

VERSO LA MEDICINA DI PRECISIONE

IN QUESTO NUMERO

III Mercati/Attualità

- ▶ Le prospettive dei dispositivi medicali
- ▶ Come gli IC stanno cambiando il medical imaging
- ▶ Il valore delle tecnologie per i device medicali

VIII Verso la medicina di precisione

XI Misure di sicurezza avanzate per i dispositivi medicali indossabili

XIV Soluzioni avanzate per Hmi medicali

XVI Come alimentare in modo efficace i dispositivi medicali indossabili

XIX Sensori di visione acustici

XXII Come realizzare un pulsossimetro

XXIV Nanoparticelle magnetiche per la medicina e la decontaminazione

XXII News

- ▶ Laird: sistemi di raffreddamento per laser medicali
- ▶ Kontron: workstation per applicazioni medicali e industriali
- ▶ Maxim Integrated: protezione per i sistemi di defibrillazione

DATA MODUL



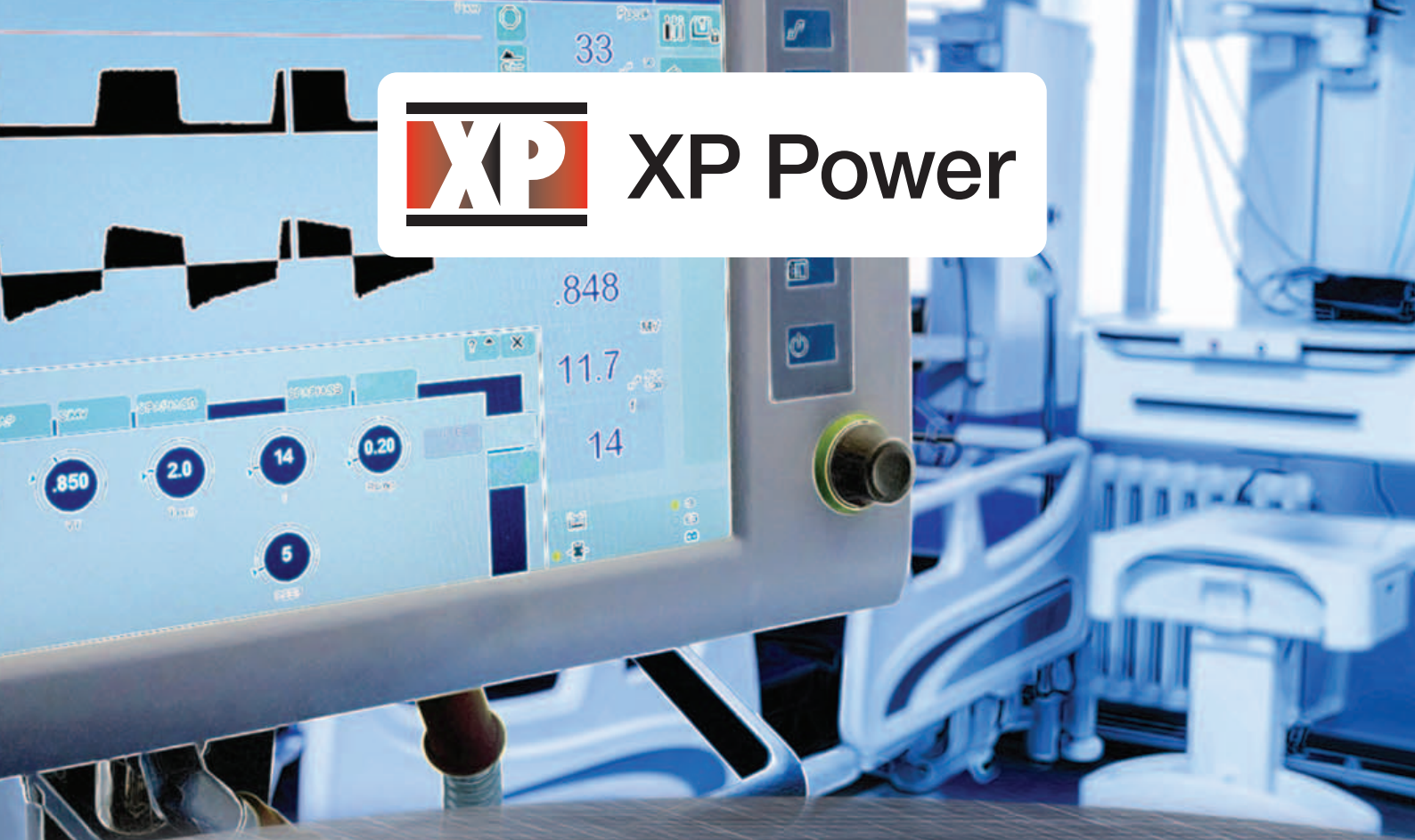
DATA MODUL presenta il monitor touch da 18.5" più sottile che mai



**CERTIFICATO
ISO 13485**



XP Power



ISM02 Series



IML02 Series

XP Power presenta i nuovi convertitori DC-DC
da 2 Watt in formato SIP e SMD
con certificazioni **Medicali**



Visita il **NUOVO SITO IN ITALIANO** per richiedere una copia del nostro Catalogo per vedere la nostra gamma completa di alimentatori.



Selector App
Available



XP Power
www.xppower.com/it

XP Power Srl
Via G.B. Piranesi, 25
20137 Milano

Tel : +39 02 70103517
Fax : +39 02 70005692
Email : itsales@xppower.com



Le prospettive dei dispositivi medicali

Paumanok Publications stima che il mercato delle tecnologie medicali a livello mondiale si sia attestato complessivamente nel 2016 sui 390 miliardi di dollari, suddivisi fra 160 miliardi di dollari per i dispositivi elettronici e 230 miliardi di dollari per i materiali. Se si prende in considerazione il periodo compreso fra il 2005 e il 2016, il tasso di crescita è stato mediamente di circa il 4% all'anno.

Questa crescita è stata favorita dalla combinazione di due fattori principali: l'invecchiamento della popolazione nei mercati dei Paesi occidentali e il supporto per i Paesi con economie emergenti come Brasile, Russia, India e Cina.

Per le stime sulla crescita del mercato dei dispositivi medicali nei prossimi anni, invece, i valori indicati dagli analisti sono di 515 miliardi di dollari nel 2022 grazie anche alla maggiore diffusione di soluzioni elettroniche che sostituiranno i materiali tradizionali.

Per analizzare più in dettaglio questo mercato si può fare riferimento alla classificazione fatta dall'US Food and Drug Administration (FDA). I dispositivi che appartengono alla Classe I sono quelli con un ridotto o nessun contenuto elettronico.

Si tratta di un mercato estremamente ampio che comprende oltre il 99% dei materiali e dove ci possono essere grandi opportunità per alcune aziende.

La Classe II è invece quella di dimensioni maggiori per i dispositivi medicali elettronici, circa il 72% del valore. In questo segmento si trovano i dispositivi di grandi dimensioni per la diagnostica per immagini, come per esempio quelli per le radiografie, ma anche quelli per i test di laboratorio e chimici. La Classe II comunque non comprende i dispositivi elettronici impiantabili nel corpo umano.

La Classe III, infine, comprende i dispositivi "mission-critical" che devono essere impiantati nel corpo, come per esempio i pacemaker. Lo share di questa classe i dispositivi medicali elettronici raggiunge sul totale circa il 28%.

In generale, si può notare come nel 2016 l'elettronica nei dispositivi medicali abbia raggiunto una quota del 41%, un risultato sicuramente molto interessante se si considera che la penetrazione in questo settore è iniziata relativamente da poco tempo.

Gli analisti ritengono che il mercato dei dispositivi elettronici medicali abbia notevoli potenzialità per il futuro grazie alla concomitanza di diversi fattori. Alcuni driver sono gli stessi visti in passato, cioè l'invecchiamento della popolazione nei Paesi industrializzati e la crescita delle economie nei Paesi emergenti, a cui si aggiungono però altri fattori come il trend relativo allo spostamento di test, monitoraggio e cure direttamente presso i pazienti e l'opportunità di utilizzare l'elettronica in settori relativamente nuovi per la medicina, come per la robotica e i motori.

Per quanto riguarda i dispositivi wearable gli analisti stimano che potranno entrare a far parte sempre di più delle procedure di test e monitoraggio semplificandole e rendendo sempre meno necessaria la presenza dei pazienti presso gli studi medici.

Alcune grandi aziende, inoltre, stanno guardando con sempre maggiore attenzione a segmenti particolarmente interessanti, come per esempio quello del monitoraggio del glucosio.

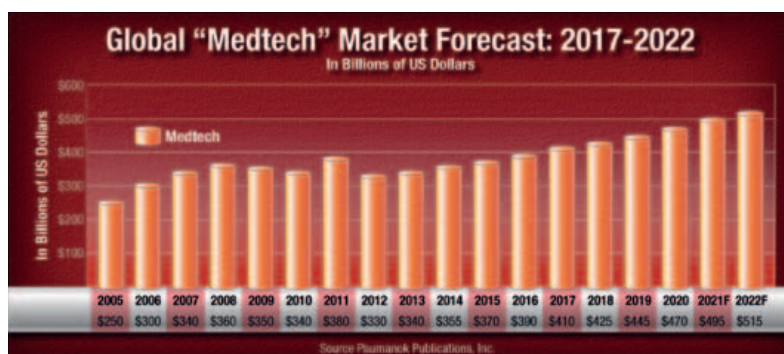


Fig. 1 – Crescita a livello mondiale del mercato dei dispositivi medicali (Fonte: Paumanok Publications)

Il valore delle tecnologie per i device medicali

Un recente report di **BCC Research** evidenzia che il mercato globale per le tecnologie relative ai dispositivi medicali ha raggiunto un valore di 458,3 miliardi di dollari nel 2015. Per il 2016 il valore specificato è di 483,5 miliardi di dollari mentre le stime per il 2021 indicano 634,5 miliardi di dollari. Il CAGR previsto per il periodo 2016-2021 è infatti del 5,6%.

A livello geografico, il mercato del Nord America per le tec-

nologie per medical device ha raggiunto un valore di 168,1 miliardi di dollari nel 2015, cifra che passa a 175,6 miliardi di dollari nel 2016 e a 216,1 miliardi di dollari per il 2021, con un CAGR del 4,2%. Il mercato Asia/Pacific, invece, ha fatto registrare nel 2015 un valore di 101,3 miliardi di dollari, con una stima di crescita a 156,6 miliardi di dollari entro il 2021 grazie a un CGR del 7,1% per il periodo compreso fra il 2016 e il 2021.

Come gli IC stanno cambiando il medical imaging

L'impiego degli IC sta cambiando radicalmente il mercato delle applicazioni di medical imaging. A sostenerlo sono gli analisti di **Yole Développement** nel report "Solid-State Medical Imaging".

Le tecnologie che stanno entrando sempre più ampiamente nel settore del medical imaging sono quelle CCD, CIS, a-Si FPD (Silicon Flat Panel Detector), a-Se FPD (Amorphous Selenium Flat Panel Detector), Si-PM (Silicon Photomultiplier) e anche cMUT (Capacitive Micromachined Ultrasound Transducer) e pMUT (Piezoelectric Micromachined Ultrasound Transducer).

Gli analisti di Yole Développement indicano in 350 milioni di dollari il valore del mercato nel 2016 con un CAGR dell'8,3% fino al 2022.

Una considerazione interessante che sottolineano gli analisti è che le nuove tecnologie, piuttosto che sostituire i

vecchi mercati, sembra che ne stiano creando uno nuovo. Per quanto riguarda le aziende analizzate dalla ricerca, nel settore dei dispositivi per medical imaging il 75% del market share è detenuto da quattro aziende: Siemens Healthineers, GE Healthcare, Philips Healthcare e Canon/Toshiba, ma la cosa interessante è che questo mercato si sta rapidamente evolvendo.

Numerosi player infatti si stanno focalizzando su sistemi più piccoli, con ottimi risultati. È il caso, per esempio, di Olympus, Fujifilm oppure Sirona che realizzano dispositivi per endoscopia e radiografie dentali.

In generale i produttori stanno puntando su fattori come soluzioni mini invasive, sicurezza dei pazienti e diagnostica precoce, diagnostica remota ma anche riduzione dei costi tramite la miniaturizzazione, la riduzione dei consumi di energia e la produzione in serie.

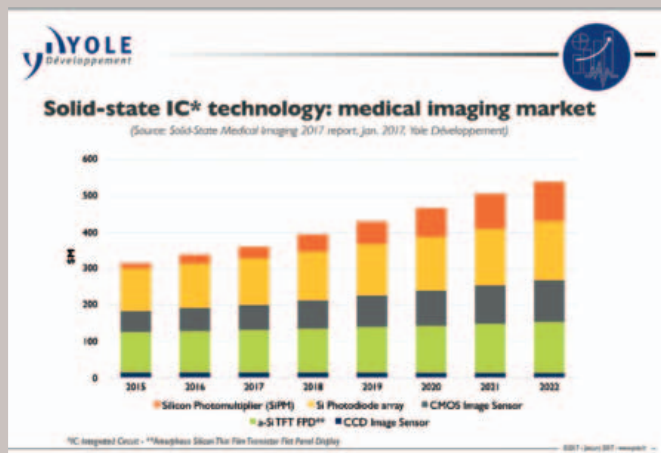


Fig. 1 – Il mercato degli IC per medical imaging ha interessanti prospettive di crescita nei prossimi anni (Fonte Yole Développement)



Fig. 2 – L'evoluzione tecnologica prevista per gli IC da utilizzare in applicazioni di medical imaging (Fonte Yole Développement)

Il mercato della biometrica di nuova generazione

In base ai dati di un report di **Mordor Intelligence**, il mercato per la biometrica di nuova generazione dovrebbe raggiungere i 23,8 miliardi di dollari entro il 2020 con un CAGR del 16,8% nel periodo compreso fra il 2014 e il 2020.

Una delle sfide maggiori per la crescita del mercato della biometrica è legato all'interoperabilità dei sistemi.

Il mercato è altamente competitivo con aziende come per

esempio Safran SA, 3M, CrossMatch, Facebanx, Fujitsu, Siemens, Thales SA e Fingerprint Cards AB

Per quanto riguarda la distribuzione geografica, il Nord America detiene il 41% dello share, seguito dall'Europa. Se si escludono i mercati dell'elettronica di consumo e quelli governativi, i settori enterprise e healthcare saranno i principali artefici della crescita in queste regioni.



I droni aiutano gli ospedali

La **Posta Svizzera**, l'**Ente Ospedaliero Cantonale (EOC)** e il costruttore **Matternet** stanno effettuando dal mese di marzo delle prove con i droni per trasportare i campioni di laboratorio, evitando problemi di traffico congestionato. Sono stati eseguiti infatti 70 test di volo a Lugano tra l'Ospedale Italiano l'Ospedale Civico con i droni realizzati da Matternet. Si tratta di velivoli compatti che hanno un diametro di 80 cm (escluse le pale dei rotori), specializzati nel trasporto di merci leggere fino a 2 kg. Hanno un'autonomia massima di 20 chilometri e volano alla velocità media di 36 km/h. Sia il pilota automatico, sia altri importanti sensori come per esempio l'altimetro o l'accelerometro, sono stati tutti installati in numero doppio per ragioni di sicurezza. In caso di guasto dell'intero sistema elettronico è prevista l'attivazione automatica di un paracadute. Nel punto di decollo e di atterraggio viene impiegato inoltre un "landing pad" che emette un segnale a infrarossi captato dal drone in fase di atterraggio.



La crescita del mercato dei sensori medicali monouso

Acute Market ha realizzato una ricerca sul mercato dei sensori monouso per dispositivi medicali. Il periodo considerato va dal 2015 al 2021 e il CAGR stimato per questo settore è del 10,5%.

Il settore è stato segmentato in base alle applicazioni analizzando i sensori monouso per la diagnostica, i sensori monouso per applicazioni terapeutiche e quelli per il monitoraggio dei pazienti.

Lo share maggiore è detenuto dai sensori monouso per diagnostica e monitoraggio dei pazienti

Anche i sensori per applicazioni terapeutiche evidenziano comunque un buon tasso di crescita.

Se si applica una segmentazione per tipologia di sensori, invece, sono i sensori di immagini a evidenziare una crescita molto interessante, con un CAGR del 22% nel periodo preso in considerazione.

In termini di aree geografiche, invece, quella del Nord America ha il market share maggiore, seguita da Asia/Pacific e Europa.



Nuovo range di alimentatori modulari QM. Qualcosa su cui sussurrare!



QM

Quando si crea un alimentatore medicale silenzioso come il nuovo QM7 di TDK-Lambda, non c'è bisogno di tante parole, perché i vantaggi parlano da soli.

Con potenza 1500W, l'elevata efficienza combinata con la modellazione computerizzata del flusso d'aria riduce i livelli di rumore. E' il più silenzioso alimentatore modulare nella sua classe e migliora l'atmosfera in ambienti ospedalieri sia per il paziente che per il personale medico.

Così tanti vantaggi in un solo alimentatore? E' una cosa unica nel suo genere.

Per saperne di più: it.tdk-lambda.com/whisper

TDK-Lambda



TDK-Lambda in Italia +39 02 61293863

Epson: stampa 3D, realtà aumentata, robotica e intelligenza artificiale sono il futuro nella sanità

Secondo una recente ricerca condotta da **Epson** la tecnologia porterà significativi miglioramenti nel settore sanitario, anche se ci sono ancora importanti sfide da affrontare. Dai dati emerge che il 64% dei professionisti attualmente impiegati nel settore sanitario è ottimista sui vantaggi che potrebbero portare in ambito medico l'innovazione tecnologica e maggiori possibilità di accesso ai dati. Lo studio, finalizzato a testare l'accettazione della tecnologia da parte di 17 esperti di settore provenienti da tutto il mondo e di oltre 7.000 dipendenti full-time europei, di cui 1.200 impiegati nel settore sanitario, ha evidenziato che l'introduzione di tecnologie come la stampa 3D, la robotica, la realtà aumentata e l'intelligenza artificiale porterebbe significativi vantaggi sia ai pazienti sia ai professioni-



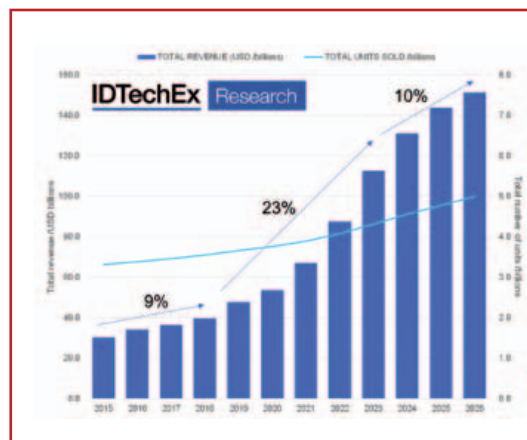
sti. A tale riguardo, il 72% dei professionisti della sanità concorda sul fatto che la stampa 3D e la stampa organica/biologica potrebbero ridurre i tempi di attesa per gli interventi chirurgici.

Un ulteriore 70% afferma che in questo modo aumenterebbe anche il successo degli interventi stessi e delle cure. La realtà aumentata è considerata rivoluzionaria dalla metà degli intervistati, con il 45% concorde nel ritenere che cambierebbe il modo in cui si svolge la formazione chirurgica. Gli intervistati hanno anche riconosciuto l'importanza futura dei robot e della loro interazione con gli esseri umani: secondo il 34%, infatti, le cure sanitarie potrebbero essere affidate ai robot in modo che il personale medico possa svolgere mansioni più qualificate.

Il mercato delle tecnologie wearable

In un recente report gli analisti **IDTechEx** hanno rilevato che il mercato delle tecnologie wearable (quelle che riguardano tutti i prodotti elettronici che sono stati progettati per essere indossati) ha raggiunto complessivamente un valore di circa 30 miliardi di dollari.

Il mercato è in crescita, ma con ritmi diversi a seconda del periodo. Entro il 2018, gli analisti stimano infatti una crescita del 10% annuo, che dovrebbe permettere di raggiungere i 40 miliardi di dollari. Questa crescita dovrebbe poi accelerare al 23%, per raggiungere i 100 miliardi di dollari entro il 2023. Successivamente è previsto, invece, un rallentamento della crescita all'11% fino al 2026 quando si dovrebbe arrivare a raggiungere i 150 miliardi di dollari.



Wyss Center: Intelligenza artificiale e infrarossi per una BCI



Il **Wyss Center for Bio and Neuroengineering** di Ginevra (Svizzera) ha sviluppato

una brain-computer interface (BCI) per permettere ai pazienti completamente paralizzati, di rispondere "sì" o "no" alle domande senza bisogno di muovere nulla. In pratica, viene letta l'attività del cervello tramite una tecnologia che si chiama "functional near-infrared spectroscopy" (fNIRS). La tecnologia è di tipo non invasivo e utilizza gli infrarossi, rilevati tramite dei sensori, per monitorare l'ossigenazione del sangue che scorre nelle diverse aree del cervello.

Una volta eseguito il training, la precisione delle risposte è di circa il 70%. Le organizzazioni coinvolte in questa ricerca sono: University of Tübingen, Shanghai Maritime University, Central Institute of Mental Health (Mannheim, Germania), National Institute of Neurological Disorders and Stroke (Maryland), Ospedale San Camillo (Venezia) e il Wyss Center (Ginevra).

elettronica  plus.it



Click & START

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

www.elettronica-plus.it

network
TECH  plus.it

Lead your business


FIERA MILANO
MEDIA

Verso la medicina di precisione

Siemens Healthineers apre la strada per la medicina di precisione presentando lo scanner Magnetom Vida MRI, una innovativa apparecchiatura per risonanza magnetica dotata di tecnologia BioMatrix

All'ECR (European Congress of Radiology) 2017 di Vienna, la business unit di Siemens attiva nell'ambito healthcare si è presentata per la prima volta con il nuovo nome, Siemens Healthineers, un brand che vuole esprimere lo spirito pionieristico e allo stesso tempo la forte competenza in ambito ingegneristico. Non a caso il claim scelto: 'Let's shape the future of healthcare together' sottolinea l'obiettivo di stabilire, insieme ai propri clienti, nuovi trend nel mondo della salute. Una nuova immagine che si manifesta non solo nel brand ma anche nel design dei prodotti tanto che Siemens Healthineers

è stata insignita del prestigioso 'IF International Forum Design Award' per la Somatom go. Platform. "Sono molto orgoglioso di questo riconoscimento", afferma Bernd Montag, Ceo di Siemens Healthineers. "I nostri nuovi prodotti riflettono il marchio Siemens Healthineers in modo accattivante, oltre a distinguersi in termini di qualità della produzione, facilità di funzionamento. Rappresentano una nuova dimensione per quanto riguarda la gestione dei flussi di lavoro, la comodità del paziente e la soddisfazione cliente".



Fig. 1 – Bernd Montag, Ceo di Siemens Healthineers

Nuova tecnologia

Siemens ha presentato ufficialmente lo scanner di fascia alta Magnetom Vida MRI nel corso di una conferenza stampa che si è svolta qualche giorno prima del congresso presso la University Hospital di Tübingen, un centro di eccellenza per quanto riguarda la medicina di precisione, dove questa apparecchiatura è in uso dallo scorso mese di dicembre.

Siemens Healthineers ha infatti sviluppato lo scanner ascoltando quelle che sono le principali esigenze degli utilizzatori, in primis i medici e dirigenti di Tübingen.

In che cosa si distingue questa apparecchiatura di nuova generazione?

Innanzitutto per l'utilizzo di una nuova tecnologia, denominata BioMatrix, che si adatta automaticamente alle caratteristiche anatomiche e fisiologiche dei singoli individui, offrendo immagini di altissima qualità. Per esempio, nella tavola sono integrati sensori BioMatrix, che vanno a monitorare il respiro del paziente e la sua capacità di trattenere il respiro durante la fase di scansione. I dati vengono quindi riportati al sistema, così da permettere al personale ospedaliero di decidere qual è il miglior protocollo disponibile da utilizzare, evitando inutili scansioni o costose ripetizioni.

I sensori BioMatrix, infatti, catturano le caratteristiche fisiologiche del paziente e permettono agli operatori di anticipare situazioni difficili, ancor prima che queste si verifichino.

Più precisione e maggior comfort

Da quanto si è potuto apprendere, anche partecipando ai test sulla macchina, questa apparecchiatura da 3 Tesla consente di semplificare e accelerare i flussi di lavoro, aumentando il comfort del paziente, e offrendo un'altissima risoluzione delle immagini, elemento questo fondamentale ai fini di una diagnosi precisa e accurata.

Una caratteristica significativa, inoltre, è rappresentata dall'estrema velocità di utilizzo, con la possibilità per gli ospedali o centri di eccellenza di soddisfare la crescente richiesta di prestazioni.

Allo stesso tempo, è indicata per esami complessi, soprattutto perché può fornire risultati affidabili per ogni paziente.

La tecnologia Biometrix non trasmette radiazioni – hanno spiegato gli esperti di Siemens Healthineers – e, di conseguenza, si caratterizza per la sicurezza che garantisce sia allo staff sia al paziente, ed è dunque indicata per bambini o per pazienti con patologie importanti come i malati di cuore.

Il fatto poi che durante la fase di scansione non sia necessario trattenere il respiro è un altro motivo di particolare interesse per tutti i casi più complicati.

L'elevato grado di precisione delle immagini riduce i casi di ripetizione delle scansioni, oltre a consentire ai radiologi di mettere a disposizione informazioni essenziali per poter scegliere la terapia migliore nel più breve tempo possibile.

La velocità di scansione e di utilizzo la rendono altresì interessante dal punto di vista dei costi.

Con Magnetom Vida, Siemens Healthineers non si è solo

per scansioni MRI fino a dieci volte più veloci, in più regioni del corpo. Consente poi la libera respirazione durante esami di cardiologia (anche quando si utilizza un mezzo di contrasto).

Il Compressed Sensing Grasp-Vibe permette di esaminare il fegato in una scansione completa con la semplice pressione di tasto.

Fino ad oggi, l'imaging del fegato dinamico richiedeva quattro fasi con estenuanti fasi in cui era necessario trattenere il respiro. Oltre a ciò, anche l'elaborazione delle immagini del fegato dopo l'esame è risultato significati-



Fig. 2 – Lo scanner di fascia alta Magnetom Vida MRI

posta l'obiettivo di aiutare i centri radiologici a ottimizzare i propri flussi di lavoro, il sistema permette infatti di effettuare l'esame a gruppi di pazienti che in precedenza erano ritenuti inadatti alla risonanza magnetica a causa di problemi quali aritmie cardiache, l'eccesso di peso o problemi di salute che impediscono loro di sostenere attivamente la scansione.

Condivisione sul cloud

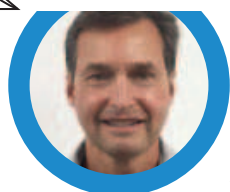
Con l'introduzione di Magnetom Vida, Siemens Healthineers espande le sue applicazioni 'Compressed Sensing',

vamente più veloce. La velocità di scansione e di utilizzo la rendono altresì interessante dal punto di vista dei costi. Infine, al congresso Siemens ha presentato Digital Ecosystem, un ampliamento della piattaforma già presentata nei mesi precedenti. Digital Ecosystem crea un archivio basato su cloud in cui i clienti Siemens saranno in grado di trovare app per molteplici campi di interesse, siano esse sviluppate da Siemens o altri sviluppatori.

Al momento sono circa nove i partner di Siemens al Digital Ecosystem, ma l'azienda prevede di allargare il giro ad altri partner. ■

Misure di sicurezza avanzate per i dispositivi medicali indossabili

Nell'ambito del settore sanitario, è tuttavia di fondamentale importanza che la memorizzazione e la trasmissione delle informazioni personali avvenga in un formato che consenta l'accesso ad esse in tempo reale ma al contempo garantisca robusti livelli di protezione che ne impediscano accessi e utilizzi non autorizzati



Di pari passo con la rapida diffusione dei dispositivi medicali "wearable", ovvero indossabili, si sta assistendo anche a un incremento della raccolta di dati personali degli utilizzatori, con una velocità che non ha precedenti. Sfortunatamente, la trasmissione e la memorizzazione di una porzione rilevante di queste informazioni, di natura personale e privata, avviene senza particolari attenzioni rispetto alla sicurezza. La ragione è semplice. Quello dei dispositivi medicali indossabili è un mercato estremamente competitivo, che costringe i produttori dei dispositivi a rilasciare prodotti pieni di nuove funzionalità sotto una costante pressione per presentarli per primi sul mercato. Questa pressione per il rilascio entro l'orizzonte di cicli di sviluppo estremamente compressi erode la capacità di concentrarsi anche sull'inclusione di misure di sicurezza efficaci. Nell'ambito del settore sanitario, è tuttavia di fondamentale importanza che la memorizzazione e la trasmissione delle informazioni personali avvenga in un formato che consenta l'accesso ad esse in tempo reale ma al contempo garantisca robusti livelli di protezione che ne impediscano accessi e utilizzi non autorizzati.

Di pari passo con la rapida diffusione dei dispositivi medicali "wearable", ovvero indossabili, si sta assistendo anche a un incremento della raccolta di dati personali degli utilizzatori, con una velocità che non ha precedenti. Sfortunatamente, la trasmissione e la memorizzazione di una porzione rilevante di queste informazioni, di natura personale e privata, avviene senza particolari attenzioni rispetto alla sicurezza. La ragione è semplice. Quello dei dispositivi medicali indossabili è un mercato estremamente competitivo, che costringe i produttori dei dispositivi a rilasciare prodotti pieni di nuove funzionalità sotto una costante pressione per presentarli per primi sul mercato. Questa pressione per il rilascio entro l'orizzonte di cicli di sviluppo estremamente compressi erode la capacità di concentrarsi anche sull'inclusione di misure di sicurezza efficaci. Nell'ambito del settore sanitario, è tuttavia di fondamentale importanza che la memorizzazione e la trasmissione delle informazioni personali avvenga in un formato che consenta l'accesso ad esse in tempo reale ma al contempo garantisca robusti livelli di protezione che ne impediscano accessi e utilizzi non autorizzati.

Il monitoraggio della vita quotidiana

Gli operatori sanitari sono oggi in grado di monitorare a distanza i segni vitali di un paziente lungo tutto l'arco della giornata, sia che si tratti della sua attività cerebrale al mattino, dell'attività cardiaca mentre guida nel traffico pomeridiano, o del livello di glucosio nel sangue mentre sta consumando uno spuntino serale (Fig. 1). Gli odierni dispositivi medicali indossabili consentono il monitoraggio di un'ampia gamma di parametri, quali la temperatura, il ritmo cardiaco, le pulsazioni, la pressione sanguigna, i livelli di glucosio, la respirazione, il pH, il consumo di alcool, l'assunzione di nicotina, e molti altri. E il fatto che tali dispositivi possano essere anche im-

piantati all'interno del corpo umano consente, in linea di principio, la possibilità di monitorare e memorizzare qualsiasi metrica fisiologica del paziente. Questi dati, oltre a restituire un quadro preciso dei pattern quotidiani dell'attività dell'individuo, forniscono anche una collezione storica dei trend del suo stato di salute.



Fig. 1 – Oggi gli operatori sanitari possono monitorare a distanza l'attività quotidiana del paziente

Sfortunatamente, questo prezioso patrimonio informativo è esposto al rischio di violazione da parte di cybercriminali, come anche di utilizzo da parte di organizzazioni legali, quali ad esempio le compagnie di assicurazione, per aumentare i premi assicurativi o per rifiutare del tutto i rimborsi. Inoltre, i dispositivi medicali indossabili forniscono ai cybercriminali anche un'opportunità per introdursi all'interno di reti private e ottenere l'accesso ad altri dispositivi connessi a quelle reti.

Anche i dispositivi più semplici non sono immuni da rischi

Risulta che negli Stati Uniti dei cybercriminali abbiano utilizzato credenziali (indirizzi email e password), trafugate altrove, per accedere agli account utente dei possessori di un dispositivo indossabile molto diffuso. Questo tipo di abuso non fa che evidenziare la necessità di maggiori livelli di sicurezza. Gli aggressori, dopo aver modificato alcuni dettagli dell'account, hanno tentato di frodare l'azienda produttrice ordinando la sostituzione del prodotto avvalendosi della garanzia. In questo caso non sono neppure stati violati i dispositivi veri e propri; tuttavia, la natura strettamente personale dei dati acceduti dimostra come siano necessari meccanismi di sicurezza che vadano oltre l'uso di nomi utente e password. In effetti, sono state identificate varie vulnerabilità presenti all'interno di dispositivi indossabili che possono portare alla loro compromissione, o alla compromissione di altri dispositivi a cui essi si connettono, con il fine di carpirne e condividerne i dati. I ricercatori hanno dimostrato come sia possibile sfruttare una vulnerabilità del protocollo Bluetooth per inserirsi all'interno di un dispositivo indossabile non solo per manipolare i dati in esso contenuti, ma anche per utilizzare il dispositivo come veicolo per inviare codice verso un computer, portando così la violazione a uno stadio successivo.

Data la natura personale dei dati raccolti, numerosi indizi suggeriscono che tanto gli enti governativi quanto i consumatori arriveranno a richiedere l'obbligatorietà di maggiori livelli di sicurezza in questo tipo di prodotti. Tale onere ricadrà sul produttore del dispositivo, che dovrà includere nel proprio progetto dei meccanismi intrinseci per la protezione dalle tipologie di attacco più comuni, che includono l'intercettazione, la modifica dei dati, o l'impersonificazione del dispositivo.

Il primo aspetto: l'hardware

Anzitutto, nella progettazione di un dispositivo indossabile, è necessario dedicare l'opportuna attenzione alla scelta del silicio giusto. Nel contesto di cicli di sviluppo serrati in cui, del limitato tempo disponibile, viene spesso compresso quello da dedicare alle funzionalità di sicurezza, l'utilizzo di processori che integrano blocchi IP dedicati alla sicurezza pone una solida base per la mas-

simizzazione della sicurezza tanto del dispositivo quanto dei dati in esso contenuti. L'hardware degli odierni processori SoC (System-on-Chip) per dispositivi indossabili può includere caratteristiche per l'autenticazione del software prima dell'esecuzione, la codifica dei dati a riposo, la firma degli stessi per garantirne l'integrità, nonché il partizionamento del dispositivo per prevenire la diffusione di malware all'interno del sistema. Le principali funzionalità dei processori da utilizzare per tali scopi sono: il secure boot, i boot fuses, i motori dedicati per la cifratura (crypto engines), le tecniche di partizionamento del dispositivo.

L'importanza del secure boot

Un aspetto importante per la sicurezza del dispositivo consiste nella memorizzazione, all'interno del silicio, delle chiavi di sicurezza utilizzate per la cifratura/decifratura e per le funzioni di hashing. Per poter garantire che il software non sia stato manomesso è necessario autenticare ogni modulo software prima della sua esecuzione. Questo processo deve iniziare con l'autenticazione del codice di boot e proseguire a tutti i livelli, dal sistema operativo, al middleware, fino al software applicativo, al fine di stabilire una "chain of trust" gerarchica (Fig. 2). Una chain of trust consiste in un costrutto di progettazione in cui si prevede che ogni diverso strato di software, prima che ad esso venga trasferito il controllo in esecuzione, sia autenticato gerarchicamente per validarne l'integrità. In alcuni casi, dopo la verifica di integrità del codice, potrebbe essere effettuata anche la decifratura dei relativi dati, memorizzati in forma crittografata.

L'autenticazione e la decifratura dei dati criptati viene effettuata mediante l'uso di chiavi di sicurezza cablate all'interno del supporto di memorizzazione sicura del dispositivo. I SoC moderni per dispositivi indossabili offrono apposite funzionalità concepite specificamente per la memorizzazione delle chiavi di sicurezza. Nel corso del processo produttivo, le chiavi di sicurezza possono infatti essere memorizzate in modo permanente nell'hardware all'interno di aree specializzate di memoria protetta, successivamente isolate per impedirne la manomissione mediante l'utilizzo di boot fuses. Le modalità di boot dei dispositivi possono infine essere controllate per assicurare che il boot del sistema avvenga sempre in modalità protetta, garantendo l'autenticazione e la validazione di ogni modulo software che viene caricato e poi eseguito nel corso del boot.

Motori di cifratura: un must

Per ottenere il massimo livello di protezione è necessaria anche la crittografia dei dati, sia a riposo che in transito. Per garantire l'efficienza delle operazioni crittografiche, è opportuno valutare l'uso di SoCs dotati di crypto en-

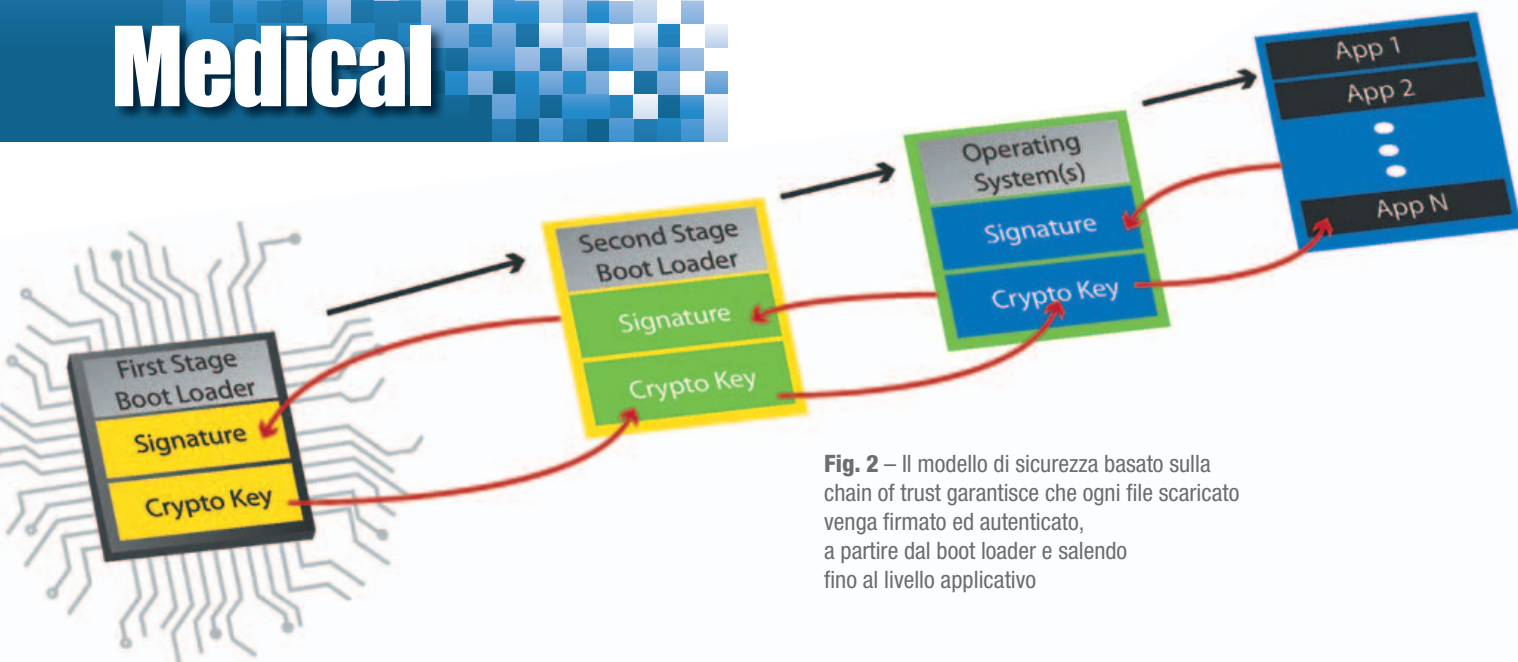


Fig. 2 – Il modello di sicurezza basato sulla chain of trust garantisce che ogni file scaricato venga firmato ed autenticato, a partire dal boot loader e salendo fino al livello applicativo

gine integrato. Un crypto engine è un modulo indipendente progettato per scaricare il processore primario del carico computazionale legato al lavoro di cifratura/decifratura. Essendo il crypto engine racchiuso in un blocco IP indipendente, per gli hacker risulta più difficoltoso individuare delle tecniche che consentano di accedere al processo crittografico. L'utilizzo di un crypto engine può avere un impatto enorme sulla capacità dell'applicazione di manipolare dati sicuri in modo rapido ed efficiente.

Il partizionamento del dispositivo

Utilizzando la tecnologia ARM TrustZone (o memoria protetta) è possibile partizionare le risorse di sistema riservate alla memorizzazione delle chiavi di sicurezza, impedendone l'accesso da parte di malware o di applicazioni non autorizzate. L'isolamento dell'hardware può essere esteso anche oltre la memoria di sistema, includendo le regioni di memoria destinate all'indirizzamento dell'I/O delle periferiche. Le risorse di sistema possono dunque essere certificate come "sicure", il che ne consentirà l'accesso solo da parte delle applicazioni sicure, in esecuzione all'interno del dominio sicuro.

Il software, la "forza vitale" all'interno di ogni dispositivo medicale indossabile

Come illustrato, la selezione dell'hardware giusto, dotato delle dovute caratteristiche di sicurezza, è il primo importante passo per la costruzione di un dispositivo medicale indossabile sicuro. Senza il software appropriato, tuttavia, l'utilizzo delle funzionalità di sicurezza hardware può comportare lo sviluppo di codice aggiuntivo, con un significativo aumento dei costi, dei tempi e della complessità dello sviluppo. Oppure, peggio ancora, l'utilizzo del software sbagliato può portare al completo inutilizzo delle funzionalità di sicurezza. Si rivela quindi essenziale la presenza di un sistema operativo, un OS (Operating System), dotato di un framework che supporti la presenza all'interno del silicio dei blocchi IP dedicati alla sicurezza, quali un crypto engine e le fun-

zioni di secure boot, ed assista nell'utilizzo dei relativi algoritmi e della crittografia. L'OS appropriato deve includere un framework per l'implementazione di una chain of trust che garantisca l'autenticazione del codice prima della sua esecuzione. Ciò è indispensabile per verificare che il software non sia stato manomesso. Inoltre, poiché le informazioni personali di natura sanitaria sono sia confidenziali che di importanza vitale, andrebbe preso in considerazione anche l'utilizzo di un OS in grado di memorizzare i dati in file di tipo sicuro. Il che va ben oltre l'utilizzo di una semplice protezione basata su password. Una protezione aggiuntiva realizzata mediante la crittografia dei dati, atta a garantire che essi possano essere letti e modificati solo dai soggetti autorizzati, è dunque essenziale per la sicurezza complessiva del dispositivo. Poiché i dispositivi indossabili sono caratterizzati da stringenti vincoli di risorse, è evidente la necessità di ricorrere a librerie di funzioni crittografiche con una footprint ridotta ma in grado di offrire funzionalità equivalenti a quelle delle diffuse librerie OpenSSL. A causa delle limitazioni di memoria, inoltre, il sistema operativo deve supportare anche l'esecuzione in-place e il caricamento dinamico sia per il runtime sia per il file system. Quanto al file system, è necessario che esso supporti le funzioni di crittografia e di hashing, per un'efficace protezione contro la compromissione dei dati.

Upgrade e aggiornamenti

Un requisito chiave per i dispositivi medici indossabili consiste nella possibilità di aggiornare il dispositivo a fronte del rilascio di aggiornamenti relativi alla sicurezza. I produttori di SoC, che sono soggetti a forti pressioni legate ai fattori di time-to-market, normalmente montano a bordo dei propri chip una versione di Linux, oppure di un RTOS freeware, insieme ad altri componenti e driver open source o proprietari. Il produttore del dispositivo indossabile, d'altro canto, sceglie il chip da utilizzare in base sia al prezzo che alle funzionalità, ivi incluso il software a corredo. Il problema legato a questo scenario consiste nel fatto che, se viene identificato un problema

di sicurezza, nessuno dei due produttori potrebbe avere le competenze, o la possibilità, di correggere il software presente sul dispositivo dopo che esso è stato spedito. Il produttore del chip è troppo impegnato nella consegna della successiva versione del chip e può addirittura non avere allestito un processo per l'aggiornamento e la correzione delle vecchie versioni del software che abbia. E non è affatto detto che l'ambiente operativo stesso includa un framework per l'aggiornamento dinamico, quando necessario, di un singolo modulo software oppure dell'intero ambiente.

Un OS di tipo commerciale, dotato di funzionalità a supporto dell'installazione di aggiornamenti ed upgrade del software, per una tempestiva correzione di problemi di sicurezza che dovessero presentarsi, si rivela dunque un componente estremamente importante per la sicurezza dei dispositivi medicali indossabili.

Il supporto al partizionamento spaziale è una delle funzionalità cardine dei sistemi operativi general-purpose di fascia alta, come Linux. Tuttavia, l'overhead associato alla virtualizzazione della memoria e la mancanza di un comportamento deterministico hanno limitato l'utilizzo di embedded Linux all'interno dei sistemi real-time. E, naturalmente, la significativa footprint di Linux non ne favorisce certo l'adozione come possibile OS all'interno dei progetti basati su MCU (Micro Controller Unit). Un sistema operativo leggero, dotato di un efficace process model, può invece consentire il caricamento dinamico del codice all'interno di dispositivi indossabili basati su MCU e processi di tipo più avanzato.

Implementare concretamente la sicurezza

Se, da un lato, i produttori di hardware incorporano sempre maggiori caratteristiche di sicurezza all'interno

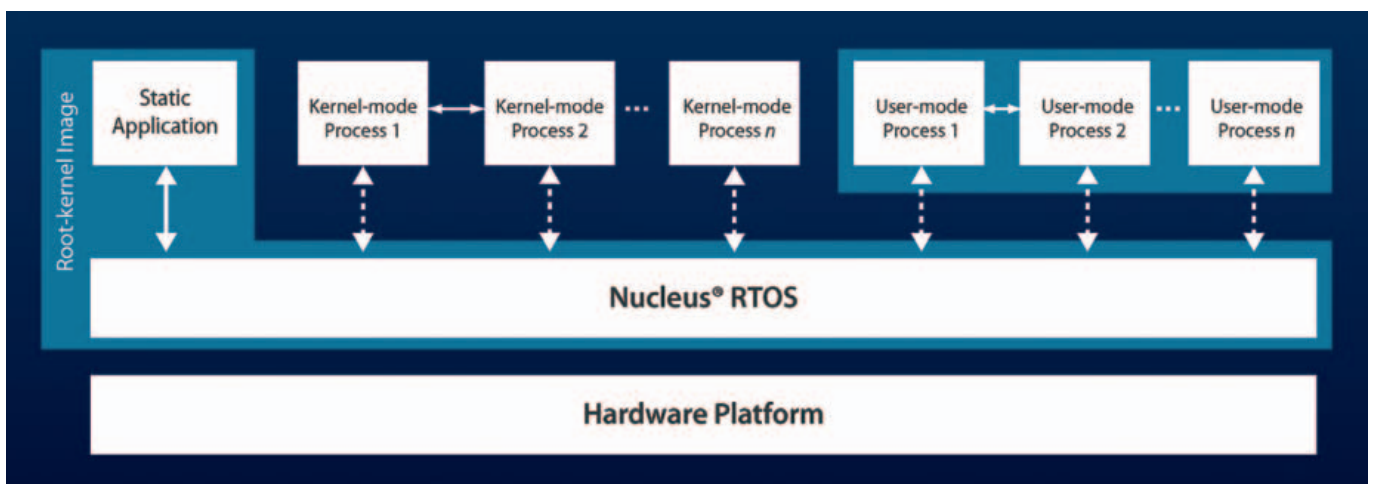


Fig. 3 – Il Process Model di Nucleus costituisce un approccio di tipo leggero al partizionamento nel dominio dello spazio, che crea regioni protette all'interno della memoria

Isolamento delle sottosezioni del software

La progettazione dei dispositivi indossabili normalmente si basa su SoC di tipo power-efficient. I core di questi sistemi contengono delle MPU (Memory Protection Unit) che possono essere utilizzate per partizionare la memoria in regioni separate, fornendo un efficace controllo differenziato degli accessi. Utilizzando il corretto OS, le capacità di partizionamento nel dominio dello spazio offerte dalle MPU possono essere sfruttate per isolare il software in sottosezioni separate (Fig. 3). Ciò non solo aumenta l'affidabilità del sistema, consentendo di contenere i malfunzionamenti di un singolo processo onde evitare degradamenti dell'intero sistema, ma offre anche un'opportunità per partizionarlo in sottosistemi che consentono il caricamento e lo scaricamento separato dei diversi moduli software in occasione degli aggiornamenti.

dei nuovi SoC, dall'altro chi sviluppa il software deve scegliere per i propri progetti un sistema operativo evoluto, in grado di fornire il pieno supporto di tali funzionalità. È importante che l'OS selezionato sia ampiamente scalabile, per poter indirizzare i requisiti imposti da dispositivi caratterizzati da risorse limitate. Tale OS deve inoltre includere un framework orientato alla sicurezza, che consenta agli sviluppatori di migliorare la sicurezza dei dispositivi. Il Real-Time Operating System (RTOS) Nucleus di Mentor Graphics, dotato di un Process Model Framework, è un RTOS ampiamente diffuso, correntemente utilizzato per soddisfare i requisiti dei sistemi embedded, ivi inclusi i requisiti relativi alla sicurezza. Questo particolare OS offre agli sviluppatori vantaggi significativi nell'implementazione della sicurezza all'interno degli odierni dispositivi medicali indossabili. ■

Soluzioni avanzate per HMI medicali

Le competenze e il know how acquisiti da Data Modul nel settore dei sistemi di visualizzazione consentono a Data Modul di realizzare prodotti per l'HMI in grado di soddisfare le stringenti normative del settore medicale



Data Modul sviluppa e produce soluzioni HMI utilizzate in applicazioni medicali e il suo portafoglio prodotti comprende una serie di Panel PC basati su piattaforma ARM, con schermi da 7", 10,1", 12" e 15,6", caratterizzati da

elevato contrasto, alta qualità di riproduzione dei colori e resistenti a urti e vibrazioni. Si tratta di soluzioni open frame ottimizzate per un'efficace integrazione in sistemi custom e di tipo IP protected. Negli anni scorsi, Data Modul ha risposto alle esigenze sempre maggiori del settore medicale investendo nello sviluppo e nelle capacità produttive.

Oltre allo sviluppo della tecnologia easyTouch, un esempio è il sistema di protezione IP tramite processo di sigillatura 3D automatico.

Queste tecnologie permettono di ridurre i tempi di produzione e consentono di rispondere adeguatamente alle esigenze in termini di protezione delle unità display da utilizzare per le applicazioni medicali.

I pannelli TFT industriali integrati assicurano inoltre una riproduzione delle immagini ottimizzata e priva di interferenze.

Un processo di sviluppo ottimizzato permette a Data Modul di dotare di prodotti standardizzati anche i progetti meno articolati e costosi.

Tecnologie per l'HMI...

Tutti i Panel PC di Data Modul sono dotati di sensori PCAP sviluppati internamente (R&D easyTouch) con un vetro antiriflesso da 3 mm. Questi touchscreen multitouch sono ottimizzati per poter essere usati anche con i guanti, come quelli realizzati, per esempio, in latex, nitrile, PVC, polietilene, neoprene, stirene-butadiene-polimeri e Tactylon.

Questa caratteristica è particolarmente apprezzabile visto che l'uso dei guanti è una situazione estremamente comune in ambito medicale.



Fig. 1 – La carrier board eDM-CB-Colibri di Data Modul è in formato PCI/104 e supporta la famiglia di computer-on-module di Toradex basati su piattaforma ARM

Soluzioni complete di visualizzazione

DATA MODUL ha annunciato l'entrata in produzione del monitor 18,5" ultra-sottile EP185WAD152-1-PCAP-U-DM. Con questo prodotto, DATA MODUL conferma ancora una volta la sua competenza



nell'offrire soluzioni complete per quanto riguarda lo sviluppo, la produzione e la fornitura di soluzioni per la visualizzazione più all'avanguardia in ambito professionale e industriale.

Tra le principali caratteristiche:

- Display TFT FHD (risoluzione 1920 x 1080)
- Touch screen (PCAP/PCT) con vetro frontale da 3 mm chimicamente rinforzato
- Scheda embedded DATA MODUL eDM-pITX-BT con opzione di processori Intel Atom o Intel Celeron
- Open frame con cornice di colore nero e attacchi VESA 75 e VESA 100
- Sviluppato in linea con le certificazioni tipicamente richieste in ambito professionale

I potenziali ambiti di applicazione per ARM e X86



Per il mondo X86, le schede eDM-pITX-BT di Data Modul utilizzano processori Atom-E3815 o Celeron-J1900

Anche se diverse fra loro dal punto di vista dell'architettura, in generale, le soluzioni ARM e X86 spesso non sono molto differenti in termini di prestazioni nei sistemi di bassa e media potenza. Quando però occorrono prestazioni elevate, solitamente è preferibile rivolgersi verso sistemi X86.

Per contro, ARM è sinonimo di alta efficienza nei sistemi a basso consumo come per esempio le applicazioni portatili per respiratori e dispositivi a ultrasuoni. I sistemi ARM con WinCE, Linux e Android lavorano infatti molto spesso senza la necessità di ricorrere a ventole; un altro aspetto molto importante è che il boot richiede, di norma, tempi brevissimi, che possono essere ottimizzati in modo da richiedere anche meno di 0,5s. Questo aspetto è cruciale soprattutto quando si utilizzano dispositivi medicali dove il fattore tempo è fondamentale, come per esempio per i defibrillatori e i respiratori. Per fare un confronto, i tempi di boot di un sistemi X86 con Windows arrivano anche a uno o due minuti e possono essere ottimizzati al massimo per raggiungere circa 30 secondi. L'architettura X86, invece, grazie alla sua capacità di fornire elevate prestazioni, è destinata prevalentemente ad applicazioni high-end.

Un esempio di utilizzo di una piattaforma X86 è come hub centralizzato per le informazioni nelle sale operatorie, dove si trovano spesso, integrati fra loro, dispositivi come sorgenti video Full HD/4K (microscopi, endoscopi e telecamere per le operazioni chirurgiche) che mostrano le informazioni su più monitor simultaneamente piuttosto che sistemi di videoconferenza dove più stream sono visualizzati in parallelo. Ovviamente, questo tipo di applicazioni, che richiedono elevate prestazioni, generano anche dei consumi di energia maggiori.

Per quanto riguarda la protezione dei pannelli, i liquidi eventualmente versati sul display non ne alterano o condizionano assolutamente l'uso, così come le funzionalità multitouch restano inalterate assicurando la piena operatività dell'interfacciamento HMI.

Il vetro di copertura utilizzato, inoltre, è insensibile ai comuni disinfettanti e ai prodotti solitamente utilizzati per la pulizia e risponde alle specifiche di igiene previste per l'uso in ambienti clinici e medici.

Per quanto riguarda l'hardware di questi Panel PC, grazie all'impiego della carrier board eDM-CB-Colibri e della famiglia di computer-on-module di Toradex, su piattaforma ARM, viene assicurata una durata di oltre dieci anni. Le soluzioni di Data Modul sono complete con sistemi operativi pre-installati.

Le piattaforme X86, basate sulla scheda eDM-pITX-BT di Data Modul, permettono invece di realizzare versioni OEM dotate di display di diverse dimensioni e progettazione personalizzata. Le soluzioni X86 di Data Modul offrono prestazioni scalabili grazie all'impiego di piattaforme Intel Atom/Celeron di terza generazione con processori Atom-E3815 (1,46 GHz) oppure Celeron-J1900 (2,42 GHz). La configurazione comprende inoltre fino a 4 GB onboard di memoria di tipo DDR3L. La scheda eDM-pITX-BT è destinata all'impiego in dispositivi medicali che richiedono elevate prestazioni. La disponibilità a lungo termine e le numerose possibilità di interfacciamento permettono l'impiego di questa scheda per applicazioni in ambienti medicali sensibili.

... e moduli high-tech

Nell'ambito della strategia di focalizzazione sulle soluzioni embedded rientrano, sempre per applicazioni nel settore medicale, anche i nuovi moduli Com Express nelle fasce low power e high end di Data Modul. Tutte le nuove piattaforme con processore Intel vengono implementate secondo lo standard dei moduli Com Express. Questi moduli di riferimento possono essere immediatamente utilizzati in serie su baseboard o come building blocks per single board computer personalizzati. Data Modul ha realizzato due nuovi building blocks baseboard modules: il modulo compatto Com Express con processori Intel Pentium/Celeron e Atom per applicazioni low power, e il Com Express Basic con processori Intel Core i3/i5/i7 e Xeon E3 di sesta generazione per la fascia ad alte prestazioni.

Forti dell'attenzione che Data Modul da sempre presta alla conformità alle specifiche, i moduli sono dotati di un controller Embedded Dmcc (Data Modul Embedded Controller) che, tra le altre cose, fornisce tutte le caratteristiche specifiche del Com Express. È comunque possibile aggiungere altre prestazioni, trasformandoli in moduli embedded.

Come alimentare in modo efficace i dispositivi medicali indossabili

Il mercato offre molteplici soluzioni per energy harvesting e IoT ideali per alimentare dispositivi di monitoraggio medicali che permettono dimissioni dei pazienti più rapide senza comprometterne la guarigione



Il valore totale del settore dei circuiti elettronici per dispositivi medici è stato stimato a circa 3 miliardi di dollari e si prevede che il settore crescerà a un tasso annuo composto del 5,4% raggiungendo il valore di 4,41 miliardi di dollari nel 2022. [Fonte: Marketsandmarkets.com].

L'invecchiamento demografico e l'aumento delle malattie legate allo stile di vita, la richiesta sempre maggiore di dispositivi medici avanzati, personalizzati e di facile uso, e l'adozione sempre più diffusa di dispositivi elettronici indossabili per finalità mediche sono alcuni elementi che fanno da traino alla crescita.

Al tempo stesso, i costi correlati alla degenza ospedaliera per un lungo periodo di tempo stanno diventando insostenibili sotto l'aspetto economico – sia per gli istituti sia per i pazienti. Le strutture ospedaliere stanno pertanto cercando modi per ridurre questi costi, facendo sì che il paziente ritorni in buone condizioni di salute e autonomo quanto prima possibile senza compromettere la guarigione completa. Un metodo per conseguire questo obiettivo consiste nel dimettere il paziente munendolo di dispositivi diagnostici e di monitoraggio in remoto, affinché possa tornare a casa tranquillo. Le funzioni di monitoraggio in genere interessano parametri quali la frequenza cardiaca, la pressione sanguigna, l'apnea notturna, i livelli di glucosio nel sangue e la temperatura corporea. Tutto ciò rafforza quindi la premessa che una delle tendenze attuali alla base della crescita della strumentazione medica portatile e wireless è rappresentata dai servizi di day hospital. Ne consegue che molti di questi sistemi portatili di monitoraggio elettronico dei pazienti devono incorporare trasmettitori a radiofrequenza,

affinché qualsiasi dato raccolto dal sistema di monitoraggio possa essere inviato facilmente e direttamente a un sistema di supervisione nell'ospedale, in modo da poter essere successivamente rivisto e analizzato dal medico responsabile. Componenti di precisione a basso consumo hanno favorito l'affermazione di strumenti medicali portatili e wireless; tuttavia, a differenza di molte altre applicazioni, questa tipologia di prodotti soddisfa standard molto più elevati di affidabilità, autonomia e robustezza. A questi requisiti devono conformarsi il sistema di alimentazione e i suoi componenti. I prodotti medicali devono funzionare cor-

rettamente e commutare senza alcun problema tra diverse tipologie di alimentazione: prese di corrente alternata, gruppi di continuità o batterie tampone e anche fonti di energia ottenuta mediante un processo di accumulo e riutilizzo ("energy harvesting"). Inoltre, occorre adottare misure rigorose per proteggerli da varie condizioni di guasto (che peraltro devono essere in grado di tollerare in maniera efficace), ottimizzare il tempo di funzionamento quando sono alimentati da batterie e assicu-

rarne l'affidabilità durante il normale funzionamento del sistema in presenza di una sorgente di alimentazione che opera correttamente.

Sistemi di monitoraggio dei pazienti: alcune soluzioni

In virtù di quanto appena affermato, è ragionevole presupporre che il costo necessario per fornire l'appropriata strumentazione medica al paziente per l'uso nella sua abitazione sia più economico rispetto ai costi di ricovero. Ciò nonostante, è di importanza fondamentale che la strumentazione utilizzata dal paziente sia non solo affidabile ma anche a prova di paziente. I progettisti e i fab-

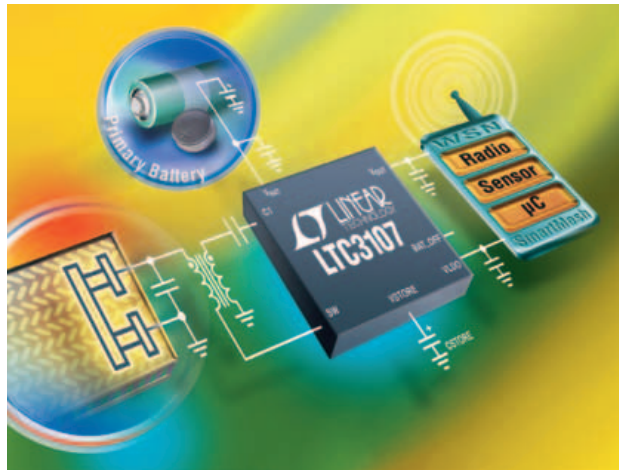


Fig. 1 – Energy harvesting con l'LTC3107 per alimentare una WSN e/o caricare una batteria

bricanti di questi prodotti devono pertanto garantire che gli strumenti possano funzionare senza alcun problema indipendentemente dal tipo di alimentatore (compresi i gruppi di continuità o le batterie tampone) e assicurare elevata affidabilità in relazione ai dati raccolti sulle condizioni del paziente, oltre a un'integrità del 99,999% della trasmissione di dati wireless. Il progettista del sistema deve quindi far sì che l'architettura di gestione della potenza che si impiegherà sia non solo affidabile e flessibile, ma anche compatta ed efficiente. In tal modo, risultano soddisfatte sia le esigenze dell'ospedale sia quelle del paziente. Sono numerosi i produttori di dispositivi analogici, come Linear Technology, impegnati nello sviluppo di soluzioni innovative che permettono di affrontare in modo efficace questi problemi. Poiché nel settore dei sistemi elettronici medicali vi sono molte applicazioni che richiedono alimentazione continua anche in caso di interruzione dell'erogazione della corrente di rete, un requisito fondamentale è una bassa corrente di riposo (quiescent current) per prolungare la durata della batteria. Pertanto, usualmente sono necessari regolatori a commutazione con corrente di riposo in standby minore di 9 μ A. Infatti, per alcuni dei nuovi sistemi che sono alimentati tramite una combinazione formata da una batteria e da sistemi di energy harvesting, le correnti di riposo devono essere dell'ordine di alcuni microampere o in alcuni casi, anche dell'ordine dei nanoampere. Questo è un prerequisito imprescindibile per l'adozione di tali sistemi elettronici medicali per "l'uso domestico" da parte dei pazienti.

Sebbene i regolatori a commutazione generino più rumore rispetto ai regolatori lineari, la loro efficienza è notevolmente superiore. I livelli di rumore e di interferenza elettromagnetica hanno mostrato di essere gestibili in molte applicazioni sensibili fintantoché i circuiti di commutazione funzionano in modo prevedibile. Se un regolatore a commutazione commuta a frequenza costante nella modalità di funzionamento normale e i fronti di commutazione sono precisi e prevedibili, senza sovraelongazioni né oscillazioni ad alta frequenza, l'interferenza elettromagnetica viene ridotta al minimo. Un contenitore compatto e un'elevata frequenza di funzionamento permettono di ottimizzare il layout, con conseguente riduzione dei fenomeni EMI. Inoltre, se il regolatore è utilizzabile con condensatori ceramici a bassa resistenza in serie equivalente (ESR), è possibile ridurre al minimo il ripple di tensione sia all'ingresso sia all'uscita, che costituiscono sorgenti di rumore aggiuntive nel sistema.

Il numero di linee (rail) di alimentazione presenti negli attuali dispositivi medicali di monitoraggio dei pazienti, dotati di molteplici funzioni, è aumentato, mentre le tensioni

di funzionamento continuano a diminuire. Tuttavia, molti di questi sistemi richiedono ancora tensioni di 3V, 3,3V o 3,6V per l'alimentazione di vari elementi a basso consumo di potenza: sensori, memorie, core di microcontrollori, circuiti I/O e circuiti logici. Infine, poiché il loro funzionamento è a volte cruciale, molti di essi sono dotati di un

gruppo di continuità o di batterie tampone nel caso di interruzione dell'erogazione della corrente di rete. Finora, questi valori di tensione sono state ottenuti mediante regolatori a commutazione di tipo step-down (in discesa) o regolatori a bassa caduta di tensione (low-dropout). Tuttavia, i circuiti integrati di questo tipo non sfruttano l'intero range di funzionamento delle celle, con effetti negativi sull'autonomia della batteria del dispositivo. Pertanto, impiegando un convertitore buck-boost (che

può incrementare o ridurre le tensioni) risulta possibile utilizzare l'intero range di funzionamento della batteria, aumentando il margine operativo e prolungandone l'autonomia, poiché si ottiene una percentuale maggiore della capacità della batteria stessa, specialmente quando ci si avvicina all'estremità inferiore dell'andamento della scarica.

È di importanza
fondamentale che
la strumentazione
utilizzata dal
paziente sia non
solo affidabile ma a
prova di paziente

Energy harvesting come sorgente di potenza

Recentemente, sono state introdotte molte innovazioni nel campo dell'energy harvesting, particolarmente utilizzando il calore del corpo umano come possibile fonte di energia per alimentare i sistemi di monitoraggio elettronici o per ricaricare una batteria che li alimenti. Evoluzioni di questo tipo consentono di modificare le dimensioni e la forma dei componenti elettronici medicali, affinché funzionino assorbendo potenza dell'ordine dei milliwatt e/o dei microwatt. Ciò comporta che molti dispositivi e sistemi elettronici complessi, come quelli autonomi e medici indossabili, ora possono funzionare con potenze inferiori a 250 μ W. Non solo: reti di sensori wireless con livelli di potenza nel range dai μ W a 100 mW sono ordinariamente alimentati da batterie. Le limitazioni intrinseche dell'alimentazione da batteria, come la durata della carica e la necessità di una ricarica periodica, hanno aperto la via all'utilizzo di fonti di energia ambiente, come il calore o le vibrazioni, per la ricarica periodica di una batteria "ricaricabile".

Linear Technology sviluppa circuiti integrati per energy harvesting da quasi un decennio. Il primo prodotto di questo tipo, LTC3108, è stato introdotto a dicembre 2009; si trattava di un convertitore CC/CC a tensione ultrabassa dotato di funzioni di gestione della potenza, ideato per raccogliere e distribuire l'energia in eccedenza, generando tensioni estremamente basse a partire da sorgenti di ener-

gia termica. Per poter generare tali tensioni è sufficiente un gradiente di temperatura di almeno 1 °C.

Più recentemente è stato introdotto LTC3107, un convertitore CC/CC a elevato livello di integrazione progettato per prolungare la durata di una batteria principale in sistemi wireless a bassa potenza, sfruttando il processo di energy harvesting e gestendo il surplus di energia disponibile da fonti a tensione d'ingresso estremamente bassa come generatori termoelettrici e termopile.

Impiegando LTC3107, un sistema per l'energy harvesting per un punto di carico richiede uno spazio ridotto – quello in grado di ospitare il package DFN (3x3mm) di LTC3107 e alcuni componenti esterni. Generando una tensione di uscita che segue quella della batteria principale installata, è possibile utilizzare senza alcun problema LTC3107 per sfruttare il risparmio, in termini di costi, reso possibile dall'uso di tecniche di energy harvesting, in sistemi sia nuovi sia preesistenti alimentati a batteria. Inoltre, LTC3107, unitamente a una piccola fonte di energia termica, può prolungare la durata della batteria, in alcuni casi fino alla sua scadenza, riducendo così i costi di manutenzione periodica dovuti alla sostituzione della batteria stessa. LTC3107 è stato concepito per aumentare la carica della batteria o anche alimentare il carico autonomamente, a seconda delle sue condizioni e dell'energia ottenibile con l'energy harvesting.

La figura 1 evidenzia con quale facilità LTC3107 possa accumulare energia termica per alimentare reti di sensori wireless (WSN) e inserire la batteria senza interruzione dell'alimentazione se la fonte di energia ambiente cessa di essere disponibile. Inoltre LTC3331 è un sistema multifunzionale che si propone come una soluzione completa di energy harvesting, in grado di erogare fino a 50 mA di corrente continua in grado di prolungare la durata della batteria ogni volta sia disponibile energia accumulabile (Fig. 2).

Esso non assorbe corrente di alimentazione dalla batteria quando trasferisce potenza regolata al carico utilizzando l'energia accumulata e richiede solo 950 nA quando è alimentato dalla batteria in assenza di carico. LTC3331 Integra un alimentatore EH ad alta tensione oltre a un convertitore CC/CC buck-boost sincrono alimentato da una batteria principale a celle, ricaricabile, per creare una singola uscita (senza interruzioni) per applicazioni di energy harvesting come quelle delle reti o IoT. L'alimentatore EH di LTC3331, formato da un raddrizzatore a ponte a onda intera che accetta ingressi CA o

CC e da un convertitore buck sincrono ad alta efficienza, accumula l'energia generata da sorgenti piezoelettriche (CA), solari (CC) o magnetiche (CA). Uno shunt da 10 mA consente di caricare la batteria con l'energia così ottenuta, mentre una funzione di disconnessione della batteria quando questa è quasi scarica la protegge dagli effetti della scarica profonda (deep discharge). La batteria ricaricabile alimenta un convertitore buck-boost sincrono che funziona con tensione d'ingresso compresa tra 1,8V e 5,5V e si inserisce quando l'energia accumulata non è disponibile, per regolare l'uscita indipendentemente dal livello a cui si trova l'ingresso: superiore, inferiore o uguale a quello di uscita. Il caricabatteria dell'LTC3331 è dotato di una funzione di gestione della potenza molto importante, che deve essere presa in considerazione quando si impiegano sorgenti di potenza molto ridotte. LTC3331 incorpora una funzione di controllo logico del circuito di carica della batteria tale che questa viene caricata solo quando l'alimentatore che accumula l'energia ne ha una quantità in eccesso; senza questa funzione logica, all'avvio la sorgente di energia accumulata rimarrebbe 'bloccata' in qualche punto di funzionamento non ottimale e non sarebbe in grado di alimentare il dispositivo previsto. Per prevenire tale evenienza, l'LTC3331 inserisce automaticamente la batteria quando la sorgente per energy harvesting non è più disponibile.

Si ottiene così l'ulteriore vantaggio di consentire alla WSN alimentata dalla batteria di prolungarne la durata operativa da 10 a oltre 20 anni se per almeno metà del tempo è disponibile una sorgente di energia ambiente adatta; la durata sarà ancora maggiore se tale sorgente è disponibile per un intervallo più lungo.

Il settore dei dispositivi medici indossabili intelligenti è sulla rampa di lancio, trainato dalla necessità di contenere le cure ospedaliere e dal crescente invecchiamento demografico.

Una nuova gamma di prodotti, tra cui dispositivi indossabili ideati per il controllo della salute e della forma fisica, dotati di una miriade di sensori, consente il monitoraggio di parametri vitali come la frequenza cardiaca e la pressione sanguigna al di fuori dei presidi medici, con tutti i vantaggi che ciò comporta. L'architettura fondamentale di un dispositivo indossabile intelligente dipende dalla tipologia di prodotto, ma essenzialmente è costituita da un microcontrollore, sensori microelettromeccanici, sistemi di connettività wireless, batteria e la necessaria elettronica di supporto.

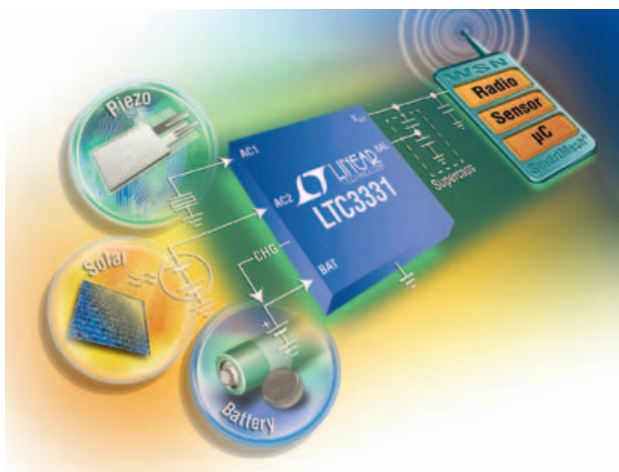


Fig. 2 – Il circuito integrato LTC3331 converte l'energia di più sorgenti e può utilizzare una batteria principale ricaricabile

Lucio Pellizzari

Sensori di visione acustici

Sono europei i pionieri nell'imaging fotoacustico e con questa innovativa tecnologia si realizzano sensori medicali con risoluzione a livello molecolare utilizzabili direttamente sulle persone senza alcun fastidio

La spettroscopia fotoacustica è una tecnica sensoristica già nota a livello industriale, che consente di rivelare le onde sonore generate da alcune sostanze quando sono irradiate dalla luce. In pratica, consiste nel focalizzare l'emissione di un laser impulsato su un piccolo volume di molecole gassose o liquide, le quali si scaldano e si raffreddano sincronizzandosi con il periodo degli impulsi laser e perciò periodicamente si allargano per distanziarsi e subito dopo si riavvicinano. Di conseguenza, il loro volume si dilata e si restringe generando onde di pressione che si propagano nel materiale al di fuori del bersaglio proprio come le onde sonore. Ripetendo gli impulsi fra una decina di Hz e qualche kHz in base alla densità del materiale si ottengono onde acustiche nell'ordine dei MHz e cioè nella banda degli ultrasuoni che sono rilevabili con trasduttori a basso costo. Per queste onde acustiche si parla anche di fononi per analogia con i fotoni delle onde elettromagnetiche ma ciò che interessa ai fini applicativi è la loro correlazione con la luce incidente. A seconda della composizione delle molecole, infatti, si riscontra un ben preciso spettro di risonanza fotoacustica e ciò consente di implementare effetti selettivi di grande efficacia difficilmente ottenibili con altre tecnologie di ispezione. La qualità della visualizzazione offerta dalla spettroscopia fotoacustica nelle analisi chimiche prevalentemente orientate alle applicazioni industriali, ha recentemente indotto molti laboratori a sperimentare questa tecnologia nella rilevazione delle molecole organiche ai fini medicali. La Photoacoustic Imaging (PAI) o visualizzazione di immagini, ottenute grazie all'effetto fotoacustico, si implementa usando un laser a impulsi con lunghezza d'onda nel vicino infrarosso non ionizzante e perciò, innanzi tutto, di comprovata tollerabilità sui tessuti e, in secondo luogo, sufficientemente corti per non causare diffrazione ottica. Con questi impulsi si irradia un tessuto organico, dietro al quale o lateralmente a esso si posiziona un sensore a ultrasuoni, che può pertanto captare le onde acustiche prodotte dall'eccitazione laser sul tessuto. Gli impulsi riescono a penetrare per qualche cm (ma i test dimostrano che si può arrivare a ben oltre 10 cm di profondità) nel tessuto organico in modo indolore a eccezione di un debole calore del tutto innocuo



Fig. 1 – Lo scanner fotoacustico palmare realizzato da Quantel consente di individuare istantaneamente le molecole malate con grande precisione e un'estrema semplicità d'uso

e si può tenere conto della distanza percorsa misurando il tempo di viaggio intracorporeo. Con questo approccio è possibile distinguere la presenza di talune ben precise molecole nel sangue o in altre cellule e individuare in modo non invasivo le patologie più critiche come, per esempio, le metastasi tumorali, senza bisogno di ricorrere ad agenti radioattivi o a radiazioni ionizzanti la cui tollerabilità sui tessuti è tutt'oggi ancora discussa. Inoltre, la risoluzione delle immagini fotoacustiche è dell'ordine di qualche decina di nm e quindi notevolmente superiore non solo rispetto a tutte le attuali tecnologie ambulatoriali, ma anche rispetto alle tecnologie d'imaging medicale, che richiedono sedi ospedaliere attrezzate, come per esempio la tomografia ottica a coerenza di fase (OCT). L'imaging fotoacustico ha già due varianti, che sono la tomografia Photoacoustic Tomography (PAT) e la microscopia Photoacoustic Microscopy (PAM), che si differenziano per la risoluzione delle immagini e per la geometria di posizionamento dei trasduttori ultrasonici, ma non v'è dubbio che le applicazioni per entrambe siano appena agli albori. Un test già sperimentato con successo è la valutazione fotoacustica della forma dei globuli rossi dall'esterno e cioè senza contatto diretto con il sangue. Si tratta di una tecnica diagnostica di grande importanza perché, quando i globuli rossi sono contaminati da un batterio o da un virus, si ingrossano e se invece sono infettati dalla melanina tumorale perdono il tipico colore rosso diventando neri. Ciò consente di valutare dall'esterno il loro stato di salute e individuare le patologie eventualmente presenti direttamente sul paziente, senza dargli alcun fastidio. Sono già state fatte sperimentazioni sulla rivelazione fotoacustica di una varietà di molecole e microrganismi contenenti sostanze cromofore, overosia sensibili su talune lunghezze d'onda e si è anche capito che alcune cambiano la lunghezza d'onda di risonanza in funzione della temperatura e quindi per esempio in funzione della patologia in corso. Per l'imaging fotoacustico basta un laser al neodimio (Nd:YAG) sufficientemente palmare ed economico per essere alla portata di tutti i medici e, inoltre, i test si fanno in tempo reale, senza alcun malessere per chi li affronta e con un'efficacia diagnostica notevolmente migliore

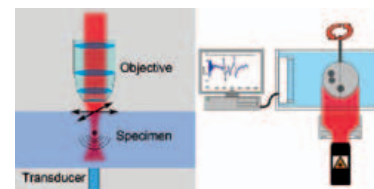


Fig. 2 – Recendt è riuscita a focalizzare in $1 \mu\text{m}^3$ degli impulsi di pochi femtosecondi e grazie a un trasduttore acustico brevettato può visualizzare immagini tridimensionali delle molecole

rispetto a quella delle attuali radiografie, nelle quali il rischio di ionizzare le molecole sane è pur sempre non trascurabile. Tanti e tali vantaggi inducono a prevedere rosse prospettive per questa tecnologia innovativa.

Scanner palmare

Quantel Laser sviluppa dal 1993 anche laser medicali con la sua divisione Quantel Medical. Questa primavera ha realizzato uno scanner portatile per l'analisi fotoacustica, che può essere adoperato non solo dai medici senza alcun addestramento specifico, ma anche da semplici infermieri o allenatori sportivi. Come sorgente laser vengono usati quaranta diodi posti su un nastrino lungo 10 mm per una superficie luminosa effettiva di 5x1 mm, che attraversa un'ottica di micro lenti cilindriche e perciò la scansione sul tessuto organico ha un'area effettivamente colpita di 20x5 mm. Il driver di comando brevettato fa emettere loro impulsi luminosi con durata regolabile da 30 a 100 ns e con circa 1 mJ di energia, mentre la lunghezza d'onda si può regolare nei valori di 805, 915, 940 o 980 nm in funzione del tessuto da esaminare. L'efficienza di conversione dell'energia dalla forma elettrica a quella ottica è del 30% e ciò consente di alimentare il tutto con 2W di potenza media. Lo strumento genera un'immagine su un display dove il software consente di individuare istantaneamente le problematiche cardiovascolari, alcuni agenti cancerogeni e numerose patologie muscolari.

Scansioni PAI 3D

Recendt nasce con l'acronimo Research Center for Non Destructive Testing per dedicarsi allo sviluppo di sensori non invasivi con l'avvallo della società Upper Austrian Research formati per promuovere la collaborazione fra università e imprese austriache impegnate nella ricerca di tutte le nuove tecnologie a elevato valore aggiunto. Nei loro laboratori sono riusciti a perfezionare l'imaging fotoacustico fino a ottenere visualizzazioni a elevatissima risoluzione di bersagli con dimensioni sub micrometriche all'interno di involucri semi trasparenti. Oltre che per le applicazioni industriali, questa tecnologia può diventare un'ottima sostituta dei raggi X per le mammografie e i test sugli organi particolarmente a rischio, come ad esempio il cervello, che pare tollerare bene alcuni di questi test. Il laser utilizzato da Recendt riesce a focalizzare in 1x1x1 μm degli impulsi dell'ordine dei femtosecondi mentre l'array brevettato dei rivelatori Integrating Line Detectors (ILD) può essere posizionato per rilevare le onde acustiche emanate dal bersaglio nelle tre direzioni spaziali e ottenere così una rappresentazione 3D molto utile per visualizzare le alterazioni asimmetriche delle molecole.

PAMmography

Nel dipartimento di **Biomedical Photonic Imaging (BMPI)** dell'università olandese di Twente

è stata realizzata e sperimentata una strumentazione ambulatoriale di PAMmography o Photoacoustic Mammography, costituita da uno scanner palmare che la donna può passare sulla superficie delle mammelle da sola mentre il personale medico si limita a guardare sul monitor per verificare se lo strumento rileva qualsivoglia principio di metastasi mammaria. Oltre a essere molto più precisa rispetto alle radiografie, questa tecnica è più gradita alle donne e non crea alcun tipo di inestetismo. Gli stessi ricercatori olandesi ne hanno realizzato una versione detta PhotoAcoustic Computed Tomography (PA-CT) o tomografia fotoacustica computerizzata, nella quale si inserisce un dito in una sede circolare irradiata da un laser mentre tutt'attorno un array di trasduttori ultrasonici rileva le onde acustiche generate, facendo delle vere e proprie scansioni circolari di ogni sezione del dito per tutta la sua lunghezza. Questo serve per rilevare la propensione a sviluppare malattie reumatiche e ossee come ad esempio l'artrite o l'osteoporosi e curarle preventivamente.

Laser per PAI

Litron Lasers ha sviluppato nuovi laser impulsati al ND:YAG di tipo Q-switched, nei quali l'effetto laser viene appositamente modulato in modo tale da generare sequenze di impulsi adatte all'imaging fotoacustico. La potenza prodotta va dalla decina al centinaio di mJ e le frequenze nel visibile e nell'infrarosso sono scelte perché chiaramente dimostrate come non dannose anche se gli impulsi attraversano qualche cm di tessuto organico. All'uscita del laser un filtro Optical Parametric Oscillator (OPO) consente di regolare la durata degli impulsi nell'ordine dei nanosecondi per adattarli alla tipologia dei test da effettuare di volta in volta. I laser proposti per la visualizzazione PAI sono Aurora OPO, Aurora II Integra e Aurora II-532 Integra e sfruttano come materiale attivo i cristalli di beta-borato di bario (BBO) ma si differenziano per le lunghezze d'onda generate che sono tutte finemente regolabili e vanno da 410 a 680 nm per il primo che produce impulsi di 7 ns con larghezza di riga di 5 cm^{-1} , mentre nel secondo si può scegliere da 410 a 710 nm oppure da 710 nm a 2,3 μm ma c'è anche in opzione l'ultravioletto da 205 a 419 nm. Nel terzo si sceglie da 670 a 1064 nm oppure da 1,064 a 2,3 μm e in questo laser il telaio è più grande e ingegnerizzato per essere montato sui supporti robotizzati per test a scansione. In entrambi questi due laser gli impulsi durano 5 ns, mentre la larghezza di riga scende rispettivamente a 3 e a 4 cm^{-1} .



Fig. 4 – Il laser per imaging fotoacustico Litron Lasers Aurora OPO genera impulsi con durata di 7 ns e larghezza di riga di 5 cm^{-1} nelle lunghezze d'onda che vanno da 410 a 680 nm



Fig. 3 – Alla University of Twente olandese sono state messe a punto la PAMmography, o mammografia fotoacustica, e la PhotoAcoustic Computed Tomography, o tomografia fotoacustica computerizzata

uomini & imprese

Gli uomini che fanno le imprese



Fiera Milano Official Partner



STRATEGIE • MACROECONOMIA • NUOVI MERCATI • INTERNAZIONALIZZAZIONE • FINANZA • FORMAZIONE • INNOVAZIONE

La rivista per il management



Come realizzare un pulsossimetro

Con semplici dispositivi analogici e un controllore di segnali digitali della serie dsPIC è possibile implementare un pulsossimetro di elevata precisione



Un pulsossimetro è una apparecchiatura medica non invasiva che permette di monitorare la saturazione d'ossigeno del sangue di un paziente e la sua frequenza cardiaca. Una tale apparecchiatura può essere realizzato usando dispositivi analogici e un Dsc (Digital Signal Controller).

La storia degli ossimetri risale al 1935, quando il fisico tedesco Karl Matthes sviluppò il primo misuratore di saturazione di O₂ a doppia lunghezza d'onda. Nei primi anni '40 il fisiologo americano Glenn Allan Millikan inventò il primo pulsossimetro portatile.

I dispositivi odierni possono misurare la saturazione dell'ossigeno a livello periferico (SpO₂) del sangue umano, e si basano sulle caratteristiche di assorbimento della luce rossa tra 600 e 750nm e infra-rosso (tra 850 e 1000 nm) di ossiemoglobina (HbO₂) e deossiemoglobina (Hb). Un pulsossimetro di elevata precisione può essere implementato mediante l'utilizzo di dispositivi analogici e di digital signal controller, come la famiglia dsPIC di **Microchip**. Il principio di funzionamento è riportato in figura 1.



Principio di funzionamento

Il pulsossimetro, che si applica al dito di una mano, emette fasci di luce nel campo del rosso e dell'infrarosso alternativamente: questi attraversano il dito e vengono "raccolti" da un fotodiodo ricevitore. HbO₂ assorbe più luce infrarossa, lasciando passare attraverso il dito più luce rossa. Viceversa Hb assorbe più luce rossa e lascia passare più luce infrarossa.

Il fotodiodo riceve la luce non assorbita da ognuno dei LED. Questo segnale viene invertito utilizzando un amplificatore operazionale (op amp) invertente e il risultato, riportato in figura 2, rappresenta la luce che è stata assorbita dal dito.

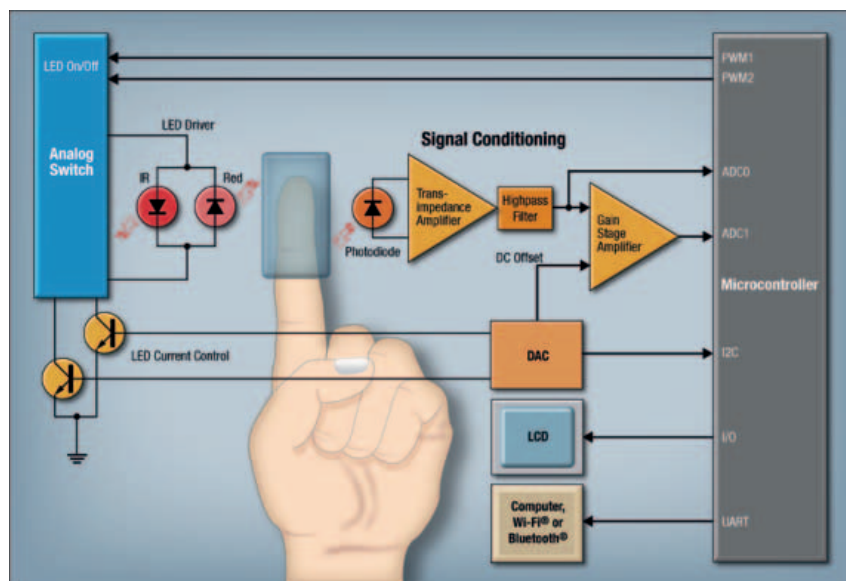


Fig. 1 – Schema a blocchi del funzionamento di un pulsossimetro

Le ampiezze delle pulsazioni (V_{pp}) dei segnali rosso e infrarosso vengono misurate e convertite in V_{rms} per produrre il seguente rapporto:

$$\bullet \text{ Rapporto} = (\text{Rosso AC V}_{rms} / \text{Rosso DC}) / (\text{Infrarosso AC V}_{rms} / \text{Infrarosso DC})$$

L'SpO₂ può essere determinato utilizzando il valore del rapporto e una tabella di ricerca (look up table) realizzata a partire da formule empiriche. La frequenza delle pulsazioni viene calcolata sulla base del numero dei campioni e della frequenza di campionamento di un convertitore analogico /digitale (ADC).

La tabella di ricerca è un parte essenziale del sistema. Queste tabelle sono specifiche per un particolare tipo di ossimetro e sono solitamente basate su curve di calibrazione riviste sulla base di un gran numero di misure condotte su un soggetto sano a diversi livelli di SpO₂.

Uno sguardo ai circuiti

La sonda SpO₂ utilizzata in questo esempio è una clip da dito standard Nellcor compatibile che integra un LED rosso, un LED all'infrarosso e un fotodiode. I LED vengono controllati dal relativo circuito di pilotaggio.

La luce rossa e la luce infrarossa che attraversano il dito vengono rilevate dal circuito di condizionamento del segnale e inviate al modulo ADC con risoluzione di 12 bit del microcontrollore dove può venire calcolata la percentuale di SpO₂. Un commutatore analogico dual-spot pilotato da due segnali PWM provenienti dai microcontrollore che accendono e spengono alternativamente i LED a luce rossa e infrarossa. Per acquisire un numero adeguato di campioni dell'ADC e avere un tempo sufficiente per l'elaborazione dei dati prima che l'altro LED si accenda, i LED vengono accesi e spenti in base al diagramma di temporizzazione riportato in figura 3.

Corrente e intensità del LED vengono controllati da un convertitore digitale/analogico (DAC) con risoluzione a 12 bit pilotato dal microcontrollore.

Nel circuito di condizionamento dei segnali sono presenti due stadi, l'amplificatore a transimpedenza e l'amplificatore di guadagno. Un filtro passa-alto è posto tra i due stadi. L'amplificatore a transimpedenza converte la corrente di pochi microampere generata dal fotodiode in una tensione di pochi microvolt. Il segnale ricevuto dal primo stadio amplificatore passa attraverso il filtro passa-alto, appositamente progettato per ridurre le interferenze della luce di fondo. L'uscita del filtro è inviata a un secondo stadio amplificatore con un guadagno pari a 22 e offset in DC di 220 mV. I valori di guadagno e di offset DC sono impostati in modo tale da rendere il livello del segnale in uscita dall'amplificatore di guadagno compatibile con l'ordine di grandezza gestibile dall'ADC del microcontrollore.

L'uscita del circuito di condizionamento del segnale analogico è connesso al modulo ADC dei digital signal controller della famiglia dsPIC. Un campione dell'ADC viene prelevato durante ogni periodo di accensione del LED, mentre un altro campione viene prelevato quando entrambi i LED sono spenti.

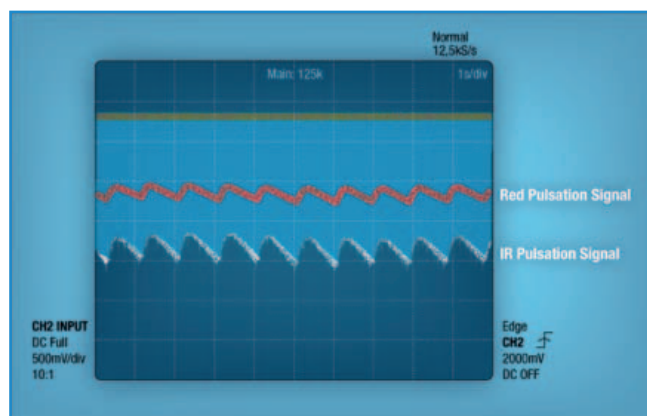


Fig. 2 – Segnali delle pulsazioni rosse e infrarosse catturati da un oscilloscopio in tempo reale

Sfruttando le risorse di calcolo dell'engine di elaborazione del segnale digitale integrato nei digital signal controller (DSC), è possibile implementare un filtro FIR passabanda digitale per filtrare i dati dell'ADC. I dati filtrati sono utilizzati per calcolare l'ampiezza dell'impulso. Il codice del filtro digitale può essere generato utilizzando i tool per la progettazione di filtri digitali di Microchip.

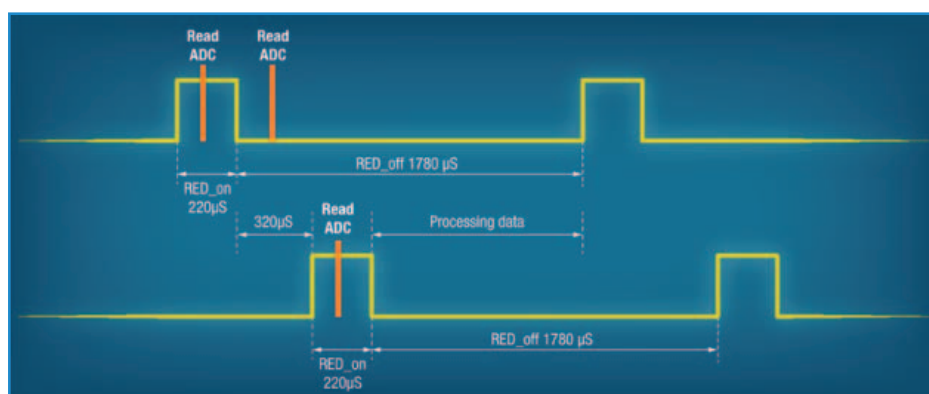


Fig. 3 – Diagramma di temporizzazione dei LED

Il filtro passabanda FIR ha una frequenza di campionamento di 500 Hz, frequenze passabanda di 1 e 5 Hz, frequenze arrestabanda di 0,05 e 25 Hz, finestra di Kaiser, ondulazione nella banda passante di 0,1dB, ondulazione nella banda di arresto di 50 dB e lunghezza del filtro pari a 513 campioni. In questo articolo sono state illustrate le modalità da seguire per realizzare (a fini di valutazione e di sviluppo) un pulsossimetro utilizzando dispositivi analogici e digital signal controller (DSC). L'SpO₂ e i dati di frequenza di impulso possono essere inviati a un computer attraverso una porta UART sfruttando l'analizzatore seriale PICkit. L'impostazione della porta seriale è 115200-8-N-1-N. Il segnale dell'impulso può essere tracciato utilizzando un'applicazione come ad esempio la GUI per la visualizzazione di dati seriali di Microchip. I dati possono anche essere inviati a un modulo Wifi o Bluetooth attraverso la porta UART.

Nanoparticelle magnetiche per la medicina e per la decontaminazione

Il magnetismo conferisce alle nanoparticelle la possibilità di essere attratte dove servono e rendere più efficaci le tecniche teranostiche e i processi di decontaminazione dei liquidi, ambiti dove stanno nascendo promettenti start-up italiane

I recenti sviluppi delle nanotecnologie consentono di sintetizzare oggetti composti da particelle con dimensioni attorno alla decina di nanometri e quindi molto vicine a quelle dei microorganismi che circolano nel nostro corpo ma centinaia di volte inferiori a quelle delle cellule, nelle quali perciò possono entrare. La nanomedicina teranostica mira a funzionalizzare alcuni tipi di nanoparticelle affinché possano svolgere compiti diagnostici e/o terapeutici, unendo alle nanoparticelle "trasportatrici" un agente di contrasto che possa essere agevolmente rivelato dall'esterno, oppure un agente farmacologico capace di attaccare selettivamente solo i microrganismi nocivi o i tessuti malati. In entrambi i casi uno dei problemi più difficili è far arrivare le nanoparticelle esattamente dove le si vuole, prima che la circolazione sanguigna abbia possibilità di indebolirle o espellerle. Per rendere le nanoparticelle più efficaci si è perciò pensato di farle "guidabili", conferendo loro una magnetizzazione che le costringa a muoversi nel corpo in risposta a un campo magnetico applicato esternamente. Perfetti a tal scopo sono gli ossidi di ferro Fe_2O_3 e Fe_3O_4 (ruggine e magnetite) già utilizzati in altri ambiti medici perché non tossici per l'organismo, oltre che elettricamente isolanti e magnetizzabili con una debole curva d'isteresi che li rende duttili e movibili a comando, senza rischi.

Sono facilmente accoppiabili a un agente diagnostico o terapeutico e poi racchiudibili con un mantello polimerico che ne facilita il movimento nel sangue, dove si possono iniettare, per poi orientarli in qualche zona del corpo semplicemente applicandovi dall'esterno una de-

bole calamita. Le prime applicazioni di questo tipo sono state sperimentate nell'imaging a risonanza magnetica, dove le nanoparticelle ferromagnetiche possono sostituire molti degli agenti di contrasto radioattivi attualmente impiegati per evidenziare le zone tumorali. I risultati sono ugualmente buoni e in più c'è il vantaggio della biocompatibilità che ne semplifica l'eliminazione da parte dell'organismo. Ancor più promettente è l'ipertermia magnetica, che consiste in nanoparticelle capaci di riscaldarsi quando vi si applica dall'esterno un opportuno campo magnetico alternato con periodo inferiore al tempo di rilassamento della loro magnetizzazione. Le prime sperimentazioni con il cobalto hanno dimostrato che in questo modo è possibile uccidere le cellule tumorali con buona precisione senza danneggiare le cellule vicine. Poiché, tuttavia, il cobalto è tossico e difficile da far smaltire all'organismo, attualmente si studia come sostituirlo con altre nanoparticelle biocompatibili e perciò si sperimentano quelle più somiglianti alle proteine e soprattutto quelle già disponibili in natura come i liposomi, i lipidi o i fosfolipidi.

Un ambito applicativo dove le nanoparticelle magnetiche stanno attirando investimenti è la pulizia dei liquidi inquinati, grazie alla possibilità di miscelarvi delle ferriti composte da ossidi di ferro e materiali ceramici capaci di legarsi alle sostanze da catturare. Basta poi far fluire il tutto attraverso un condotto, affinché un campo magnetico attiri le ferriti trascinando via di conseguenza anche il loro carico inquinante e lasciando il liquido pulito. Anche qui ci sono i vantaggi della maggior efficienza rispetto alle attuali tecnologie e dell'ecosostenibilità del processo.

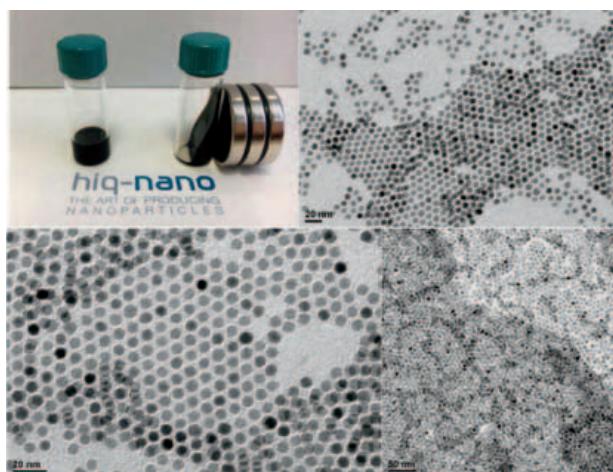


Fig. 1 – HiQ-Nano è la spin-off dell'IIT di Genova dedicata alla produzione di nanoparticelle magnetiche con funzionalità applicative specifiche per la medicina teranostica

Nanomateriali biomedicali

Finanziato dall'Unione Europea il progetto Mag(net)icFun, o "Functionalized Magnetic Nanoparticles and their Application in Chemistry and Biomedicine", mira a sviluppare nanoparticelle magnetiche per impieghi chimici e biomedicali. In quest'ambito si studia come produrre e applicare le nanoparticelle magnetiche per rilasciare farmaci a cellule specifiche all'interno del corpo, migliorare la risoluzione dell'imaging a risonanza magnetica e decontaminare l'acqua dalle sostanze inquinanti. Per l'Italia partecipa il dipartimento **Nanomaterials for Biomedicals (NfB)** dell'**Istituto Italiano di Tecnologia di Genova** diretto dalla dott.ssa Teresa Pellegrino. L'attività dell'NfB consiste nella preparazione e caratterizzazione di nano-oggetti realizzati con materiali nanostrutturati per applicazioni biomediche e composti da parti organiche e parti inorganiche, ciascuna con le sue proprietà ottiche, chimiche e magnetiche. L'obiettivo è di valorizzare i nanomateriali, per utilizzarli in sostituzione delle attuali chemioterapie e radioterapie e a tal scopo sviluppare soprattutto le nanoparticelle magnetiche e magneto-plasmoniche per l'ipertermia magnetica o per la foto-ablazione. Grazie ai brevetti dell'NfB, è sorta la spin-off

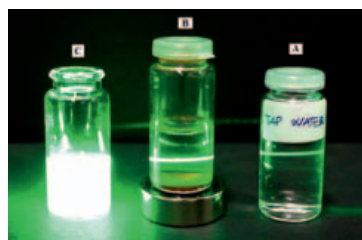


Fig. 2 – Le nanoparticelle magnetiche ingegnerizzate da Captive Systems di Milano possono separare l'acqua dal petrolio come si vede nella provetta in centro mentre a sinistra sono mescolati e a destra c'è solo acqua

HiQ-Nano, che ha come slogan "the art of producing nanoparticles" e si occupa di sintetizzare e produrre nanoparticelle con funzionalità applicative specifiche. Si può scegliere fra nanoparticelle magnetiche con diametro da 6 a 20 nm, nanoparticelle d'oro, d'argento e di silicio, nanoparticelle fluorescenti da utilizzare come agenti di contrasto, nano perline (nanobead) con superficie esterna custom adatta alle condizioni d'utilizzo e diametro che va da 25 a 150 nm e, infine, quantum-dots per sorgenti d'illuminazione. Un progetto portato avanti al **Nanostructured Fluorinated Materials Lab (NFMLab)** del **Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica Giulio Natta (CMIC)** del **Politecnico di Milano** si occupa di sviluppare nanoparticelle composte da liposomi, che sono grassi già presenti nel sangue ma facilmente sintetizzabili in laboratorio. Ci sono due vantaggi perché, innanzitutto, hanno una cavità al loro interno dove si può inserire un agente diagnostico o terapeutico e, inoltre, in base alla composizione molecolare del loro mantello possono essere sintetizzati con capacità selettive più affini a taluni tessuti organici piuttosto che ad altri. Se si aggiunge la magnetizzazione, che consente di attrarli in punti ben precisi dell'organismo, si ottengono agenti con ottime funzionalità teranostiche.

Nano decontaminazione

Una possibilità applicativa molto promettente delle nanoparticelle magnetiche è l'osmosi per la purificazione dell'acqua dalle sostanze inquinanti come microorganismi, metalli o sostanze organiche. Al CMIC del Politecnico di Milano hanno dimostrato che la separazione magnetica che consente di adsorbire gli inquinanti è efficace e veloce, spende poca energia e per di più consente di recuperare le nanoparticelle magnetiche disperse senza ulteriori passaggi di filtrazione.

Captive Systems è nata come spin-off del Politecnico di Milano per produrre e commercializzare nanoparticelle magnetiche utilizzabili per captare gli inquinanti in acqua, aria e suolo. Le particelle di magnetite sono trattate in modo tale da disperdersi facilmente nell'acqua ma conservare affinità con le fasi oleose, che possono adsorbire o emulsionare mentre nel contempo sono suscettibili ai campi magnetici. Hanno dimensioni che variano da alcuni nanometri alle decine di micrometri e vengono sospese in fluidi capaci di polarizzarsi in presenza di un campo magnetico, in modo tale da separare efficacemente il contenuto inquinante catturato. La loro



Fig. 3 – Graftonica ha ingegnerizzato la polimerizzazione delle nanoparticelle per conferirle proprietà meccaniche, elettriche o magnetiche che le trasformano in materiali macromolecolari funzionalizzati

superficie è rivestita da gruppi funzionali che favoriscono selettivamente l'interazione con le sostanze inquinanti da rimuovere come, per esempio, olio, arsenico, idrocarburi o tensioattivi. **Graftonica** è

nata come start-up del **Dipartimento di Scienza dei Materiali dell'Università di Milano-Bicocca** e si occupa dei processi chimici che consentono di far crescere uno strato di polimero sulle nanoparticelle in modo da coniugare le proprietà funzionali di queste con quelle strutturali della plastica.

Ciò consente di circondare ogni singola nanoparticella con una "capsula" dello stesso materiale in cui verrà inserita, in modo tale da favorirne l'aggregazione e impedire la sua dispersione in altri materiali.

Con questi additivi polimerici le nanoparticelle acquistano proprietà meccaniche, elettriche e magnetiche tipiche di altre classi di materiali, diventando, così, competitive nelle applicazioni attualmente riservate a ceramiche o metalli, con il vantaggio di un'elevata sostenibilità ambientale.

Questi processi consentono di ottenere materiali macromolecolari funzionalizzati con proprietà utilizzabili nella fotonica, nella nanomedicina e in tutte le applicazioni della filiera plastica biocompatibile. ■

Protezione per i sistemi di defibrillazione

MAX30034 di Maxim Integrated Products è un dispositivo che ha lo scopo di proteggere i circuiti dagli impulsi di defibrillazione e dalle scariche elettrostatiche (ESID). Questo componente è destinato agli apparati medici come defibrillatori e sistemi ECG diagnostici e di monitoraggio. Rispetto agli approcci ed ai componenti convenzionali permette di



avere un risparmio di spazio superiore al 75% e ridurre la lista dei materiali. Questo componente a quattro canali usa una topologia che consente di assorbire senza danni gli impulsi ad alta energia, deviandoli lontano dai circuiti sensibili. Richiede due coppie di resistenze esterne per ciascun canale, semplificando la progettazione, riducendo le dimensioni complessive e le dispersioni di corrente. Il dispositivo può sopportare oltre 100.000 impulsi di defibrillazione senza guastarsi e mantenendo una corrente di dispersione inferiore a 10 pA.

Breg Flex per migliorare il recupero

Breg ha presentato Breg Flex, una soluzione progettata per facilitare e migliorare il recupero a domicilio dei pazienti in seguito a interventi di chirurgia ortopedica. Breg Flex utilizza un sensore wireless Bluetooth wireless, indossato dai pazienti, per monitorare i progressi con esercizi di fisioterapia prescritti e un'applicazione mobile che guida i pazienti alla corretta esecuzione degli esercizi con dimostrazioni video. Il sensore e l'applicazione mobile lavorano insieme per tracciare i vari movimenti, elemento fondamentale per ottenere risultati di recupero efficaci e condividere informazioni in tempo reale sui progressi fatti.



Sistemi di raffreddamento per laser medicali

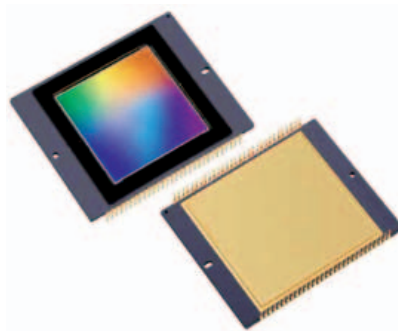
Laird ha realizzato dei moduli termoelettrici (TEM) e assemblaggi (TEA) che permettono di rendere stabile il funzionamento dei sistemi laser per applicazioni medicali anche quando operano al massimo delle prestazioni. Il sistema funziona controllando la temperatura operativa del laser medicale in modo che lavori in una gamma di parametri definiti. I moduli termoelettrici offrono un controllo molto preciso della temperatura (± 0.01 gradi) e possono spostare il calore fino a 15W per centimetro quadrato.



Per i TEA, le versioni Air-to-Air e Direct-to-Air consentono la rimozione del calore fino a 40W (Tunnel Series) e fino a 195W (Power-Cool Series) mentre la serie Liquid (raffreddamento liquido-aria) raggiunge i 160W.

Sensore di immagini per applicazioni medicali

ON Semiconductor ha annunciato la disponibilità del nuovo sensore di immagini KAF-09001 destinato a applicazioni scientifiche e medicali. In campo medico, l'elevata sensibilità di questo sensore CCD full frame consente, per esempio, di avere immagini con



un dosaggio ridotto di raggi X per le radiografie facilitando il posizionamento del paziente. Per le principali caratteristiche tecniche, questo sensore monocromatico ha una risoluzione di 9,1 megapixel (3024x3024 pixel attivi) e le dimensioni dei pixel sono di 12 μm . Il clock massimo è di 20 MHz e la gamma dinamica è di 84 dB a 3 MHz e di 75 dB a 20 MHz. Il sensore è suddiviso in quattro quadranti e l'elevata uniformità consente di preservare l'integrità dell'immagine.

Workstation per applicazioni medicali e industriali

Kontron HPW 410 è una workstation ad alte prestazioni destinata a applicazioni medicali e industriali. La workstation è basata sui processori Xeon Xeon E5-2600 v4 di Intel (si



possono installare fino a due CPU a seconda delle versioni) e utilizza fino a 256 Mbyte di memoria, con il supporto opzionale per l'ECC. Si possono installare fino a tre schede GPGPU, per applicazioni di imaging processing nei settori medicali e industriale. La versione con singolo processore supporta fino a due schede PCIe x16 Gen3, mentre nella versione biprocessore le schede PCIe x16 Gen3 supportate sono quattro.

HPW 410 è stata progettata per un uso continuo, è resistente a urti e vibrazioni e può essere utilizzata in una gamma di temperature da 0 °C a 50 °C. I sistemi operativi supportati sono Windows Server 2012 R2, Windows 7/10 e Linux Red Hat.

*cosa c'è dietro
ad un progetto vincente?*



contradata[®]
industrial computing solutions

I sistemi fanless più avanzati, flessibili e modulari



- ✓ Intel® Atom™ and Intel® Core™ i3/i5/i7 fanless systems
- ✓ 9-48VDC input with over-voltage & over-current protection
- ✓ RS-232/422/485 and Digital I/O with optical isolation
- ✓ Integrated SuperCap and multiple I/O technology
- ✓ Up to 6x Intel® Gigabit Ethernet ports with 4x PoE+ ports
- ✓ Operating temperature up to -40° to +70° C
- ✓ E-mark, EN-50155 and EN-50121-3-2 certified

www.contradata.it
info@contradata.it Tel. (+39) 039 2301492

distributore ufficiale Italia:

cicoze

mouser.it

Prodotti d'avanguardia per progetti innovativi™

M
mouser.com

HRS
HIROSE ELECTRIC CO., LTD.

TDK

ANALOG DEVICES
AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

RENESAS

VISHAY

STE
connectivity
AUTHORIZED DISTRIBUTOR

amun

Coilcraft

molex

infineon

SILICON LABS

intel

BROADCOM
connecting everything®

TEXAS INSTRUMENTS

microchip

NXP

muRata
INNOVATOR IN ELECTRONICS

OMRON
ELECTRONIC COMPONENTS

ST
life.augmented

maxim integrated

HARTING
Pushing Performance

Radiall

Atmel
A subsidiary of Microchip Technology Inc.

KEMET
The Capacitance Company
CHARGED.

Littelfuse
Expertise Applied | Answers Delivered

FAIRCHILD

OSRAM
Opto Semiconductors

PHOENIX CONTACT

ROHM
SEMICONDUCTOR

CREE
AUTHORIZED DISTRIBUTOR

LUMILEDS

Amphenol

ON
ON Semiconductor®

Microsemi

CYPRESS
EMBEDDED IN TOMORROW™

BOSCH
Invented for life

La più ampia selezione dei prodotti più innovativi.

Più di 4 milioni di prodotti di oltre 600 produttori.

Distributore autorizzato di semiconduttori
e componenti elettronici per ingegneri e progettisti.



MOUSER
ELECTRONICS.