spazzolata (sweep).

Questo perché il concatenamento dei dati misurati da più VNA è un'operazione molto onerosa in termini di tempo e presenta un'elevata probabilità di introdurre errori.

Nei connettori ad alta velocità, i problemi di trasmissione sono spesso causati da vias (connessioni tra i vari strati di un circuito stampato), "impilamenti" o pin del connettore. Anche in questo caso i dati nel dominio del tempo, caratterizzati da un'elevata precisione, ottenuti da un VNA a larga banda, quanto campionati su molti punti, consentono di localizzare in modo preciso l'ubicazione di qualsiasi problema. Per esempio, il VNA a larga banda ME7838A di Anritsu, caratterizzato da un'ampiezza che arriva a 125 GHz e da un massimo di 100.000 punti di dati rappresenta la soluzione ideale.

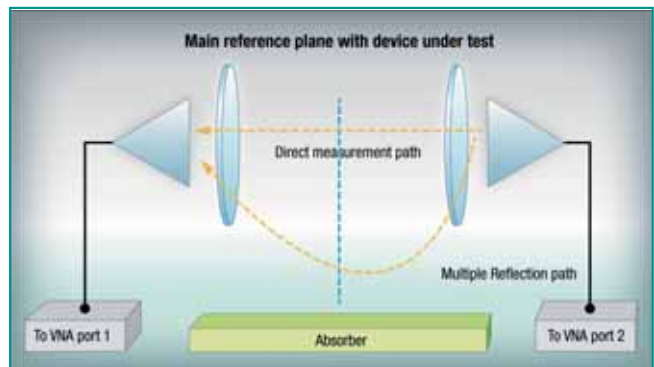


**Fig. 8 – Misure nello spazio libero di un materiale fatto di cellulose: l'ondulazione nei dati è prodotta dalla trasmissione su cammini multipli**

In molti casi la trasformazione nel dominio del tempo è eseguita sui dati desunti dalle misure di S11 (coefficiente di riflessione), ma può essere applicata per tutti gli altri parametri S. Un tipico esempio è rappresentato dalle misure del tempo di salita di dispositivi di trasmissione dati operanti a elevata velocità. Tali misure sono basate sulle risposte al gradino di S21 (coefficiente di trasmissione diretta). Il VNA effettua queste misure con tempi di salita dell'ordine di 9 ps (in un sistema operante a 110 GHz). Le opzioni di elaborazione (passa-basso, passa-banda e gating) si applicano alle misure della risposta nel dominio del tempo di S21.

Oltre a ciò, le tecniche di correzione dell'errore messe a disposizione dal VNA consentono misure più accurate del tempo di salita, misure che in un oscilloscopio potrebbero venire penalizzate dall'utilizzo di cavi e adattatori non adatti.

In linea generale, la modalità "time domain" di tipo passa bas-



**Fig. 7 – Le riflessioni multi-cammino possono interferire con le misure nello spazio libero**

so è quella più utilizzata per le misure di integrità dei segnali. La modalità passa-basso ipotizza l'esistenza di dati a una frequenza prossima alla continua: ciò consente all'utente di calcolare le risposte al gradino e creare una trasformata reale pura.

Poiché il valore in continua deve essere integrato dal tempo 0, esso riveste una notevole importanza. In molti casi il VNA estrapola il termine in continua dai dati di frequenza esistenti. Un calcolo poco preciso del termine in continua darà luogo a misure di impedenza instabili (i VNA di Anritsu utilizzano un'architettura di tipo circuito a ponte riflettometrico/acoppiatore direzionale per migliorare l'accuratezza del modello e garantire una migliore corrispondenza con i dati del simulatore EM - elettromagnetico - tridimensionale).

Questo concetto può essere illustrato facendo riferimento alla misura del tempo di salita di un amplificatore di pilotaggio (driver amplifier) a 40 Gb/s condotta mediante un VNA operante a 110 GHz. In primo luogo è richiesta una misura del tempo di salita della risposta in trasmissione del VNA. In



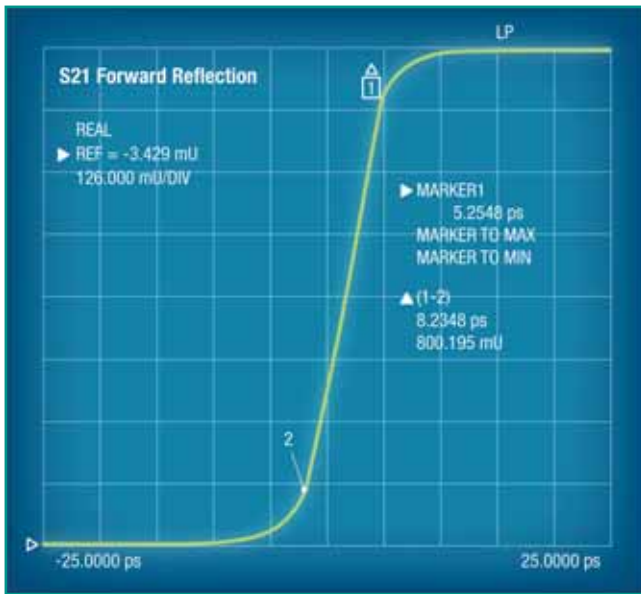


Fig. 9 – La risposta al gradino corretta del VNA operante a 100 GHz è caratterizzata da un tempo di salita di 9 ps

questo caso viene eseguita una calibrazione su 12 termini. Utilizzando una linea passante (through line) è possibile misurare la risposta al gradino di S21 nel dominio del tempo (Fig. 9). Il tempo di salita (ovvero il tempo impiegato dal segnale per passare dal 10% al 90% del valore finale) è misurato a una velocità pari a circa 9 ps.

A questo punto si eseguono misure sull'amplificatore a 40 Gb/s. La risposta nel dominio del tempo di S21 in questo caso e la misura composita dei tempi di salita del VNA e dell'amplificatore. Lo sfasamento di 180° nella risposta del coefficiente S21 dell'amplificatore è visualizzata sotto forma gradino invertito nel modalità "time domain". Come visibile in figura 10, il tempo di salita composito misurato è pari a 12 ps. Il tempo di salita dell'amplificatore può essere calcolato utilizzando il teorema della radice della somma dei quadrati (RSS – Root Sm Square):

$$T_R (DUT) = T_R (total) - T_R (input step)$$

quindi,

$$T_R (Amplifier) = \sqrt{[12^2 - 9^2]} = 8ps$$

In modo simile il ritardo di propagazione attraverso l'amplificatore può essere misurato dal punto al 50% della risposta al gradino, ovvero:

$$Time Delay T_D (amplifier) = 30ps$$

In definitiva, le misure nel dominio del tempo sono uno stru-

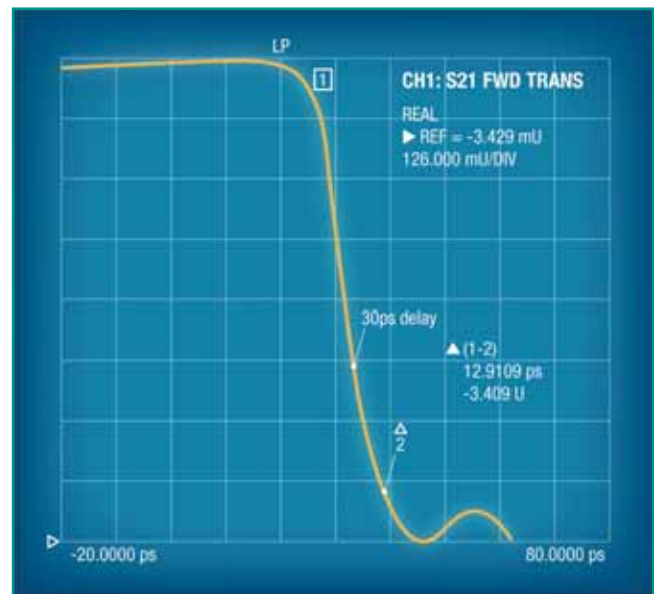


Fig. 10 – Tempo di salita invertito e risposta al ritardo di propagazione dell'amplificatore

mento che permette ai progettisti di avere una visione dettagliata del passaggio del segnale attraverso un dispositivo. Le misure di integrità dei segnali sono divenute un elemento essenziale per una completa caratterizzazione di dispositivi ad alta velocità e solamente ricorrendo a un VNA è possibile eseguire le misure richieste simultaneamente nel dominio del tempo e della frequenza. ■

THE ORIGINAL SINCE 1994  
**PCB-POOL**<sup>®</sup>  
Beta LAYOUT

## PCB prototipi e piccole serie



**Servizio puntuale o gratuito**  
Tempi di consegna a partire da 8 ore

**Servizio di assemblaggio**  
Anche a partire da un solo componente

e-mail: [info@pcb-pool.com](mailto:info@pcb-pool.com)

[www.pcb-pool.com](http://www.pcb-pool.com)

**25Years**  
LAYOUT  
create electronics

PCB-POOL® è un marchio registrato di Beta LAYOUT GmbH

# Campionamento superveloce con il sistema di misura Genesis HighSpeed

**Massimo Mortarino**  
Responsabile Comunicazione  
[A&T](#)

**Nel laboratorio di Ludvika si testano attualmente quasi tutti i prodotti per alta tensione fabbricati dal gruppo industriale internazionale ABB: per lo svolgimento di queste operazioni vengono impiegate apparecchiature di prova e misura avanzate, quali il sistema di misura HBM Genesis HighSpeed combinato con il software Perception**

**L**a famiglia Genesis HighSpeed condivide la massima cadenza di campionamento con un numero di canali da medio ad alto. Basandosi su piattaforme modulari, tutto può essere configurato secondo le necessità dell'applicazione, si tratti di un solo canale o di un migliaio.

Il Genesis HighSpeed dispone di condizionatori di segnali fisici per tutti i sensori comuni, o consente l'isolamento per acquisire segnali non messi a terra nel campo di MegaVolt. La cadenza di campionamento spazia da 20 kS/s a 100 MS/s per canale.

I sistemi sono pronti all'uso e facili da impiegare. L'interfaccia utente del software Perception condiviso è leggendaria. Il software è progettato per gestire grandi volumi di dati velocemente e in modo affidabile: sul PC si possono vedere 10 gigabyte di dati in 10 secondi. Infine, la revisionata tecnologia brevettata StatStream permette la gestione istantanea di gigabyte di dati di misura.

Fa parte della famiglia, ad esempio, il potente registratore dati portatile ad alta velocità GEN3i, che offre una gamma virtualmente illimitata di possibilità applicative. Grazie alle sue dimensioni compatte, esso risulta ideale per impiego mobile, ad esempio per la ricerca guasti, manutenzione o messa in funzione di generatori, turbine o motori. GEN3i è anche lo strumento giusto per l'impiego in laboratorio, nei banchi prova potenza o per le prove distruttive dei materiali.



**Fig. 1 – Uno dei quattro rack di misura del sistema modulare HBM Genesis HighSpeed nel Laboratorio di Alta Potenza ABB. ABB può registrare contemporaneamente i dati di un massimo di 32 canali**

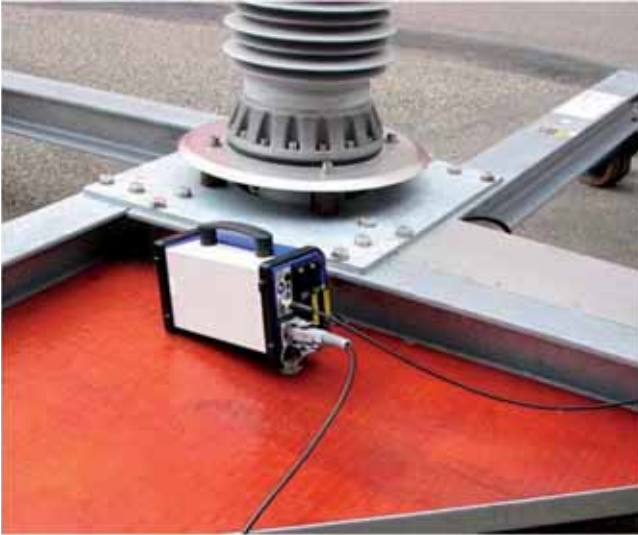
## **Prove di potenza di classe mondiale nel Laboratorio di Alta Potenza di ABB**

Nel laboratorio di Ludvika si testano attualmente quasi tutti i prodotti per alta tensione fabbricati dal gruppo industriale internazionale **ABB**: quadri di commutazione, interruttori e trasformatori per alte tensioni, nei vari stadi durante il loro sviluppo e le prove di routine dei prodotti finiti. Le prove sottopongono i prodotti a sollecitazioni estreme, sotto forma di correnti e tensioni, acquisendo i dati di prova a brevi intervalli. Vengono impiegate apparecchiature di prova e misura avanzate, quali il sistema di misura **HBM** Genesis HighSpeed combinato con il software Perception.

Le operazioni avvengono con correnti e tensioni estremamente elevate. Molte delle prove sono distruttive e, ovviamente, non si possono testare prodotti per alte tensioni senza alcuni "fuochi artificiali". Anche così, la prova si deve svolgere in un istante e tutto ciò che accade deve essere perfettamente documentato.

Il laboratorio dispone di quattro rack di misura con sistema Genesis HighSpeed: il sistema è flessibile perché i moduli richiesti possono essere inseriti direttamente nel rack. Per prove su grande scala, si possono combinare più rack di misura.

Ogni rack di misura ha spazio per accogliere una scheda di ricezione da quattro canali. Cavi a fibra ottica collegano i canali ai digitalizzatori, che convertono il segnale da analogico a digitale e lo inoltrano al software Perception per la verifica



**Fig. 2 – Una sonda HBM Isoprobe 6600 HV collega la base di un divisore di tensione ABB durante una prova nel laboratorio di Ludvika**

e delaborazione. In pratica, tutti i prodotti per alte tensioni di ABB vengono provati durante la fase di sviluppo e collaudati con prove di routine sul prodotto finito. In media, ciò comporta due prove ad alta frequenza al giorno, tutto l'anno. Una prova può durare da un paio d'ore a una settimana, generando oltre 1.000 megabyte di dati che vengono conservati per almeno dieci anni.

Tutte le prove sono eseguite in conformità delle norme internazionali e locali e il laboratorio stesso è soggetto al controllo qualità indipendente da parte dell'autorità di accreditamento svedese Swedac. Un ulteriore marchio di qualità è l'apparte-

nenza alla Scandinavian Association for Testing of Electric Power Equipment (SATS) e alla sua organizzazione internazionale Short-Circuit Testing Liasion (STL). Tutti i lavori devono essere rigorosamente conformi alle norme, altrimenti l'apparecchiatura sotto prova non potrà essere certificata.

La continuità è fondamentale per il lavoro del laboratorio: occorre pensare a migliaia di aspetti che possono andare per il verso sbagliato durante una prova: cablaggio, bug, posizionamento della strumentazione di misura. Spesso si ha a disposizione un'unica possibilità di testare un prodotto, e tutto termina in una manciata di secondi, quindi non ci si può permettere di perdere dati.

Il laboratorio di alta potenza ABB, comunque, non è del tutto privo di rischi: le elevate correnti e tensioni in gioco possono mettere fuori uso il sistema e, nel caso peggiore, possono bruciare i componenti sensibili, quali i sensori utilizzati per misurare le grandezze della rete (corrente, tensione, pressione o movimento), oltre ai digitalizzatori che convertono i segnali, che dovranno essere rimpiazzati. I quattro rack di misura hanno già una lunga vita operativa, grazie all'esclusivo isolamento elettrico. Per collegare i rack della sala di controllo ai digitalizzatori vengono usati cavi a fibra ottica, proteggendo così dalle alte tensioni i rack stessi e il personale addetto. ■



## Disegniamo il tuo mondo



ZMS100

Disegniamo il tuo mondo con potenza controllabile, affidabile e sicura.

TDK-Lambda è leader mondiale nella produzione di alimentatori AC-DC, convertitori DC-DC e filtri EMC / EMI.

Per oltre 60 anni, i nostri alimentatori di tipo medicale sono stati utilizzati in svariate applicazioni, da MRI, CT e scanner PET a endoscopi e attrezzature dentistiche. Pertanto sono sperimentati, testati e approvati secondo i più alti standard.

Il nuovo alimentatore AC-DC 100W singola uscita ZMS100 è conforme alla IEC60601-1, con 2 MOPP (Means of Patient Protection), adatto per apparecchiature medicali tipo B e BF. Ma non è solo sicuro. È anche compatto e con un'efficienza fino al 90% ed una garanzia di 3 anni.

Disegnate il vostro mondo progettando apparecchiature medicali con l'alimentatore TDK-Lambda ZMS100.

Per saperne di più: [www.it.tdk-lambda.com/zms](http://www.it.tdk-lambda.com/zms)

**TDK-Lambda**



TDK-Lambda in Italia +39 02 61293863



## A CHI SI RIVOLGE

MC<sup>4</sup> - Motion Control  
for si rivolge a **tecnici e progettisti** operanti in ambito industriale e nel settore energetico (impiantistica produttiva, macchine automatiche, macchine utensili, manutenzione ecc.) che utilizzano: motori e motoriduttori, servomotori, azionamenti e regolatori di velocità, controllo assi, sistemi di posizionamento, comandi e attuatori, sensori e comunicazione

# VIVI DA PROTAGONISTA IL PIÙ IMPORTANTE EVENTO ITALIANO DEDICATO AL MONDO DEL MOTION CONTROL

## I WORKSHOP

Seminari tecnici tenuti dalle aziende espositrici della durata di 30 minuti ciascuno.

## LA MOSTRA

Prodotti, soluzioni tecnologie e applicazioni. La migliore offerta del mercato

## PER ADERIRE

Visita il sito **mc4.mostreconvegno.it** per partecipare ai seminari, alla mostra. La partecipazione è gratuita. Tutta la documentazione sarà disponibile on-line il giorno stesso della manifestazione.

OFFERTO DA:



Fieldbus  
Networks

AUTOMAZIONE  
E STRUMENTAZIONE

progettare





BEST  
IN  
MOTION  
AWARDS

# MOTION CONTROL

**MARTEDÌ 10 MARZO 2015**  
Bologna Congressi  
dalle ore 9.00 alle ore 17.00

[mc4.mostraconvegno.it](http://mc4.mostraconvegno.it)



[mc4@fieramilanomediamedia.it](mailto:mc4@fieramilanomediamedia.it)



Ufficio commerciale: 335 276990



segreteria organizzativa: 02 49976533



contatti



automazione  plus.it  plus.it



Fiera Milano Official Partner

## Alimentatori per l'industria fotovoltaica

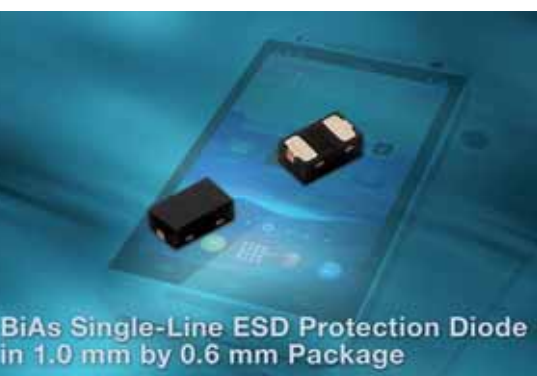
Mornsun ha presentato i suoi nuovi alimentatori della serie PVXX-27BxxR2, particolarmente adatti per l'industria fotovoltaica. Come è noto, le centrali fotovoltaiche situate in aree remote rendono difficile la fornitura degli alimentatori per i vari sistemi di controllo; solitamente, la tecnica utilizzata è quella di alimentare i sistemi mediante batterie o direttamente dalla rete elettrica, con un notevole incremento di costi. Le soluzioni di Mornsun consentono di ottenere energia elettrica direttamente dai pannelli solari, garantendo in questo modo anche una riduzione dei costi. I prodotti presentano una gamma di tensione in ingresso di 10 – 1000 VDC, un ampio intervallo di temperatura di -40 °C +70 °C, elevata tensione di isolamento (4000 VAC) e molteplici protezioni che assicurano la stabilità dell'alimentazione. In particolare, garantiscono protezione da sovratensione, da cortocircuito e da inversione di polarità in ingresso.



I prodotti presentano una gamma di tensione in ingresso di 10 – 1000 VDC, un ampio intervallo di temperatura di -40 °C +70 °C, elevata tensione di isolamento (4000 VAC) e molteplici protezioni che assicurano la stabilità dell'alimentazione. In particolare, garantiscono protezione da sovratensione, da cortocircuito e da inversione di polarità in ingresso.

## Diodo bidirezionale con protezione ESD

Vishay Intertechnology ha rilasciato un nuovo diodo bidirezionale con protezione ESD per l'elettronica portatile, che fornisce una tensione di rottura inversa sopra i 15,5V e una bassa tensione di forward nel pacchetto ultra-compatto LLP1006-2L. VESD15A1-HD1-G4-08



BiAs Single-Line ESD Protection Diode in 1.0 mm by 0.6 mm Package

è progettato per ridurre lo spazio necessario per la protezione ESD in smartphone, tablet, sistemi di gioco e MP3. Per tali dispositivi, il diodo offre un elevato isolamento verso massa, caratterizzato da una bassa corrente di dispersione minore di 0,01  $\mu$ A e una bassa capacità di carico di 45 pF a 0V. VESD15A1-HD1-G4-08 fornisce protezione transitoria per una linea di dati secondo IEC 61000 4 2 a  $\pm$ 30 kV (aria e lo scarico di contatto) e la protezione da sovracorrente secondo IEC 61000-4-5 maggiore di 6A. Inoltre, il dispositivo offre un livello di sensibilità all'umidità (MSL) di 1 in accordo a J-STD-020 e una classe di infiammabilità UL 94 V-0.

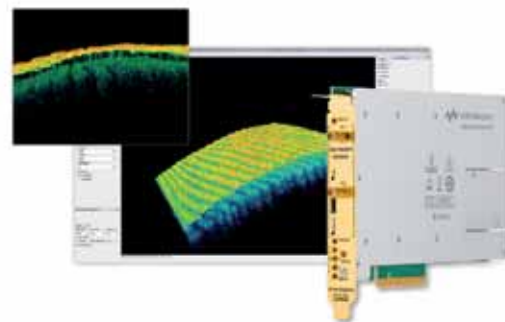
## MOSFET di potenza NexFET N-channel

Texas Instruments ha presentato 11 nuovi MOSFET di potenza a canale N per la sua linea di prodotti NexFET, incluso CSD16570Q5B 25-V e CSD17570Q5B 30-V per applicazioni hot swap, in un package QFN. I MOSFET CSD16570Q5B e CSD17570Q5B NexFET offrono elevate efficienze di conversione di potenza a correnti più elevate in un package di 0.6 mm x 1 mm, garantendo al tempo stesso un funzionamento sicuro in applicazioni server di computer e telecomunicazioni. Per esempio, CSD16570Q5B 25-V supporta un massimo di 0,59 m $\Omega$  di R<sub>ds(on)</sub> (resistenza tra drain e source in condizione di saturazione), mentre CSD17570Q5B 30 V raggiunge un massimo di 0,69 m $\Omega$  di R<sub>ds(on)</sub>. I nuovi Mosfet possono essere abbinati con LM27403 per applicazioni DC/DC per formare una soluzione completa di convertitore buck sincrono e con un controller hot swap di TI come TPS24720.



## PCIe Data Acquisition High Speed 12 bit

Keysight Technologies ha annunciato, in collaborazione con YellowSys, un fornitore di firmware IP, l'opzione dedicata alla tecnologia OCT (Optical Coherence Tomography) nella scheda PCIe U5303A 12 bit per acquisizione dati ad alta velocità. La soluzione di acquisizione dati di Keysight utilizza un ricampionamento per offrire stabilità al segnale ADC. Inoltre, l'elaborazione del segnale è eseguita in tempo reale direttamente sulla scheda di acquisizione dati, riducendo notevolmente il carico di elaborazione sul computer host.



La scheda è stata progettata utilizzando il kit di sviluppo U5340A FPGA di Keysight, consentendo la portabilità dell'elaborazione del segnale OCT ad altre schede di acquisizione dati Keysight, tra cui le versioni future. Non vi è alcuna necessità di circuiteria interna dedicata per OCT e la facilità di migrazione del trattamento IP è la chiave per i futuri sviluppi della tecnologia OCT.



## NASCE LA PROSSIMA GENERAZIONE DI LED BIANCHI

### IN QUESTO NUMERO

#### III Mercati/Attualità

- La tecnologia SC5 di Cree
- Il futuro degli Oled
- Philips separa il lighting

#### V Collegamento diretto alla rete AC

#### VIII Nasce la prossima generazione di Led bianchi

#### XI Led blu e fosfori gialli per una luminosità ottima

#### XIV Collaudo dei Led ad alta potenza

#### XVI Prodotti

- Led per automotive
- Driver per Led
- Led Smd Ultra Flat



# IL SEGRETO DI UNA CORRETTA ALIMENTAZIONE

PER LAMPADINE LED WATERPROOF



**RAFI**

Distributore Italia

**MW**  
MEAN WELL

PADOVA

MILANO

TORINO

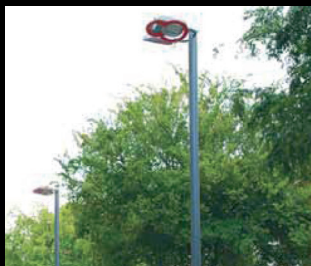
FIRENZE

NAPOLI

ROMA

APPLICATIONS

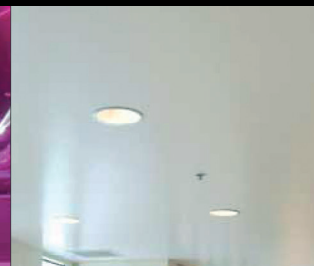
STREET LIGHTING



STAGE LIGHTING



EMBEDDED LIGHTING



ARCHITECTURAL LIGHTING



INDOOR LIGHTING



DECORATIVE LIGHTING



POOL LIGHTING



Voi costruite le lampade più belle, progettate le soluzioni più innovative...  
noi vi diamo i migliori alimentatori che possiate trovare ma ad un prezzo  
molto interessante.

La **RAFI ELETTRONICA S.r.l.** insieme a **Mean Well** presentano la nuova  
gamma di alimentatori switching per illuminazione a led da 18 a 240 Watt, sei  
serie distinte, diversi modelli per svariate applicazioni, sia da INTERNO che da  
ESTERNO.

Possibilità di customizzazioni su specifiche del cliente, range di ingresso da AC  
90 a 264 VAC e tensioni di uscita fino a 48 VDC. Alta affidabilità e costi molto  
competitivi.

Grado di protezione IP64 / IP65 / IP67 con PFC (Power Function Control) attivo.

Per maggiori informazioni su questi ed altri prodotti non esitate a contattare la  
RAFI ELETTRONICA S.r.l.

**RAFI**

**RAFI ELETTRONICA SRL**  
PIAZZALE EUROPA 9  
10044 PIANEZZA ( TO )  
TEL . 011/96 63 113 - 011/99 43 000  
FAX 011/99 43 640  
SITO WEB : [www.rafisrl.com](http://www.rafisrl.com)  
E-MAIL : [rafi@rafisrl.com](mailto:rafi@rafisrl.com)



### La tecnologia SC5 di Cree

Cree ha annunciato la sua piattaforma tecnologica SC5 alla base dei nuovi LED XHP (Extreme High Power) che possono ridurre i costi del sistema fino al 40% per molte applicazioni di illuminazione. In pratica, la piattaforma SC5 permette, nei LED ad alta potenza, di raddoppiare il flusso luminoso, consentendo ai produttori di sistemi di illuminazione di avere la necessaria flessibilità per ridurre significativamente i costi. La tecnologia si basa sul carburo di Silicio e costituisce un notevole progresso in termini di struttura epitassiale.

Il primo componente della famiglia XHP è XLamp XHP50, un LED capace di fornire fino a 2250 lumen a 19 Watt con un package di 5x5 mm.

### Filtri polarizzanti più efficienti

Gli ingegneri dell'Università dello Utah hanno sviluppato un filtro polarizzatore che permette di trasferire una maggiore quantità di luce rispetto a quelli tradizionali. Le ripercussioni sull'industria elettronica potrebbero essere di ampia portata perché i filtri polarizzati sono usati dai display LCD e quelli tradizionali limitano sensibilmente la quantità di luce emessa. Poter contare su un filtro polarizzato che faccia passare il 30% di luce in più può prolungare l'autonomia dei device con display alimentati a batteria. Per ora però il nuovo filtro polarizzante è ancora a livello sperimentale e gli esperti ritengono che per poter arrivare a un prodotto commerciale occorrerà attendere tra i cinque e i dieci anni.

### L'innovazione di Dow Corning

L'innovazione per i LED passa anche dall'adozione di nuovi materiali per l'incapsulamento come quelli realizzati da Dow Corning.

Mentre l'adozione e la produzione di sistemi di illuminazione a LED accelera rapidamente, i produttori sono alla ricerca di materiali nuovi e innovativi per migliorare il design LED, l'affidabilità del prodotto e ottimizzare la velocità di produzione. Questi trend convergenti stanno facendo crescere la domanda di soluzioni avanzate in silicone per lampade a LED per facilitare il design, l'assemblaggio e la protezione dei sistemi di illuminazione.

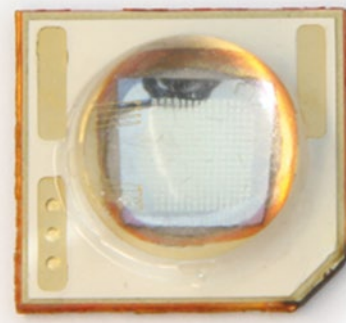
Dow Corning sta puntando proprio su questi trend per espandere la sua offerta di materiali avanzati in silicone per l'illuminazione. Il silicone ottico di Dow Corning permette infatti di progettare soluzioni di illuminazione, di migliorare le prestazioni e l'affidabilità dei sistemi a LED, ma anche di ridurre i costi di produzione.

### Accordo fra Plessey e 8point3

Plessey ha annunciato di aver siglato un accordo con 8point3 Ltd, un produttore di sistemi di illuminazione, per la fornitura di LED con tecnologia GaN-on-Silicon. 8Point3 utilizzerà questi LED per la sua nuova gamma di prodotti Sabre Architectural.

Il recente incremento di prestazioni ottenuto per il LED MaGIC di Plessey, permette infatti di aumentare la competitività rispetto ad altre tecnologie.

Sabre Architectural, invece, unisce i vantaggi della tecnologia remote phosphor ai suoi sistemi di illuminazione, caratterizzati dall'assenza di riflessioni e pixilation, per ottenere prodotti particolarmente efficienti e convenienti.



### Il futuro degli OLED

Un'analisi di IDTechEx evidenzia le possibilità di sviluppo per gli OLED e i principali fattori che ne stanno limitando la diffusione. L'illuminazione tramite OLED è una tecnologia emergente, ma deve fare i conti con un mercato notevolmente frammentato a causa dell'elevato numero di tecnologie disponibili e delle diverse esigenze degli utenti. I segmenti di mercato interessati, infatti, vanno da quello residenziale all'industriale, dall'automotive all'illuminazione di esterni e le esigenze possono essere sensibilmente diverse.

Gli analisti di IDTechEx ritengono che il mercato degli OLED potrebbe crescere fino a 1,9 miliardi di dollari nel 2025, ma che la crescita dovrebbe essere relativamente lenta fino al 2019, quando le vendite potrebbero essere ancora inferiori ai 200 milioni di dollari a livello globale.

Le previsioni indicano, inoltre, che settori come l'illuminazione per negozi, alberghi e soluzioni architettoniche dovrebbero essere le prime a crescere. Anche il settore automotive sembra comunque essere piuttosto promettente. Segmenti come quelli residenziale, office e outdoor dovrebbero invece vedere una crescita solo successivamente, in funzione anche delle diminuzioni dei costi e del prolungamento della durata dei dispositivi.

La competizione con i LED non organici è uno dei principali fattori che potrebbe limitare inizialmente la crescita degli OLED, anche perché diversi produttori sono coinvolti in entrambe le tecnologie e quindi diventa molto importante la strategia di differenziazione.

### EBV distribuisce i LED Samsung

Da ottobre 2014 [EBV Elektronik](#), un'azienda di Avnet, distribuisce nell'area EMEA i LED di Samsung Semiconductor Europe GmbH. L'accordo permette a EBV Elektronik di espandere la sua offerta di prodotti e di incrementare la crescita in questo segmento. Di fatto con l'arrivo dei componenti di Samsung, il portafoglio di prodotti di EBV Elektronik spazia dai LED di media potenza ai COB, dai moduli LED alle soluzioni per l'automotive, TV e mercato IT.

I vantaggi per Samsung invece, sono la possibilità penetrare maggiormente nel mercato EMEA grazie alle capacità di distribuzione di EBV Elektronik.

### Ratos acquisisce Ledil

[Ledil](#) ha appena annunciato l'espansione della sua famiglia di ottiche per LED, ma anche l'acquisizione del 67% delle sue azioni da parte del fondo Ratos. L'operazione vale 50 milioni di euro e Ratos è stata spinta dalla rapida crescita della tecnologia LED nel settore lighting e dalle recenti buone performance di Ledil. Per quanto riguarda gli annunci dei prodotti, Ledil ha ampliato diverse gamme di ottiche SSL, introducendo, per esempio, le lenti asimmetriche Leila-O-Was, le nuove ottiche per famiglie di LED Cree XM-L e XP-L, la famiglia Veronica e aggiungendo nuovi pattern per la famiglia di ottiche per LED Winnie.

### LED innovativi da Plessey

La collaborazione fra [Plessey](#) e [Litecool](#), un'azienda di Sheffield specializzata in soluzioni per la dissipazione termica, sta avendo risultati interessanti. Plessey ha infatti recentemente presentato alcuni sviluppi relativi alla sua gamma di die LED MaGIC con tecnologia GaN-on-Silicon, raffreddati con le soluzioni di Litecool. I suoi moduli infatti permettono di installare i LED direttamente sull'aletta di raffreddamento, senza altri materiali che possano limitare il passaggio del calore. In tal modo, a parità di prestazioni, si possono utilizzare radiatori più piccoli e quindi economici.

### Philips separa il lighting

Il lighting di [Philips](#) diventerà una organizzazione indipendente, ma non solo. Royal Philips ha annunciato infatti la decisione di scorporare in un'apposita società il lighting e di concentrare le business unit Healthcare e Consumer Lifestyle in un'altra azienda.

Il lighting di Philips nel corso dell'esercizio fiscale 2013 ha registrato ricavi per 7 miliardi di euro e la separazione del comparto dovrebbe permettere, oltre che a conseguire risparmi per 100 milioni di euro nel 2015, di rafforzare ulteriormente il business in questo settore.

### Aumentano le consegne di pannelli di grandi dimensioni

Le consegne di pannelli TFT di grandi dimensioni (9" e oltre) si prevede che raggiungeranno i 718 milioni di dollari nel 2014. A sostenerlo sono gli analisti di [DisplaySearch](#), sottolineando come la domanda per questo tipo di pannelli stia crescendo, e che le consegne stanno aumentando del 3% anno su anno.

Il report Quarterly Large-Area TFT Panel Shipment di Displaysearch evidenzia le principali dinamiche del mercato, ma anche come sia le applicazioni industriali sia quelle automotive che utilizzano display di grandi dimensioni stiano crescendo rapidamente, così come quelle di digital signage.

	2013	2014	Y/Y (%)
<b>Notebook PC</b>	<b>177</b>	<b>189.3</b>	<b>7</b>
<b>9" Tablet PC</b>	<b>89.4</b>	<b>97.2</b>	<b>9</b>
<b>Mini-Note PC</b>	<b>10.7</b>	<b>7.3</b>	<b>-32</b>
<b>LCD Monitor</b>	<b>160.5</b>	<b>152.7</b>	<b>-5</b>
<b>LCD TV</b>	<b>237.6</b>	<b>249.2</b>	<b>5</b>
<b>Public Display</b>	<b>2.3</b>	<b>3.2</b>	<b>39</b>
<b>Others</b>	<b>17.7</b>	<b>19.2</b>	<b>8</b>
<b>Total</b>	<b>695.2</b>	<b>718.1</b>	<b>3</b>

# Collegamento diretto alla rete AC

La tecnologia AC senza driver messa a punto da euroLighting sostituisce i tradizionali alimentatori per LED e ne permette l'accensione senza fastidiosi fenomeni di sfarfallio

**Wolfgang Endrich**  
Ceo  
[euroLighting](#)

Negli ultimi anni, i power LED hanno gradualmente sostituito le lampade tradizionali come lampade a incandescenza, lampade alogene e lampade ad alta e bassa pressione. Le argomentazioni a sfavore dei LED, secondo cui essi emetterebbero solo una luce fredda e bluastro, sono via via cadute e tutt'oggi esistono diodi luminosi che emettono una luce molto calda a partire da 2.300K e coprono un ampio intervallo di temperature di colore da 2.300 a circa 7.000K. I nuovi sistemi di comando quali DALI e KNX consentono persino un adattamento alla luce del giorno.

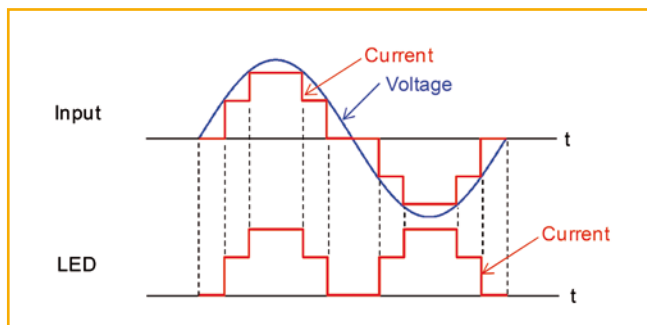
L'industria dei LED ha sviluppato power LED in tecnologia COB, oggi capaci di erogare una potenza di 20, 40W e oltre. In questo modo è praticamente impensabile che vi siano applicazioni per le quali i LED non sono adatti. La lunga durata di vita di 50.000 ore e più, il risparmio di corrente rispetto alle lampade tradizionali fino all'85% nonché l'assenza di sostanze nocive come mercurio sono solo alcuni dei vantaggi che oggi fanno propendere per il loro utilizzo. Una nota dolente è rappresentata dai prezzi rispetto alle lampade tradizionali. Se lampade a incandescenza da 10W di produzione europea vengono già offerte a meno di 3€, di fatto motivazioni ancora forti parlano a favore dei vecchi elementi di illuminazione, superate però dalla lunga durata di vita delle lampade a LED e dai brevi tempi di ammortamento a esse connessi.

## Luce senza sfarfallio

Tra le "controindicazioni" delle lampade a LED si possono annoverare la necessità di un'alimentazione a cor-



rente continua, il maggiore spazio richiesto in caso di potenze maggiori e il costo relativamente alto. Già da tempo si sta cercando di trovare soluzioni al riguardo, per esempio attraverso lo sviluppo di LED a corrente alternata alimentati in maniera diretta. Il risultato non è stato soddisfacente, in quanto questi diodi luminosi generavano una luce tremolante, pertanto non adatta all'uso giornaliero. Una nuova e promettente soluzione viene ora proposta da euroLighting con una tecnologia AC senza driver che garantisce una luce priva di sfarfallio all'occhio umano ed economica in termini di spazi e costi. Grazie a un circuito integrato (IC) di nuova concezione è possibile realizzare un circuito elettrico "quasi" senza driver. Il chip mette a disposizione dello sviluppa-



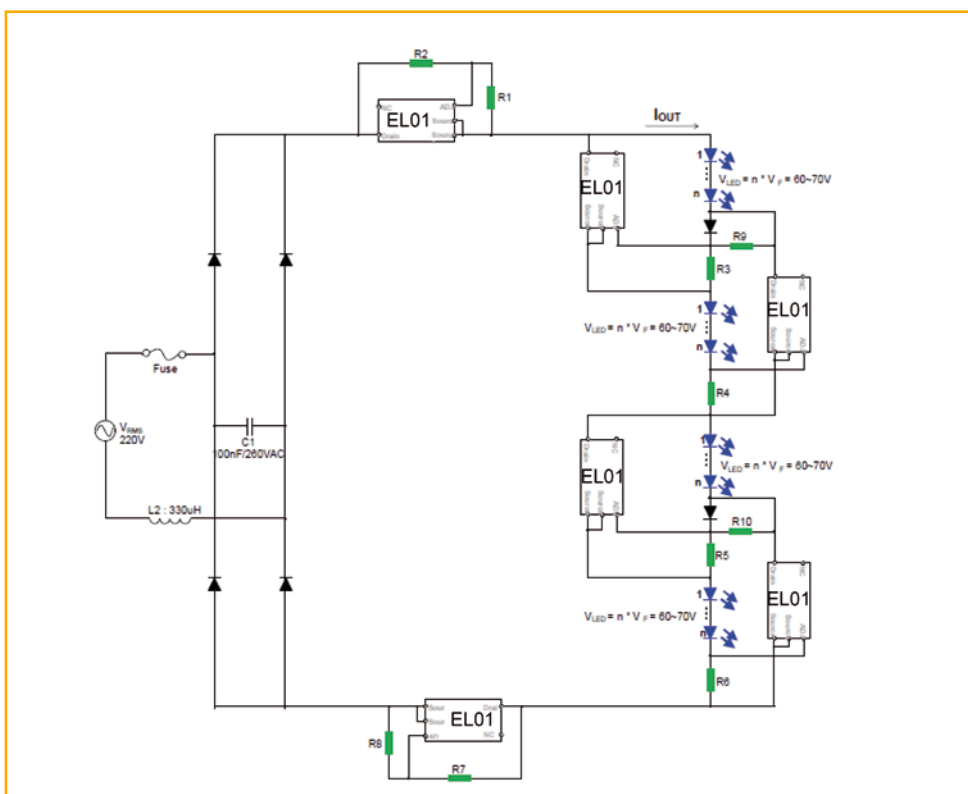
**Fig. 1 – Diagramma dei segnali di tensione e corrente**

tore soluzioni innovative e semplici. Una tensione alternata di linea di 230V viene trasformata in corrente continua e trasferita a un driver senza rettificazione. Il driver, caratterizzato da una frequenza di 100-120 Hz, alimenta i diodi luminosi con una corrente costante e una tensione di 60-70V DC. A queste frequenze viene sfruttata la persistenza della visione, in quanto sul mercato sono oggi disponibili anche televisori con frequenza superiore a 200 Hz, che garantiscono una luce senza sfarfallio. Un ulteriore vantaggio è rappresentato dal fatto che gli utilizzatori possono impiegare diodi luminosi dei più diversi costruttori con tensioni di esercizio differenti com-

prese tra 2 e 70V DC. L'integrato richiede solo pochi elementi aggiuntivi: alcune resistenze da 0,5W, un raddrizzatore a ponte, un fusibile, un varistore e 2 condensatori X/Y. Gli ingombri risultano estremamente contenuti permettendo l'assemblaggio, assieme ai LED, su un circuito stampato. Lo sviluppatore non è quindi legato a un tipo specifico di LED, ma può utilizzare senza problemi i diodi luminosi già collaudati e approvati di qualsiasi costruttore di LED, purché essi presentino una tensione di esercizio compresa tra 2 e 70V. Poiché l'integrato ha una potenza di 2W, è possibile attivare parallelamente più IC nel caso in cui siano necessarie potenze maggiori.

### Lunga durata

Nelle lampade a LED di tipo convenzionale il vero problema è costituito dalle alimentazioni di corrente, che prevedono la presenza di condensatori elettrolitici, caratterizzati da una durata di vita limitata. Ipotizzando un esercizio di 5-10.000 ore, l'alimentazione di corrente è il vero "tasto dolente" di ogni lampada a LED. In caso di guasto essa deve essere sostituita oppure – se si tratta di montaggi fissi (per es. in tubi a LED) – bisogna smaltire l'intera lampada. I nuovi integrati e il relativo circuito elettrico rappresentano una vera rivoluzione per i diodi luminosi, adattando la durata di vita dell'intera lampada a quella dei diodi.

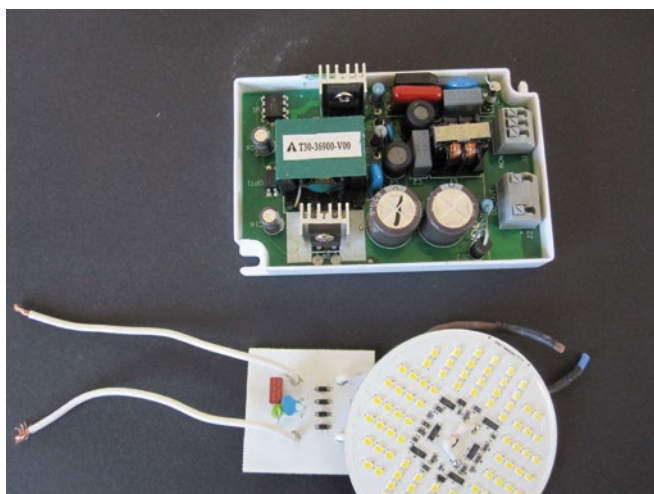


**Fig. 2 – Lo schema elettrico con IC EL01**

### Conversione vantaggiosa

Un ruolo chiave per la luce senza sfarfallio è svolto dalla persistenza della visione: si pensi per esempio ai vecchi film che a una velocità idonea di rappresentazione dei fotogrammi generano un'immagine senza sfarfallio. In ogni caso bisogna convenire che la nuova tecnologia IC non regge il confronto con un'osservazione della fonte luminosa da parte di una videocamera, in quanto qui è visibile un tremolio. Questo problema emerge già da tempo anche in altre lampade, per esempio nell'illuminazione stradale con lampade HQL che, in presenza di flackering, raggiungono la loro piena potenza solo lentamente, oppure le lampade fluorescenti. In linea di principio, il nuovo sistema





**Fig. 3 – Confronto di un alimentatore elettrico tradizionale con il riflettore che ha integrata l'elettronica di comando**

di comando è costituito da un sistema di controllo ad attivazione di fase con raddrizzamento, che genera un impulso rettangolare rettificato a partire da una curva sinusoidale. I vantaggi sono numerosi:

- i costi della nuova soluzione sono molto bassi e ammontano a meno di 5€;
- il circuito non contiene condensatori elettrolitici, elementi induttivi, bobine, bobine di arresto;
- una correzione del fattore di potenza non è necessaria in quanto il PFC (Power Factor Correction) è  $\geq 0,98$ ;
- il fattore di potenza è pari a  $>85\%$ ; il valore di THD (Total Harmonic Distortion) è  $<16$ ;
- il consumo proprio dell'alimentazione di corrente, che può ammontare fino al 20% della potenza assorbita, decade;



**Fig. 4 – Una volta smontata, la lampada Retrofit aperta permette di visionare il circuito elettrico LED sviluppato**

- il circuito elettrico è dimmerabile;
- negli IC è integrato un NTC (Negative Temperature Coefficient) che evita il verificarsi di surriscaldamenti dell'integrato;
- la potenza erogata dall'integrato può essere adeguata ai requisiti del circuito elettrico totale mediante resistenze esterne;
- all'accensione non si genera una corrente elevata con conseguenti picchi di tensione potenzialmente dannosi;
- è possibile sfruttare i vantaggi dei LED, per es. la piena erogazione di potenza all'accensione;
- la temperatura di funzionamento è compresa tra  $-40$  a circa  $85$  °C;
- l'integrato garantisce stabilità di giunzione stabile, anche in caso di sovratensioni e sovratemperature.



**Fig. 5 – Le lampade Retrofit dotate di elettronica senza driver sono già disponibili nelle versioni E27, E14 e GU10**

I nuovi IC in corrente alternata sono già inclusi in numerosi prodotti finiti tra cui tubi LED fino a 1,5m, riflettori a LED, lampade Retrofit e spot LED. Il fiore all'occhiello è rappresentato da lampade LED High Bay da 1200W. Completano la gamma di prodotti esposti moduli per il montaggio in unità di illuminazione in cui su circuiti stampati con diodi luminosi sul bordo è stato possibile realizzare senza problemi il nuovo circuito elettrico mediante un'unità di soppressione dei disturbi collegata a monte. Anche a una frequenza di 30 GHz essi si garantiscono prestazioni superiori a quelle specificate dalle normative. I pannelli luminosi con circuito elettrico integrato sono disponibili in svariate forme nonché secondo le specifiche del cliente (per es. libera scelta dei diodi luminosi).

## Nasce la prossima generazione di LED bianchi

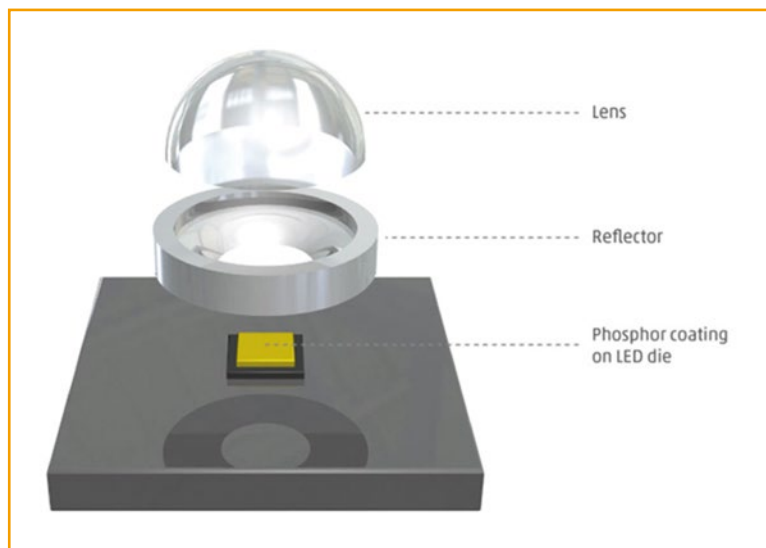
I recenti progressi nella tecnologia del processo in nitruro di gallio su silicio stanno portando all'introduzione di nuove famiglie di LED bianchi che supportano applicazioni per interno e per esterno a un prezzo più competitivo rispetto al passato

**Matthias Diephaus**

Senior manager - responsabile semiconduttori ottici

[Toshiba Electronics Europe](#)

I propositi di risparmio energetico, riduzione dei costi di manutenzione e miglioramento delle prestazioni – per non parlare delle legislazioni a favore dell'ambiente in ambito internazionale – rappresentano i fattori chiave che guidano la crescente richiesta di sistemi di illuminazione a LED, i quali, secondo [Lux Research](#), raggiungeranno un giro d'affari di 80 miliardi di dollari nel 2020. Gli impieghi più comuni, come la sostituzione con i LED delle lampadine tradizionali, così come le illuminazioni da interno e da esterno, richiedono tipicamente LED bianchi in tonalità di colore che variano dal bianco caldo per ambienti residenziali, al bianco freddo per utilizzi più funzionali, quali le lampade a plafone per applicazioni industriali da interno e l'illuminazione stradale. I LED bianchi sono inoltre richiesti sia nell'industria automobilistica, ad esempio per i fari e per le luci di posizione accese anche durante il giorno, sia, ad esempio, nella retroilluminazione dei monitor, per apparecchi che vanno dai dispositivi mobili ai televisori a grande schermo. Il costo rappresenta un fattore critico in grado di determinare o meno l'adozione dell'illuminazione a LED, soprattutto nel caso di applicazioni residenziali e altri settori destinati a soddisfare le esigenze dei consumatori. Lampade e apparecchi di illuminazione adatti a sostituire quelli in uso, con un costo competitivo rispetto alle tecnologie alternative (come, ad esempio, le lampade a incandescenza o a fluorescenza) possono costituire una proposta commerciale convincente, in grado di offrire un rapido ritorno dell'investimento. Allo stesso modo, si può perseguire una riduzione dei costi a vari



**Fig. 1 – Il rivestimento in fosforo determina le caratteristiche della luce bianca emessa. In fase di chiusura del contenitore (packaging) vengono quindi applicate una lente trasparente oppure una capsula in resina epossidica**

livelli, che comprendono aspetti legati alla catena degli approvvigionamenti e all'imballaggio, così come fattori tecnici quali l'elettronica di controllo e gli stessi LED. In quest'ultimo caso, è possibile ottenere un risparmio grazie a una combinazione di materiali e processi a minor costo, aumentando, allo stesso tempo, il flusso luminoso generato proprio grazie ai LED e migliorando, così, l'efficienza luminosa misurata in lumen per Watt.

### La fabbricazione dei LED

I LED bianchi vengono generalmente prodotti tramite la crescita epitassiale di nitruro di gallio (GaN) su di un substrato che deve avere caratteristiche quali: elevata

durezza, alto punto di fusione e grande resistenza alla rottura e all'erosione per poter sopportare i processi di fabbricazione degli stessi LED. I chip LED ancora grezzi emettono una luce a lunghezze d'onda che ricadono prevalentemente nello spettro blu e che vengono convertite applicando sul chip uno strato di fosforo appositamente studiato e realizzato per emettere luce bianca alla temperatura di colore desiderata. Quest'ultima può ricadere nell'intervallo fra 4000 °K e 6000 °K per i LED a luce bianca fredda, impiegati nell'industria o per l'illuminazione stradale, oppure nell'intervallo compreso fra 2700 °K e 3500 °K per il bianco caldo tipicamente usato nell'illuminazione di ambienti residenziali.

In base poi alla tecnologia di confezionamento (package), il sottile strato (die) ricoperto di fosforo può essere fissato ad un substrato termicamente efficiente e ad una struttura metallica conduttrice (leadframe) che fornisce le connessioni di anodo e catodo; infine, vengono applicati un riflettore ed una lente otticamente trasparente in policarbonato. In alternativa, il die può essere fissato all'interno della cavità del riflettore di un contenitore (package) plastico con piedini a forma di "J" (tipo "PLCC": Plastic Leaded Chip Carrier) e incapsulato con resina epossidica o silicone.

Una sottile fetta (wafer) di zaffiro è stata storicamente scelta quale substrato per la fabbricazione dei die per i LED. La produzione di LED costituiti da GaN su zaffiro richiedeva tipicamente wafer con diametri di 2 o 4 pollici. Più recentemente, invece, il superamento di alcuni ostacoli tecnici ha consentito di produrre wafer di zaffiro con diametri che arrivano a 6 pollici, mantenendo una qualità sufficiente a garantire un'adeguata resa di dispositivi LED. Maggiore è la dimensione del wafer, infatti, più alto è il numero ottenibile di die per wafer, portando così a economie di scala; più efficiente risulta, inoltre, lo sfruttamento dell'area del wafer medesimo, con una conseguente riduzione degli effetti di perdita ai bordi e di spazio inutilizzato fra i singoli die. Tuttavia, altri fattori, come il costo delle nuove apparecchiature per processi quali l'attacco corrosivo (etching) e il test dei wafer da 6 pollici, possono impedire ai produttori di ottenere rapide riduzioni dei costi.

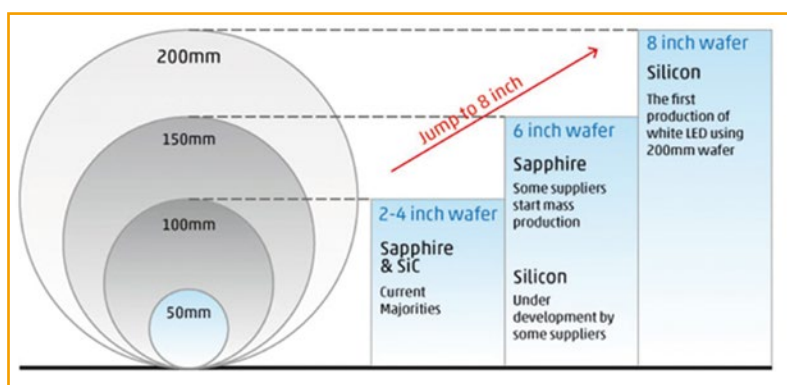
#### Tecnologie del substrato per abbattere i costi

Sono state sviluppate parecchie tecnologie alternative per il substrato, allo scopo di migliorarne le diverse caratteristiche. Ad esempio, il GaN-su-GaN e il GaN-su-carburo di silicio (GaN-su-SiC) presentano una disuniformità nulla, o comunque molto bassa, fra il materiale dello stesso substrato e la struttura attiva del LED, proprietà, questa, che ne accresce l'efficienza. L'impiego di wafer di silicio puro, d'altra parte, può generare risparmi

significativi, non solamente per il fatto che il silicio costa solamente un ottavo del substrato in zaffiro (secondo le cifre riportate da Lux Research), ma anche perché i produttori avrebbero la possibilità di utilizzare apparecchi e processi di fabbricazione dei semiconduttori ormai ben consolidati per wafer che arrivano a un diametro di 8 pollici (200 mm). Wafer di silicio da 8 pollici, infatti, sono già disponibili e, allo stesso modo, sono già ben definite anche le relative tecnologie di processo, ormai collaudate ed economicamente vantaggiose.

La figura 2 sintetizza l'attuale situazione della produzione di LED in GaN su wafer di zaffiro e di silicio nelle diverse dimensioni.

Le principali società di ricerca hanno pubblicato diverse previsioni che preannunciavano i probabili effetti del-



**Fig. 2 – Dimensioni maggiori del wafer consentono un minor costo per die, ma risultano più difficili da produrre in zaffiro**

la tecnologia GaN su silicio per realizzare i LED. Nel dicembre del 2013, ad esempio, [IMS Research](#) riscontrò che, per i wafer di GaN su Silicio, il mercato sarebbe aumentato a un tasso di crescita annuale composto (CAGR) del 69% per arrivare a conquistare una quota di penetrazione superiore al 40% entro il 2020. IMS confrontò la difficoltà nel produrre grandi lingotti di zaffiro con l'abbondante disponibilità di wafer di silicio a basso costo con diametro da 200 mm o anche superiore; nella suddetta ricerca, IMS menzionò, inoltre, la possibilità di impiegare apparecchiature e processi che erano già in grado di trattare wafer di silicio da 200 e più millimetri, come importanti fattori che avrebbero spinto la crescita della quota di mercato del GaN su Silicio.

#### Piani di sviluppo del GaN su Silicio

Toshiba ha lavorato con [Bridgelux](#), ditta specializzata nella tecnologia dell'illuminazione, per implementare un apposito processo adatto a fabbricare LED in GaN su wafer di silicio da 200 mm, che combinasse l'avanzato processo di lavorazione del silicio messo a punto da To-



shiba e le capacità produttive garantite dalle tecnologie di Bridgelux per la crescita dei cristalli e la realizzazione dei dispositivi LED. Dopo aver dimostrato con successo di poter ottenere wafer di GaN su silicio per LED di elevate prestazioni, Toshiba iniziò, nel 2012, la produzione in serie della propria famiglia LEATERASTM di LED bianchi basati proprio sul processo suddetto.

La prima generazione fu la serie TL1F1; introdotta a dicembre 2012 nel formato 6450 da 6,4 mm x 5,0 mm, essa era caratterizzata da un'efficienza che arrivava a 110 lumen per Watt [lm/W] ed emetteva un flusso luminoso di intensità compresa fra 85 e 112 lumen, con una temperatura di colore correlata (CCT: Correlated Colour Temperature) che variava nell'intervallo da 5000 °K a 3000 °K. Con questo livello di prestazioni, la serie TL1F1 è stata impiegata con successo in applicazioni quali lampade, illuminazioni a soffitto, illuminazioni stradali e fari.

### La nuova generazione

La seconda generazione è costituita dalla serie TL1F2 (Fig. 4), di cui è stata avviata la produzione in serie nel novembre del 2013: essa presenta un'efficienza superiore rispetto al passato, in grado di raggiungere un valore tipico di 135 lm/W. I miglioramenti alla base di tali prestazioni sono stati raggiunti grazie alla combinazione di



**Fig. 3 - La prossima generazione di LED bianchi in GaN su Silicio**

due fattori: l'ottimizzazione del contenitore in cui il LED viene incapsulato (packaging) e l'incremento della potenza ottica in uscita dal chip LED. Il flusso luminoso che viene tipicamente emesso dai LED da 1W della famiglia TL1F2 appartiene all'intervallo compreso fra 104 e 135 lumen, a seconda della temperatura di colore e dell'indice di resa cromatica (CRI: Colour Rendering Index). La serie offre una gamma di temperatura di colore correlata che parte da 2700 °K e arriva a 6500 °K, con valori minimi dell'indice di resa cromatica rispettivamente di 80 e 70.

I LED della serie TL1F2 possono essere alimentati da una corrente diretta tipica di 350 mA e sopportano generalmente una tensione diretta (VF) limitata, di soli 2,85V, aiutando in questo modo i progettisti a ridurre il consumo di potenza del sistema. I dispositivi vengono forniti in un contenitore standard nel formato 6450, che misura 6,4 mm x 5,0 mm per 1,35 mm di spessore e sono caratterizzati da un ampio intervallo di temperatura operativa, che si estende da -40 °C a 100 °C, consentendone l'impiego in applicazioni sia da interno sia da esterno.

La figura 4 elenca i dispositivi che sono già disponibili o che lo diventeranno con il rilascio della tecnologia di seconda generazione.

### Il futuro del GaN su Silicio

La commercializzazione dei LED in GaN su silicio ha avuto successo e ha aperto così le porte ad ulteriori progressi per il futuro. I processi e le attrezzature per trattare wafer di dimensioni maggiori di 200 mm sono già definite e validate, fornendo quindi nuove opportunità per ulteriori riduzioni di costi, mentre dispositivi aggiuntivi, quali circuiti integrati di controllo e di pilotaggio dei LED, possono essere accorpati all'interno del medesimo contenitore per migliorare le prestazioni e l'affidabilità del sistema nel suo complesso.

Part number	Package	CCT	Luminous flux (typ.)	CRI	V <sub>f</sub> (typ.)
TL1F2-DW0	6.4mm x 5.0mm	6500K	135lm @ 350mA	70	2.85V
TL1F2-NW0		5000K	135lm @ 350mA	70	2.85V
TL1F2-NW1		5000K	128lm @ 350mA	80	2.85V
TL1F2-WH1		4000K	120lm @ 350mA	80	2.85V
TL1F2-LW1		3000K	111lm @ 350mA	80	2.85V
TL1F2-LL1		2700K	104lm @ 350mA	80	2.85V
TL2FL-DW1	3.0mm x 1.4mm	6500K	22.9lm @ 65mA	80	2.82V
TL2FL-NW0		5000K	25.4lm @ 65mA	70	2.82V
TL2FL-NW1		5000K	22.9lm @ 65mA	80	2.82V
TL2FL-WH1		4000K	20.9lm @ 65mA	80	2.82V
TL2FL-LW1		3000K	20.4lm @ 65mA	80	2.82V
TL2FL-LL1		2700K	19.6lm @ 65mA	80	2.82V
TL1L2-DW0	3.5mm x 3.5mm	6500K	135lm @ 350mA	70	2.85V
TL1L2-NW0		5000K	135lm @ 350mA	70	2.85V
TL1L2-NW1		5000K	128lm @ 350mA	80	2.85V
TL1L2-WH1		4000K	120lm @ 350mA	80	2.85V
TL1L2-LW1		3000K	111lm @ 350mA	80	2.85V
TL1L2-LL1		2700K	104lm @ 350mA	80	2.85V
TL3GB-DW1	3.0mm x 3.0mm	6500K	68.4lm @ 100mA	80	5.7V
TL3GB-NW0		5000K	74.1lm @ 100mA	70	5.7V
TL3GB-NW1		5000K	68.4lm @ 100mA	80	5.7V
TL3GB-WH1		4000K	66.7lm @ 100mA	80	5.7V
TL3GB-LW1		3000K	61.6lm @ 100mA	80	5.7V
TL3GB-LL1		2700K	58.8lm @ 100mA	80	5.7V

**Fig. 4 - La seconda generazione di LED bianchi GaN su Silicio prodotti da Toshiba (tutte le condizioni di test sono da intendersi alla corrente specificata e a 25 °C)**

# LED blu e fosfori gialli per una luminosità ottima

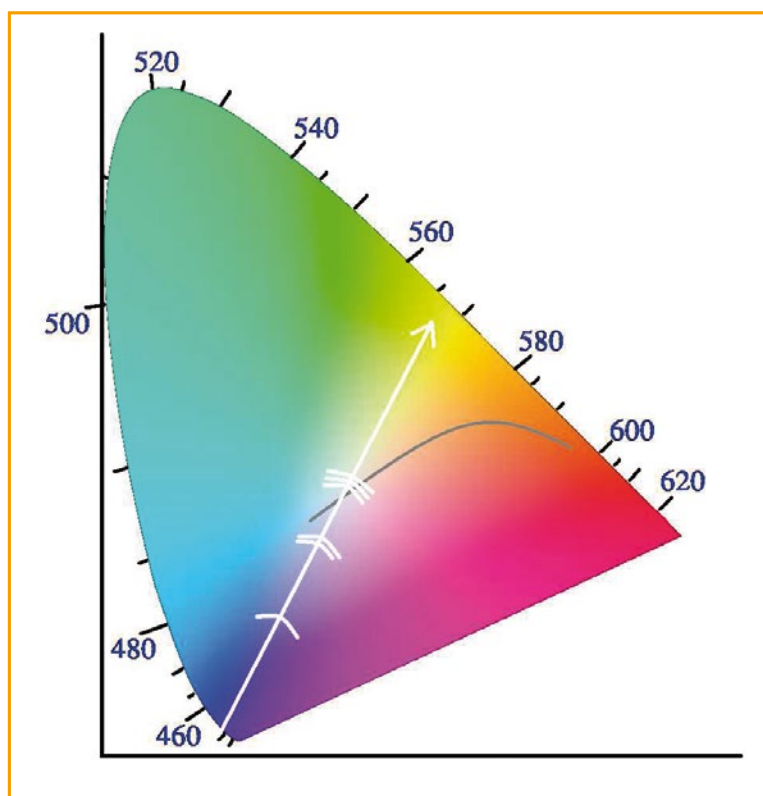
La tecnologia Nichia consente di realizzare LED bianchi a elevata luminosità e con la possibilità di calibrare la temperatura del colore in modo tale che si possa percepire un'illuminazione di elevata qualità

**Lucio Pellizzari**

Il funzionamento dei LED si spiega con una corrente elettrica che attraversa un diodo, nel quale si trova una giunzione di semiconduttori capace di far riunire, di tanto in tanto, alcune coppie elettrone-lacuna producendo in uscita dei fotoni. Le caratteristiche di questi fotoni sono di conseguenza legate alla tipologia degli atomi che ospitano la ricombinazione e perciò si possono ottenere fotoni di lunghezza d'onda molto diversa proprio perché funzione dell'energia presente nella coppia rigenerata. In pratica, il colore prodotto è funzione dell'energia di legame fra l'ultimo livello di valenza nell'atomo e l'elettrone che arriva a ricongiungersi. Per esempio, l'arseniuro di gallio-alluminio (AlGaAs) genera il rosso, mentre il nitruro di gallio-indio (InGaN) genera il verde e, invece, il seleniuro di zinco (ZnSe) produce il blu con il risultato di unire i tre colori fondamentali e far uscire il bianco: purtroppo in questo modo la luminosità è limitata.

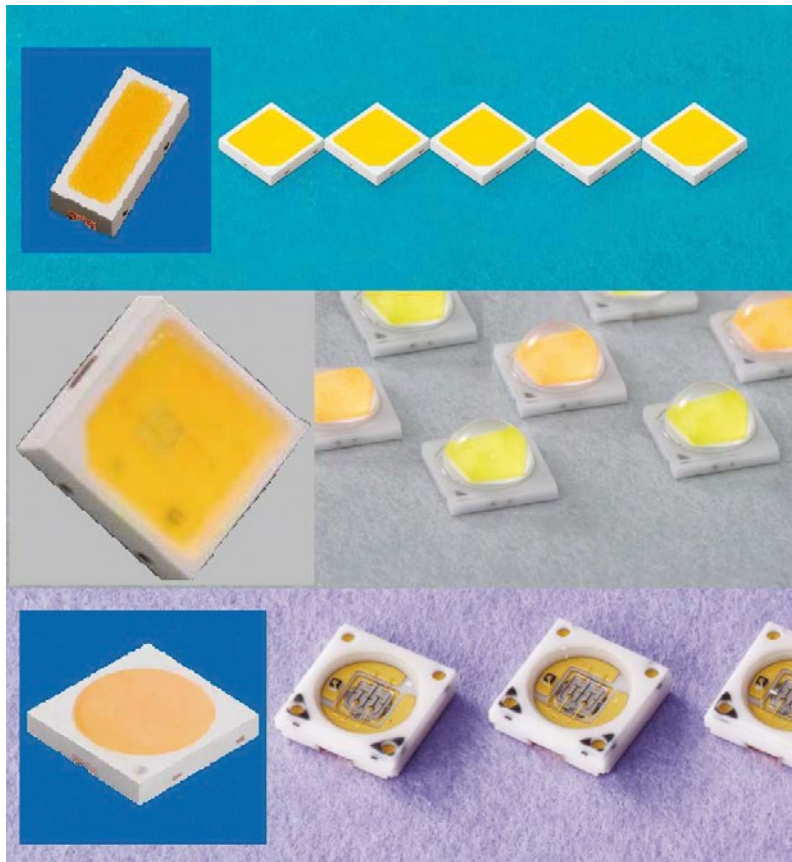
## La svolta

In effetti, l'industria dei LED non ha mai approfondito abbastanza l'eterna questione di come si faccia a ottenere un bianco intenso e piacevole. Dopo studi prolungati sui semiconduttori dei gruppi III/IV nel 1993 Shuji Nakamura riuscì a definire un processo di fabbricazione in nitruro di gallio (GaN) particolarmente adatto per ottenere LED blu molto efficienti con una temperatura di colore molto simile a quella del bianco. Invero, era il passo tecnologico più difficile da



**Fig. 1 - La tecnica concepita da Nakamura permette di fabbricare LED blu con InGaN di elevata potenza e poi coprirli con alcuni strati di fosfori gialli di Ce<sup>3+</sup>:YAG in modo tale da generare una luce bianca con temperatura di colore ottimale**

fare perché fino a quel punto l'alta luminosità era ottenibile solo in rosso e giallo e ciò ostacolava l'ingegnerizzazione dei LED bianchi con elevata potenza ottica. La svolta è avvenuta innanzi tutto grazie alla scelta del nitruro di gallio-indio e contemporaneamente con il perfezionamento di un processo di Metal Organic Che-



**Fig. 2 - Nichia produce un'ampia gamma di HB LED che uniscono all'elevata luminosità un'ottima resa del colore e una versatilità applicativa che ne consente moltissimi utilizzi**

mical Vapor Deposition, MOCVD, ottenuto con l'introduzione di una tecnica battezzata Two Flow o "a doppio flusso" che consente e semplifica la crescita dell'InGaN. Sono queste due innovazioni che hanno permesso a Nakamura di migliorare l'efficienza dei LED contenendo i costi a un livello competitivo. Oggi è diventato professore emerito nella sede di Santa Barbara dell'[Università della California \(UCSB\)](#), ma Nakamura fece tutto ciò quando si trovava nei laboratori della società nipponica [Nichia](#) che ha la sede proprio nella sua città natale di Tokushima e che oggi è leader nella produzione di prodotti LED.

L'ottenimento di un blu ad alta luminosità ha aperto la via alla sperimentazione dei LED bianchi HB, o high-brightness, fabbricabili con eterogiunzioni p-n di InGaN amalgamate da uno o più strati di fosfori gialli realizzati in Ce<sup>3+</sup>:YAG (granato di ittrio-alluminio drogato con cerio).

In questo modo, infatti, alcuni dei fotoni blu generati dalla giunzione possono trovarsi casualmente in risonanza

con i fosfori gialli e riuscire pertanto a eccitarli abbastanza per produrre un po' di fotoni gialli che si uniscono a quelli blu producendo in uscita una luce bianca di elevata luminosità e con una temperatura di colore particolarmente naturale, molto piacevole alla vista.

Sviluppando questa tecnologia si è visto che con strati multipli di fosfori si è potuto migliorare ulteriormente la qualità del colore ottenibile ed è quindi proprio grazie al lavoro di Nakamura che sono nati i nuovi HB LED bianchi capaci di focalizzare l'emissione per generare una luminosità persino superiore a quella solare.

### **Bianco caldo o bianco freddo?**

D'altro canto, sul gradimento dei colori da parte degli osservatori c'è ancora molto da approfondire. L'indice di resa cromatica (IRC) o Color Rendering Index (CRI) ci dice quanto "normali" appaiono i colori degli oggetti illuminati con una sorgente luminosa diversa da quella naturale ossia quanto i colori ottenibili con quella sorgente luminosa siano simili a quelli visibili alla luce del sole. Precisamente, la temperatura di colore (descritta in gradi Kelvin) serve per quantificare la tonalità della luce ed è da riferirsi al corpo nero perché è proprio in funzione della sua temperatura che un corpo nero emette uno spettro luminoso in base alla legge di Wien.

Ciò significa che tutti gli oggetti in natura seguono la stessa legge per offrire a chi li osserva uno spettro luminoso proporzionale alla loro temperatura oltre che alle caratteristiche superficiali in termini di materiali e geometria.

Per esempio, una temperatura di 2000K corrisponde all'arancione mentre a 3000K si ha il giallo, a 5500K il bianco e solo ad almeno 12000K l'azzurro con il blu che può arrivare a oltre 15000K.

Quest'ampia gamma termica spiega, innanzi tutto, perché è stato particolarmente difficile ottenere i LED con un blu potente a costi competitivi e, in secondo luogo, evidenzia la differenza fra le diverse lampade bianche in riferimento agli oltre 10000K della luce solare dato che le candele hanno circa 1000K, le lampade a incandescenza circa 3000K al pari delle lampade alogene, le lampade a fluorescenza da circa 3000K fino a circa 8000K a seconda del materiale attivo risonante e similmente anche per i LED c'è uno spettro luminoso particolarmente ampio a seconda dei semiconduttori utilizzati nella giunzione attiva. Infine, spiega anche perché si considera il bianco caldo se la sua temperatura di colore è inferiore a circa



3000K e freddo se è superiore a circa 5000K.

Per un costruttore di LED, tuttavia, il valore aggiunto consiste proprio nell'ottenere a costi competitivi un'ampia gamma cromatica insieme a un'ottimale temperatura di colore e ciò si è verificato proprio grazie alla tecnologia sviluppata da Nichia.

D'altra parte, per ottenere un buon livello di CRI è necessario anche che i fosfori di Ce<sup>3+</sup>:YAG siano in equilibrio con la densità dei fotoni blu generati dall'eterogiunzione di InGaN e perciò occorre che si ottenga un punto sul diagramma di cromaticità della CIE (International Commission on Illumination) più centrale possibile ossia contenente in parti uguali le componenti di tutti i colori rappresentati dal contorno della figura. Nello spazio dei colori, in pratica, usando un diodo di InGaN si ottiene il colore blu che si trova in basso a sinistra e poi aggiungendo uno strato alla volta i fosfori gialli di NYAG4454 si sposta il punto in obliquo verso l'alto e verso destra fino ad arrivare sufficientemente al centro per ottenere un bel bianco.

L'eventualità di restare un po' troppo a destra (verso il rosso) oppure un po' troppo a sinistra (verso l'azzurro) permane sempre, ma con la tecnica sviluppata da Nichia si può calibrare e fare in modo di ottenere una luce bianca neutra oppure un po' più calda o un po' più fredda.

### Gli specialisti degli HB LED

Nichia produce HB LED ad alta luminosità con InGaN per illuminazione generale a elevata resa del colore e lunga durata e fabbrica anche svariate tipologie di diodi per illuminazione speciale con diversi colori e differenti caratteristiche geometriche, nonché LED per retroilluminazione di schermi di qualsiasi dimensione, LED per illuminazione automotive e LED con emissione all'ultravioletto per scanner e litografia. Nel listino si trovano anche materiali per semiconduttori composti, materiali per batterie, materiali per evaporazione e rivestimenti, catalizzatori a base di metalli, fosfori e magneti. Fra le ultime novità introdotte c'è un nuovo tipo di diodo laser verde capace di emettere alla lunghezza d'onda di 525 nm ben 1W e cioè almeno dieci volte di più degli attuali diodi verdi in GaN. Questo diodo completa la gamma Nichia dei tre colori fondamentali con stesso livello di potenza di 1W, che perciò possono essere utilizzati per realizzare schermi televisivi a elevata luminosità. Nuovi sono i LED 757D a montaggio superficiale con dimensioni di 3,0x3,0x0,52 mm proposti in numerosi modelli con intensità luminosa che va da 6,0 a 47,2 candele, flusso luminoso da 17,3 a 138 lumen e temperatura di colore da 3500 a 5000K nell'intero range termico che vale per tutti da -40 a +100 °C.

## Moduli wireless per applicazioni M2M da QUECTEL!

C O D I C O<sup>®</sup>

- Moduli GSM/GPRS
- Moduli UMTS/HSDPA/HSPA+
- Moduli LTE
- Moduli GPS/GLONASS

Compatibilità socket tra moduli 2G/3G/4G, protocolli Internet integrati, bassi consumi, formato LCC, certificazioni globali.



Contatto: +39 0362 364358 | sergio.rossi@codico.com | www.codico.com  
+39 0438 943216 | leonardo.bazzaco@codico.com

QUECTEL  
Wireless Module Expert

## Collaudo dei LED ad alta potenza

Quando si esegue il test di LED ad alta potenza è necessario tener conto dei potenziali pericoli provocati dalla corrente di spunto

**David Wyban**  
Applications engineer  
[Keithley Instruments](#) - a Tektronix Company

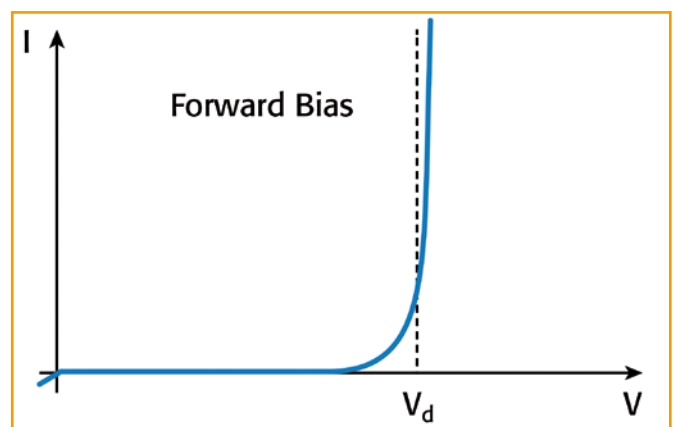
I progettisti che lavorano con i LED ad alta potenza spesso tendono a trascurare i rischi collegati alla corrente di spunto che può essere applicata in modo involontario durante il collaudo. Scopo del presente articolo è spiegare questo fenomeno, esaminare le ragioni per cui esso rappresenta un problema e suggerire le modalità per prevenirlo.

### Principi di base

Dapprima un breve ma utile ripasso su alcuni principi base. Un LED è un dispositivo a semiconduttore a due terminali. Il diodo si innesca (turn-on) in corrispondenza di un valore di tensione caratteristico ( $V_d$ ) nella regione di funzionamento a polarizzazione diretta quando una grandissima quantità di elettroni e lacune iniziano il processo di ricombinazione.

Durante questo processo, una delle proprietà che contraddistingue un LED è il rilascio di energia sotto forma di fotoni, fenomeno questo che dà origine all'illuminazione del LED. La caratteristica corrente-tensione (I-V) di un diodo nella regione di polarizzazione diretta è riportata in figura 1, dove  $V_d$  è la tensione di innesco (on-voltage) del diodo.

Sebbene i LED possano essere pilotati sia in tensione sia in corrente, di solito si utilizza il pilotaggio in corrente poiché la luminosità dei LED è proporzionale alla corrente di pilotaggio. Come si può notare dalla curva I-V di figura 1, una lieve variazione di tensione dà origine a variazioni di notevole entità della corrente, che provoca sensibili (e indesiderate) escursioni della luminosità dei LED. Senza dimenticare che temperatura e invec-



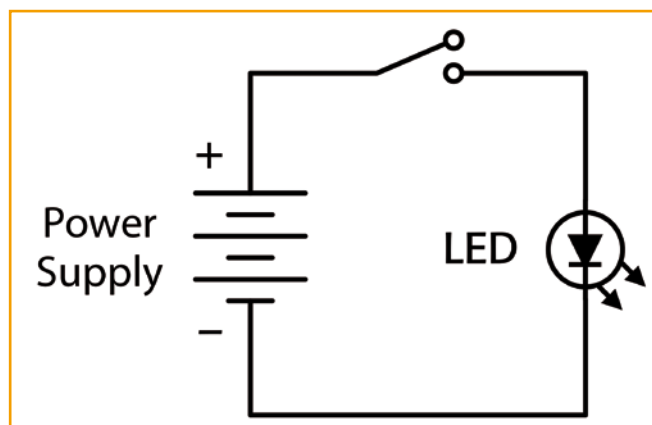
**Fig. 1** – Tipico andamento della curva I-V di un diodo

chiamento possono provocare fenomeno di deriva di  $V_d$  con il trascorrere del tempo. La ridotta escursione della tensione causerà, a sua volta, variazioni di corrente indesiderate.

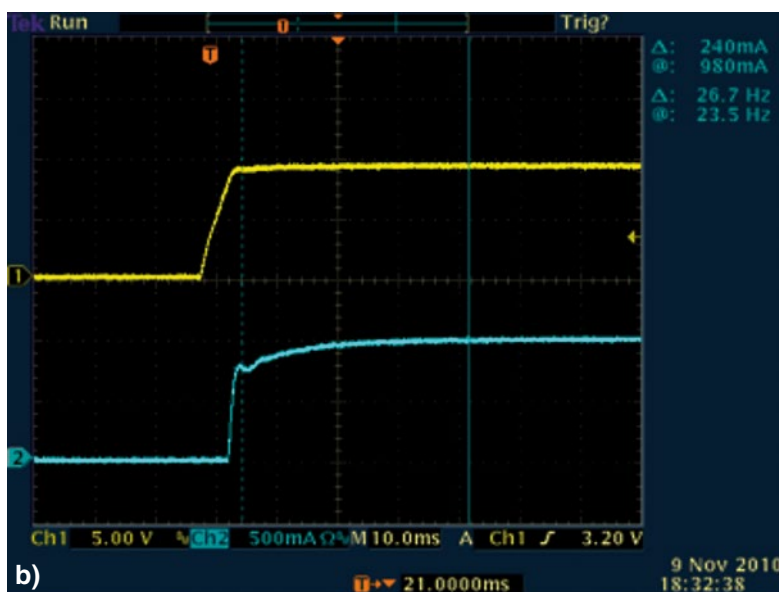
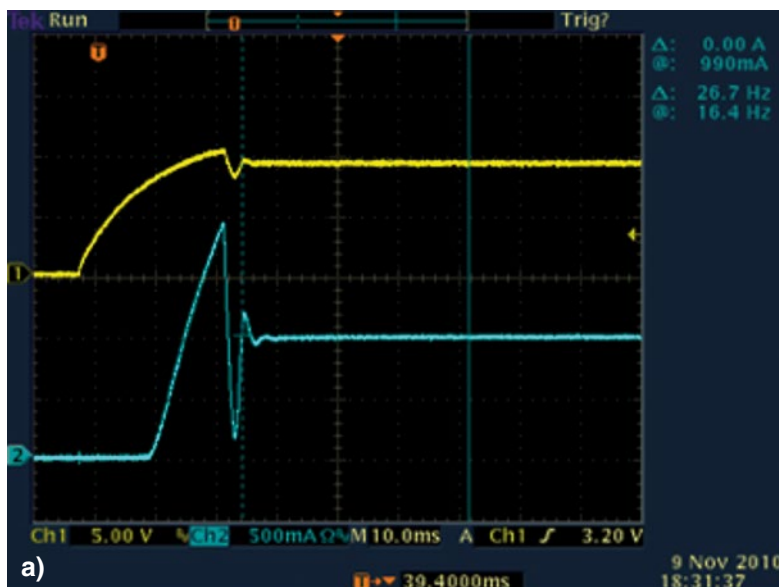
Oltre a ciò, se il LED è pilotato con una corrente eccessiva, può verificarsi un danno irreversibile che si ripercuote negativamente sulla vita utile del dispositivo. Di conseguenza è indispensabile regolare con precisione il livello della corrente di pilotaggio nei LED.

La corrente di spunto (inrush current) è un fenomeno comune che tende a sollecitare in maniera eccessiva il LED. Quest'ultimo può essere schematizzato sotto forma di una rete R-C parallela: il dispositivo si trasforma quindi immediatamente in un corto circuito nel momento in cui viene applicata una tensione ai capi dei suoi terminali. Questo corto circuito istantaneo dà origine a una corrente di spunto, in pratica una corrente di avviamento di breve durata, caratterizzata da un'ampiezza molto maggiore rispetto a quella di funzionamento del LED nello stato stazionario. Per esempio, l'inserimento di un LED in un circuito alimentato (hot switching) potrebbe dar origine a correnti di spunto di un'ampiezza tali

da risultare dannose. Come si può vedere dalla figura 2, quando il commutatore è aperto la tensione sull'alimentatore è mantenuta al valore della tensione nominale del LED. Non appena il commutatore è chiuso, la carica immagazzinata sull'uscita dell'alimentatore e sui fili fluisce rapidamente nel LED fino al momento in cui l'alimentatore inizia la fase di regolazione. Il picco di corrente transitoria è rappresentato dalla linea blu visibile sullo schermo di un oscilloscopio (Fig. 3a). Quando si collaudano progetti che prevedono la presenza di LED, di solito si usa un alimentatore da banco per fornire la potenza richiesta al dispositivo in modo preciso mentre si eseguono le misure. Accade spesso che le impostazioni sono errate oppure l'alimentatore utilizzato non è completamente controllabile e ciò, in ultima analisi, può provocare la distruzione dei dispositivi. Per ovviare a questo problema, è possibile sfruttare una tendenza che si sta rapidamente affermando nella progettazione degli alimentatori. Il trend in questione prevede l'aggiunta di una modalità a corrente costante (CC - Constant Current) oltre alla tradizionale modalità a tensione costante (CV - Constant Voltage) programmabile. Quando un alimentatore opera in modalità CV (Fig. 3a), la tensione è regolata mentre la corrente può variare. A differenza degli alimentatori tradizionali, quelli delle più recenti generazioni possono essere fatti funzionare a corrente costante (modalità CC) indipendentemente dal valore del carico. Ciò dà origine al comportamento, sempre visualizzato sullo schermo di un oscilloscopio, riportato in figura 3b: quando l'alimentatore opera in modalità CC, la corrente è regolata e fornita al carico, mentre la tensione di uscita può variare.



**Fig. 2 - Schema semplificato del sistema di test**



**Fig. 3 - Forme d'onda della tensione di innesco di un LED (linea gialla) e della corrente (linea blue) quando è alimentato da un alimentatore che utilizza a) la modalità classica a tensione costante (CV) b) la modalità a corrente costante (CC)**

Questo modo di funzionamento elimina il ricorso a un circuito di controllo esterno e semplifica l'accensione graduale (soft start) del LED. L'alimentatore è in grado di mantenere sotto controllo la corrente di ingresso del LED finché quest'ultimo non raggiunge il valore della tensione di innesco. Una volta eliminata la possibilità che si generi una corrente di spunto transitoria, il LED è protetto dai danni derivati da quest'ultima.



### Driver per LED

Una delle novità di [Fairchild](#) per il segmento dei LED è costituito dal driver FL7733A. Si tratta di un dispositivo Single Stage Primary-Side-Regulated (PSR) Flyback che permette di avere una luminosità costante e l'accensione istantanea senza flickering del LED. Questo driver è realizzato in una gamma da 5 a 60W per applicazioni indoor e outdoor e permette ai progettisti di realizzare facilmente dispositivi che rispondono agli standard di distorsione armonica (THD inferiore al 10%) con le funzioni di protezione. La disponibilità di diverse versioni permette inoltre di favorire la scalabilità dei progetti.

### LED driver per l'automotive

[ON Semiconductor](#) ha ampliato la sua offerta con due nuovi driver per LED per veicoli.

Il primo è siglato NCV78763 ed è in grado di gestire due stringhe di LED fino a 60V con una corrente di 1,6A per ogni uscita. Tra le funzionalità integrate ci sono anche quelle di dimming tramite PWM.

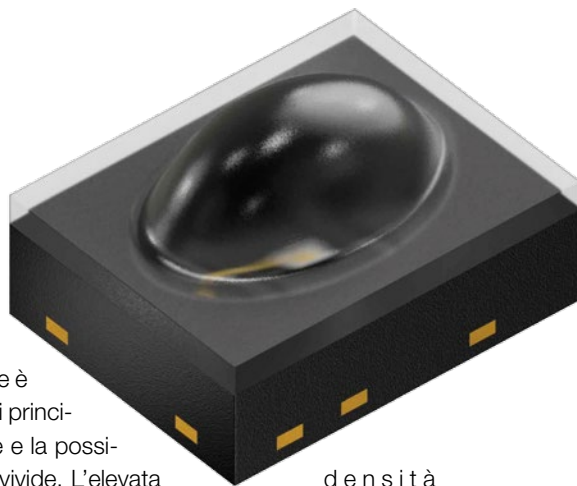
NCV7691, invece è un controller di corrente per LED destinato prevalentemente alla gestione RCL (rear combination lamps), CHMSL (center high-mounted stop lamps) e DRL (day-time running lights). Questo pre-driver integra, fra l'altro, un PWM e funzionalità di diagnostica in un singolo chip.

### LED bianchi

[Toshiba America Electronic Components](#) ha ampliato la sua famiglia di LED bianchi LE TERAS con la serie TL1L3. Si tratta di device molto compatti basati su chip GaN-on-Si con package 3535. Ottenuti da wafer di silicio da 200 mm, processo che ne riduce i costi rispetto a quelli ottenuti da substrati in zaffiro,

### LED per applicazioni outdoor

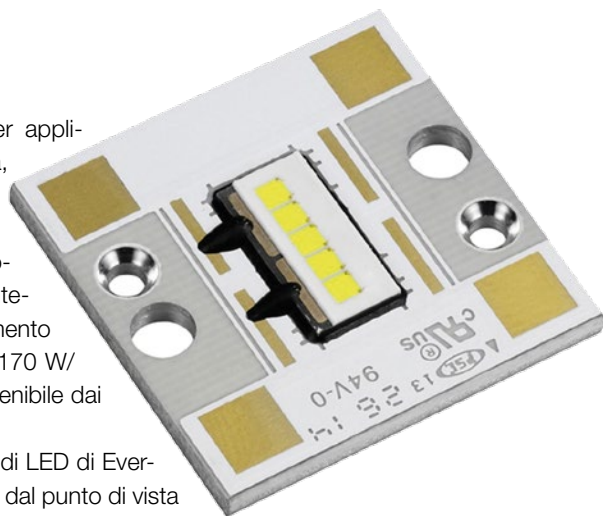
[Rutronik](#) ha presentato i LED SMT di OSRAM con diffusione ovale, per applicazioni come per esempio video wall di grandi dimensioni e segnaletica stradale. Si chiamano Displex Oval e misurano 2,1x2,7x1,5 mm, mentre l'angolo di illuminazione ottenibile è di 110° in orizzontale e di 60° in verticale. Tra i principali vantaggi ci sono l'omogeneità del colore e la possibilità di riprodurre immagini particolarmente vivide. L'elevata densità ottenibile permette inoltre di ridurre la luminosità dei pixel e quindi ogni LED assorbe meno corrente. I LED Displex Oval sono disponibili nei colori blu, giallo, rosso e verde.



### LED per automotive

Sono destinati al segmento automotive, per applicazioni di illuminazione interna ed esterna, i nuovi LED di [Everlight Electronics](#). I componenti per l'illuminazione esterna dei veicoli comprendono modelli ad alta potenza con soluzioni da uno a cinque chip per package. Interessante è la soluzione adottata per lo smaltimento del calore che assicura una trasmissione di 170 W/MK, superiore quindi a quella solitamente ottenibile dai substrati ceramici.

Per l'illuminazione interna, invece, la gamma di LED di Everlight Electronics è decisamente ampia, anche dal punto di vista dei formati disponibili, mentre per applicazioni particolari, come per esempio le luci di lettura, il produttore offre soluzioni specifiche.



### LED retrofit

RefLED Reflector è la nuova gamma di componenti di [Sylvania](#) progettati per sostituire le tradizionali lampadine a incandescenza tipo R50 e R63.

Tra le caratteristiche principali c'è una vita media di 30.000 ore e un elevato flusso luminoso e le nuove lampadine sono disponibili in due versioni: R50 6W 510Lm E14 (equivalente alla 42W) e R63 850lm 10W E27 (equivalente alla 63W). La temperatura colore è di 3000K, mentre l'efficienza luminosa è di 85 lm/W con un angolo di 110°. Per le possibili applicazioni, la gamma RefLED Reflector è utilizzabile in contesti residenziali, ricettivi, ricreativi e display dove sono necessari lunghi periodi di funzionamento e il risparmio energetico, ma anche la riduzione dei costi di manutenzione e sostituzione.



## Disponibili i primi DLP Pico

[Texas Instruments](#) ha annunciato la disponibilità dei primi campioni del chipset 0,47" TRP Full-HD 1080p per applicazioni video e visualizzazione di dati. Questo modello, che sarà disponibile dai primi mesi del 2015, è il più piccolo chipset di TI in grado di generare proiezioni Full-HD.

Fra le applicazioni principali ci sono i videoproiettori portatili (con alimentazione a batteria o da rete), TV senza schermo, pannelli di controllo, display interattivi e dispositivi indossabili come visori e caschi (near-eye display).

L'architettura DLP TRP proprietaria di TI e la suite di algoritmi adattivi DLP IntelliBright permette di offrire una luminosità fino al 100% rispetto alle precedenti architetture.



## Illuminazione urbana

[Cree](#) ha presentato il nuovo dispositivo a LED OSQ che offre risparmi energetici fino al 70% rispetto agli impianti a scarica (HID).

Questo corpo illuminante spesso millimetri è adatto a qualsiasi contesto urbano e per l'illuminazione di grandi aree.

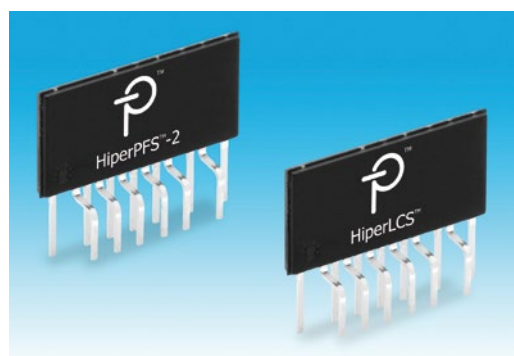
L'efficienza è superiore a 100 lumen-per-watt e si può scegliere fra un'ampia gamma di distribuzioni luminose e temperature di colore.

Tra i principali settori di applicazione c'è l'illuminazione di parcheggi, di strade cittadine, di aree urbane, di grandi complessi commerciali e aree industriali. Cree OSQ è coperto da una garanzia di 10 anni.



## Progetto di riferimento per illuminazione a LED

[Power Integrations](#) ha annunciato un nuovo progetto di riferimento per impianti di illuminazione a LED ad alta potenza – stradali, a grande altezza e per altre applicazioni ancora. Il nuovo progetto, [RDR-382](#), descrive un alimentatore di riferimento da 150W e 43V (nominali) a corrente costante per apparecchi di illuminazione a stato solido da 90-265V CA, che utilizza circuiti integrati per il controller PFC [HiperPFS-2](#) e circuiti integrati per lo stadio di potenza LLC incorporato [HiperLCS](#), entrambi sviluppati da Power Integrations.



[RDR-382](#) è utilizzabile per il pilotaggio di una o più serie di LED e consente di attuare la dimmerazione analogica con un ingresso di 0-10 V CC. Il progetto di riferimento può essere scaricato da: <http://led-driver.power.com/sites/default/files/PDFFiles/rdr382.pdf>

questi LED da 1 W possono essere usati per luci di sicurezza, illuminazione stradale, lampadine a LED e altre applicazioni grazie alla luminosità tipica di 145 lumen. Per quanto riguarda la temperatura colore la serie TL1L3 va da 2700 K a 6500 K, mentre il color rendering index (Ra) minimo arriva a 80.

## LED SMD Ultra Flat

I LED SMD Ultra Flat di [Kingbright](#), distribuiti da TTI, permettono di ridurre gli ingombri senza sacrificare la luminosità.

Kingbright ha realizzato tre nuove serie di LED, siglate rispettivamente KPG-1005, KPG-1608 e KPGA-1602, i cui componenti sono particolarmente compatti, ma caratterizzati da una elevata luminosità. I settori di applicazione per questi LED sono numerosi e comprendono, fra l'altro, la retroilluminazione e gli indicatori in device come keypad, tastiere, schermi LCD, telefono cellulari e giocattoli. I LED si differenziano in base alle dimensioni e al colore che può essere verde, blu oppure rosso (Hyper Red).

## Driver per LED triac dimmable

AP1695 di [Diodes](#) permette di semplificare la realizzazione di lampade a LED regolabili tramite triac per applicazioni retrofit. Permette infatti di regolare il dimming dall'1% al 100% riducendo il numero di componenti necessari. La curva di dimming risponde alle specifiche NEMA SSL6 e il driver soddisfa i requisiti dell' standard IEC6100-3-2 sulle armoniche.

In termini di architettura, AP1695 è un driver a singolo stadio che integra in MOSFET a 500V e può regolare la corrente di uscita fino a 230 mA, grazie alla tecnologia PFM, conservando un PF maggiore di 0,9.

## INFORMATIVA AI SENSI DEL CODICE IN MATERIA DI PROTEZIONE DEI DATI PERSONALI

### Informativa art. 13, d. lgs 196/2003

I dati degli abbonati sono trattati, manualmente ed elettronicamente, da Fiera Milano Media SpA – titolare del trattamento – Piazzale Carlo Magno, 1 Milano - per l'invio della rivista richiesta in abbonamento, attività amministrative ed altre operazioni a ciò strumentali, e per ottemperare a norme di legge o regolamento. Inoltre, solo se è stato espresso il proprio consenso all'atto della sottoscrizione dell'abbonamento, Fiera Milano Media SpA potrà utilizzare i dati per finalità di marketing, attività promozionali, offerte commerciali, analisi statistiche e ricerche di mercato. Alle medesime condizioni, i dati potranno, altresì, essere comunicati ad aziende terze (elenco disponibile a richiesta a Fiera Milano Media SpA) per loro autonomi utilizzi aventi le medesime finalità.

Le categorie di soggetti incaricati del trattamento dei dati per le finalità suddette sono gli addetti alla gestione amministrativa degli abbonamenti ed alle transazioni e pagamenti connessi, alla confezione e spedizione del materiale editoriale, al servizio di call center, ai servizi informativi. Ai sensi dell'art. 7, d. lgs 196/2003 si possono esercitare i relativi diritti, fra cui consultare, modificare, cancellare i dati od opporsi al loro utilizzo per fini di comunicazione commerciale interattiva rivolgendosi a Fiera Milano Media SpA – Servizio Abbonamenti – all'indirizzo sopra indicato. Presso il titolare è disponibile elenco completo ed aggiornato dei responsabili.

### Informativa resa ai sensi dell'art. 2, Codice Deontologico

#### Giornalisti

Ai sensi dell'art. 13, d. lgs 196/2003 e dell'art. 2 del Codice Deontologico dei Giornalisti, Fiera Milano Media SpA – titolare del trattamento - rende noto che presso i propri locali siti in Rho SS. del Sempione, 28, vengono conservati gli archivi di dati personali e di immagini fotografiche cui i giornalisti, praticanti e pubblicisti che collaborano con le testate edite dal predetto titolare attingono nello svolgimento della propria attività giornalistica per le finalità di informazione connesse allo svolgimento della stessa. I soggetti che possono conoscere i predetti dati sono esclusivamente i predetti professionisti, nonché gli addetti preposti alla stampa ed alla realizzazione editoriale delle testate. I dati personali presenti negli articoli editoriali e tratti dai predetti archivi sono diffusi al pubblico. Ai sensi dell'art. 7, d. lgs 196/2003 si possono esercitare i relativi diritti, fra cui consultare, modificare, cancellare i dati od opporsi al loro utilizzo, rivolgendosi al titolare al predetto indirizzo. Si ricorda che, ai sensi dell'art. 138, d. lgs 196/2003, non è esercitabile il diritto di conoscere l'origine dei dati personali ai sensi dell'art. 7, comma 2, lettera a), d. lgs 196/2003, in virtù delle norme sul segreto professionale, limitatamente alla fonte della notizia. Presso il titolare è disponibile l'elenco completo ed aggiornato dei responsabili.

# 442

# AGENDA

## MOSTRE E CONVEGNI

**9 - 13/03 - Grenoble (F)**

### **Date - Design Automation & Test in Europe**

[www.date-conference.com](http://www.date-conference.com)

**10/03 - Bologna (I)**

### **MC4 - Motion Control for**

Fiera Milano Media

Segreteria organizzativa:

[chiara.chiodaroli@fieramilanomediamedia.it](mailto:chiara.chiodaroli@fieramilanomediamedia.it)

[www.mc4.mostreconvegno.it/](http://www.mc4.mostreconvegno.it/)

**12/03 - Pero - (MI)**

### **NIDays 2015**

Forum Tecnologico sulla Progettazione Grafica di Sistemi

c/o ATA Hotel Expo Fiera Pero (MI)

[italy.ni.com/nidays](http://italy.ni.com/nidays)

**11 - 12/03 - Copenhagen (DK)**

### **Smart Systems Integration**

[www.mesago.de/en/SSI/home.htm](http://www.mesago.de/en/SSI/home.htm)

**16 - 20/03 - Hannover (D)**

### **CeBIT**

Deutsche Messe

[www.messe.de](http://www.messe.de)

**17 - 19/03 - Shanghai (PRC)**

### **Laser World of Photonics China**

Messe München

[info@messe-muenchen.de](mailto:info@messe-muenchen.de)

[www.world-of-photonics-china.com](http://www.world-of-photonics-china.com)

**24 - 26/03 - Stoccarda (D)**

### **EMV 2015**

International Exhibition with Workshops on

Electromagnetic Compatibility

[www.mesago.de/en/EMV/home.htm](http://www.mesago.de/en/EMV/home.htm)

**26 - 28/03 - Parma**

### **MecSpe – Tecnologie per l'innovazione**

Fiere di Parma

[info@fiereparma.it](mailto:info@fiereparma.it)

[www.fiereparma.it](http://www.fiereparma.it)

**07 - 10/04 - Lione (F)**

### **Industrie Lyon**

[industrie@gl-events.com](mailto:industrie@gl-events.com)

[www.industrie-expo.com/](http://www.industrie-expo.com/)

**13 - 17/04 - Hannover (D)**

### **Hannover Messe**

[www.hannovermesse.de/](http://www.hannovermesse.de/)

La redazione declina ogni responsabilità circa variazioni o imprecisioni



# Prototipazione, Produzione, Controllo e Manutenzione in un **unico fornitore?**

Conrad Business:  
**Più di 600.000 prodotti  
e 2.000 marchi in assortimento**

- ✓ Ampliamento delle gamme Componenti, Kit sviluppo Strumentazione e Utensileria
- ✓ Prestigiosi marchi come Würth Elektronik, Bourns, Microchip Technology, Texas Instruments, Freescale, Siemens e Wago.
- ✓ Innovazione e risparmio con VOLT CRAFT e TOOL CRAFT
- ✓ Certificazione EPA e logistica ESD
- ✓ I migliori servizi B2B: [business.conrad.it](http://business.conrad.it)

**VOLT CRAFT**

**WAGO**  
INNOVATIVE CONNECTIONS

**BOURNS**

**Weller**

**MICROCHIP**



**TOOL CRAFT**

**FLIR**

**WÜRTH**

**SIEMENS**

**KEYSIGHT TECHNOLOGIES**

**finder**

**freescale**

**TEXAS INSTRUMENTS**

**FLUKE**

**CONRAD**  
Business Supplies

mouser.it

Prodotti d'avanguardia per progetti innovativi™



*Più* prodotti nuovi  
*Più* tecnologie innovative  
*Aggiornamenti* giornalieri

Distribuzione di semiconduttori e componenti  
elettronici per ingegneri e progettisti



**MOUSER  
ELECTRONICS.**