

AREE DI RICERCA – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BERGAMO

NOME GRUPPO DI MICROELETTRONICA E SENSORI



IL GRUPPO IN BREVE

Il gruppo di microelettronica e sensori dell'Università di Bergamo si occupa della progettazione e della caratterizzazione di dispositivi innovativi e circuiti integrati nelle tecnologie di frontiera dei semiconduttori. Il laboratorio di microelettronica sviluppa anche microsistemi e sensori per nuove applicazioni Internet of Things.

TEAM DI RICERCA

- Prof. Valerio Re
- Prof. Massimo Manghisoni
- Prof. Gianluca Traversi
- Dott. Luigi Gaioni

INTERESSI DI RICERCA

- Progetto di sensori CMOS e di circuiti integrati di front-end analogici e a segnali misti per rivelatori di radiazione in applicazioni di fisica delle alte energie, imaging di raggi X e fisica astroparticellare
- Studio del rumore e della resistenza alle radiazioni in dispositivi elettronici e circuiti
- Sviluppo di strumentazione di misura per la caratterizzazione di dispositivi a stato solido e circuiti microelettronici
- Progetto e sviluppo di sensori indossabili per il monitoraggio remoto di parametri fisiologici, biomedicali e ambientali
- Sviluppo di sensori per applicazioni IoT

LABORATORIO

www.unibg.it/microlab

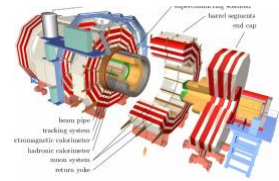
COLLABORAZIONI INDUSTRIALI

- STMicroelectronics
 - Il Laboratorio di Microelettronica e Sensori è Proof of Concept (POC) di STMicroelectronics. I PoC Labs sono centri per lo sviluppo e la prototipazione di nuove idee nell'ambito dell'Internet of Things, smart driving ed Industria 4.0.
- 221e srl

PROGETTI FINANZIATI (SELEZIONARE MAX 5 PROGETTI TRA I PIU' RECENTI)

■ CMS

- CMS (Compact Muon Solenoid) è un esperimento progettato da una collaborazione di 181 istituzioni scientifiche per operare al collider adronico LHC presso i laboratori del CERN di Ginevra. Uno degli obiettivi principali dell'esperimento è lo studio del bosone di Higgs. Gli obiettivi dell'esperimento riguardano inoltre la ricerca di particelle super-simmetriche e della materia oscura.
- *Nell'ambito delle attività legate all'upgrade di fase II di CMS, il gruppo di Bergamo è finanziato dall'INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare) per contribuire allo sviluppo di un circuito integrato per la lettura dei nuovi sensori a pixel che saranno installati al CERN nella prossima decade. Questa attività si svolge nell'ambito della collaborazione internazionale RD53, a cui partecipano istituzioni di ricerca europee e statunitensi.*
- <http://rd53.web.cern.ch/rd53/>



■ AIDA2020

- Progetto finanziato dall'Unione Europea, Horizon 2020 Research and Innovation programme under Grant Agreement no. 654168.
- Lo scopo del progetto di ricerca AIDA-2020 consiste nel migliorare le tecnologie dei sistemi microelettronici e dei sensori per la rivelazione di particelle, tramite l'utilizzo di processi CMOS in scala nanometrica e di tecniche per l'integrazione 3D.
- <http://aida2020.web.cern.ch>



■ RADAR-CNS

- *Tipologia:* Progetto finanziato dall'Unione Europea, Horizon 2020 research and innovation program and EFPIA.
- RADAR-CNS riunisce clinici, ricercatori, ingegneri, informatici e bioinformatici di tutto il mondo allo scopo di sviluppare nuovi metodi per misurare i principali disturbi depressivi, l'epilessia e la sclerosi multipla utilizzando sensori indossabili abbinati a smartphone. RADAR-CNS mira a migliorare la qualità della vita delle persone e a cambiare il modo in cui la depressione, l'epilessia e la sclerosi multipla sono gestite e trattate.



- <https://www.radar-cns.org>

■ DSSC

- *Tipologia:* collaborazione internazionale tra diverse università e enti di ricerca, come l'Università di Heidelberg, il Politecnico di Milano, l'Università di Bergamo, e il centro DESY di Amburgo. Progetto finanziato dallo European XFEL.
- Scopo del progetto è lo sviluppo di un rivelatore di raggi X per esperimenti all'European XFEL. Il rivelatore è basato su un sensore a pixel in silicio, letto da un circuito microelettronico a bassissimo rumore, con ADC e memoria RAM integrati nelle celle di lettura dei pixel. XFEL (X-ray Free Electron Laser) è un tipo di laser a elettroni liberi in cui viene emesso un fascio di raggi X con elevatissima focalizzazione e intensità. La lunghezza d'onda



minima, dell'ordine di un Angstrom, e l'intensità del raggio laser disponibile nei sistemi FEL rendono possibile vedere oggetti con dimensioni nanometriche. Questi esperimenti consentono di studiare la struttura dei materiali su scala atomica e di caratterizzare processi chimici e biologici, con ricadute in molti settori scientifici (medicina, energia, elettronica,...).

- o <https://www.xfel.eu/>

- **GAPS**

- o *Tipologia:* Collaborazione internazionale. Progetto finanziato dalla National Aeronautics and Space Administration (NASA), Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), Agenzia Spaziale Italiana (ASI), Japanese Space Agency (JAXA).
- o Il progetto di ricerca prevede la realizzazione di un nuovo sistema microelettronico per leggere sensori in silicio a deriva di litio con l'obiettivo di studiare la materia oscura tramite la rivelazione di particelle di anti-deuterio da raggi cosmici. Il progetto prevede di realizzare un chip multicanale in tecnologia CMOS ad elevata densità di integrazione che dovrà essere pronto in tempo utile per il lancio del pallone stratosferico per la messa in quota che attualmente è prevista per la seconda metà del 2020 dalla stazione di McMurdo in Antartide.
- o <http://gaps1.astro.ucla.edu/gaps>



ALTRE INFORMAZIONI

Di seguito sono riportate le principali aree di ricerca alle quali lavorano i membri del gruppo.

1. Progetto e test di circuiti integrati

1.1. Progettazione di circuiti integrati CMOS a segnali misti

Il gruppo progetta circuiti integrati a segnali misti in tecnologie CMOS da 180 nm a 28 nm per l'elaborazione di segnali da sensori in silicio a pixel e a strisce. Nell'ambito di collaborazioni nazionali e internazionali (CERN, Fermilab) nel laboratorio di Microelettronica si lavora attualmente al progetto di un chip CMOS 65 nm per il readout dei rivelatori a pixel per l'esperimento CMS al CERN. Si stanno inoltre sviluppando blocchi CMOS 28 nm per l'I/O di segnali digitali. Il gruppo lavora anche con tecnologie di integrazione 3D per la realizzazione di circuiti microelettronici analogico-digitali multistrato.

1.2. Caratterizzazione di tecnologie CMOS in scala nanometrica

Le tecnologie CMOS in scala nanometrica sono oggi ampiamente utilizzate nell'ambito del progetto di sistemi di front-end misti analogico-digitali. Tali tecnologie garantiscono un'elevata densità di integrazione e sono molto promettenti in termini di resistenza alle radiazioni. Il continuo scaling tecnologico, che permette la realizzazione di dispositivi con lunghezze di canale dell'ordine delle decine di nanometri, rende necessario uno studio approfondito delle prestazioni analogiche di tali dispositivi, in particolare dal punto di vista delle proprietà di rumore. Nell'ambito di questa attività di ricerca, è stato sviluppato un modello accurato per l'analisi di rumore di transistor CMOS, per i quali sono stati considerati effetti di canale corto e gli effetti legati ai contributi parassiti delle resistenze di gate e di substrato. Tale modello è stato validato grazie ad un confronto esaustivo con risultati sperimentali. Questi studi sono stati estesi alle proprietà di resistenza

alle radiazioni di dispositivi CMOS appartenenti ai più recenti nodi tecnologici, in vista della loro applicazione in sistemi di front-end per rivelatori resistenti alle radiazioni per applicazioni spaziali, per imaging di raggi X e per esperimenti di fisica delle alte energie.

1.3. Sensori monolitici a pixel attivi CMOS per applicazioni alla tracciatura di particelle e all'imaging di raggi X

I sensori monolitici a pixel attivi (MAPS) in tecnologia CMOS sono considerati molto promettenti come sostituti, o validi concorrenti, dei rivelatori CCD in molte applicazioni. La ragione principale del crescente interesse per i MAPS CMOS risiede nella possibilità di integrare, nel medesimo substrato, l'elettronica di readout e l'array di sensori, sfruttando così l'elevata densità di integrazione e la bassa dissipazione di potenza offerte dai moderni processi CMOS. Questa soluzione è stata impiegata nello sviluppo di un prototipo di sensore CMOS per il rivelatore di vertice di uno degli esperimenti all'International Linear Collider (ILC). E' inoltre previsto l'avvio del progetto di sensori a pixel CMOS 110 nm in substrato ad alta resistività per l'imaging di raggi X ai FEL e alle luci di sincrotrone di ultima generazione.

2. IoT e sensori indossabili

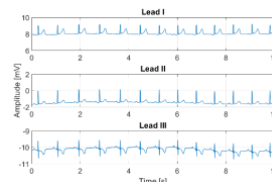
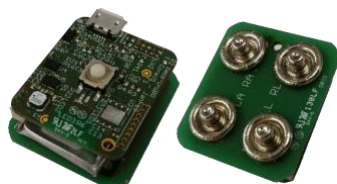
2.1. Sensori indossabili per motion tracking e sistemi di navigazione

Questo progetto di ricerca mira a fornire soluzioni innovative dal punto di vista del consumo di potenza, degli algoritmi impiegati, della comunicazione dati e della miniaturizzazione. Tali soluzioni sono concepite principalmente per sistemi di riabilitazione basati su applicazioni di motion tracking. Inoltre, grazie alle più avanzate tecnologie microelettroniche, il gruppo di ricerca ha progettato piattaforme "general purpose" per sistemi di navigazione indoor, realtà aumentata, previsioni meteorologiche e monitoraggio di parametri ambientali. In collaborazione con istituzioni cliniche, i sensori indossabili sviluppati dal gruppo sono utilizzati per il monitoraggio di pazienti affetti da malattie del sistema nervoso centrale (morbo di Parkinson, sclerosi multipla).



2.2. Piattaforma indossabile per la misura di ECG

Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), l'ischemia cardiaca è la causa principale di decesso nel mondo negli ultimi 15 anni. In questo contesto, la diagnosi precoce svolge un ruolo chiave che può essere attuato attraverso screening mirati su pazienti ad alto rischio. L'elettrocardiogramma (ECG o EKG) è uno degli esami più comuni e affidabili per la diagnosi di malattie cardiovascolari e di altre ad esse connesse. Questa attività di ricerca ha portato allo sviluppo di una piattaforma wireless indossabile concepita per applicazioni di monitoraggio ECG a più derivazioni. Il sistema è in grado di effettuare misure bioimpedenzimetriche, che forniscono una stima della frequenza respiratoria, e integra una serie di sensori per la misura di altri parametri fisiologici, come la temperatura della pelle, la temperatura ambiente e l'accelerazione del corpo nello spazio tridimensionale. Il sistema sviluppato sarà integrato in un indumento realizzato con un apposito tessuto in grado di veicolare i segnali ECG dal corpo alla piattaforma multisensore.



2.3. Fotopleletismografia

La fotopleletismografia (PPG) è una tecnica ottica semplice ed economica che può essere utilizzata per rilevare i cambiamenti del volume sanguigno presente nel letto microvascolare di un tessuto. Lo scopo di questa attività è lo sviluppo di un sistema indossabile basato sulla fotopleletismografia in grado di monitorare parametri fisiologici quali frequenza cardiaca (HR), saturazione (SpO₂), variabilità della frequenza cardiaca (HRV) e pressione sanguigna. La sonda PPG si trova nel condotto uditivo con l'obiettivo di mantenere un adeguato comfort dell'utente durante l'attività fisica. Il prototipo realizzato è in grado di comunicare con dispositivi smartphone e PC tramite una connessione Bluetooth.



2.4. Monitoraggio della disidratazione con sensori indossabili

Le tecnologie per il monitoraggio remoto della salute stanno evolvendo rapidamente, motivate principalmente dall'evoluzione tecnologica di sensori e microsistemi integrati. I sensori indossabili real-time sono estremamente diffusi nell'ambito fitness/wellness: la tecnologia è entrata nello sport a livello professionale, diffondendosi poi a utenti amatoriali, permettendo il monitoraggio della nostra salute durante l'attività fisica, con un feedback immediato su smartphone e PC. Questa attività ha condotto alla realizzazione di una piattaforma indossabile che integra un sensore di pH del sudore, basato sull'impiego di tessuti "smart", e un sensore di temperatura cutanea ad alta risoluzione. La miniaturizzazione del dispositivo e l'interfaccia Bluetooth contribuiscono alla realizzazione di un sistema semplice da utilizzare.



2.5. Sviluppo di sistemi di diagnostica di fascio per acceleratori in ambito medicale

Il rapido progresso tecnologico ha portato negli ultimi anni ad un'evoluzione in tutti i settori della medicina e ha influenzato in modo significativo quello della radioterapia oncologica. Oggi una nuova frontiera nella radioterapia è rappresentata dall'adroterapia, che prevede l'impiego di protoni e ioni carbonio nel fascio di particelle usato per la cura del tumore. Le proprietà fisiche intrinseche di tali particelle permettono di conformare la dose "intorno al tumore" con maggiore precisione risparmiando i tessuti sani circostanti e, in particolare con gli ioni carbonio, si ha il vantaggio di indurre un danno maggiore al tumore superando la sua radio resistenza intrinseca. Questa attività di ricerca è svolta in collaborazione con AVO/ADAM al CERN, ed è focalizzata allo sviluppo di un sistema di misura di tipo "non intercettivo" dell'energia del fascio di protoni basato sulla tecnica del Time-of-Flight (ToF).