



# Le attività di ricerca del DEI in Ingegneria Elettronica"

**Matteo Meneghini** 

Assegnista di ricerca DEI

email: matteo.meneghini@dei.unipd.it



- 1. Perché è importante studiare e fare ricerca in Ingegneria Elettronica?
- 2. Cosa si può imparare? Le attività di ricerca del DEI



### Alcuni luoghi comuni:

- l'elettronica è una scienza matura (non vi sono più innovazioni tecnologiche, è tutta questione di software)
- le applicazioni più "cool" sono sviluppate solo all'estero
- l'elettronico si occupa solo di circuiti (legge di Ohm, reti elettriche, ecc...)



#### -l'elettronica è una scienza matura?

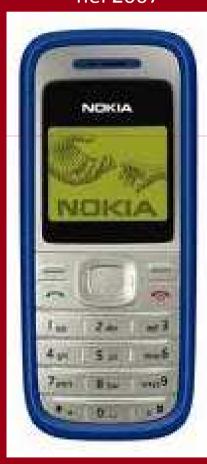
#### Best-selling mobile phones

Nokia 1200, 150 milioni venduti nel 2007

Apple iPhone 5, 128.5 milioni venduti nel 2012

-vi sono ancora innovazioni tecnologiche

-Il miglioramento non è solo legato al software (app) o alla connettività



Notes Remoders Cook Stocks

Revision Tunes App Store Came Center

Phone Musi Sudar Music

2016???

http://en.wikipedia.org/wiki/List\_of\_best-selling\_mobile\_phones#2007

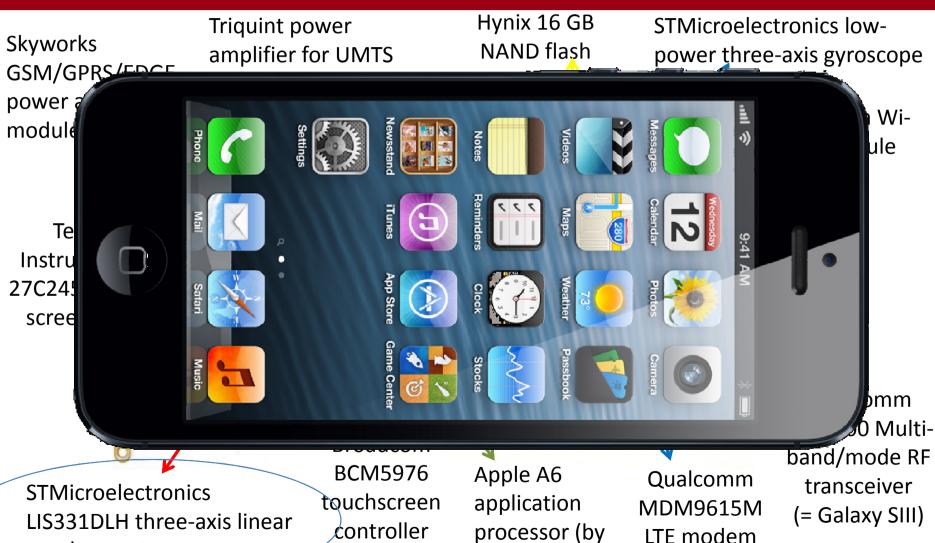


accelerometer

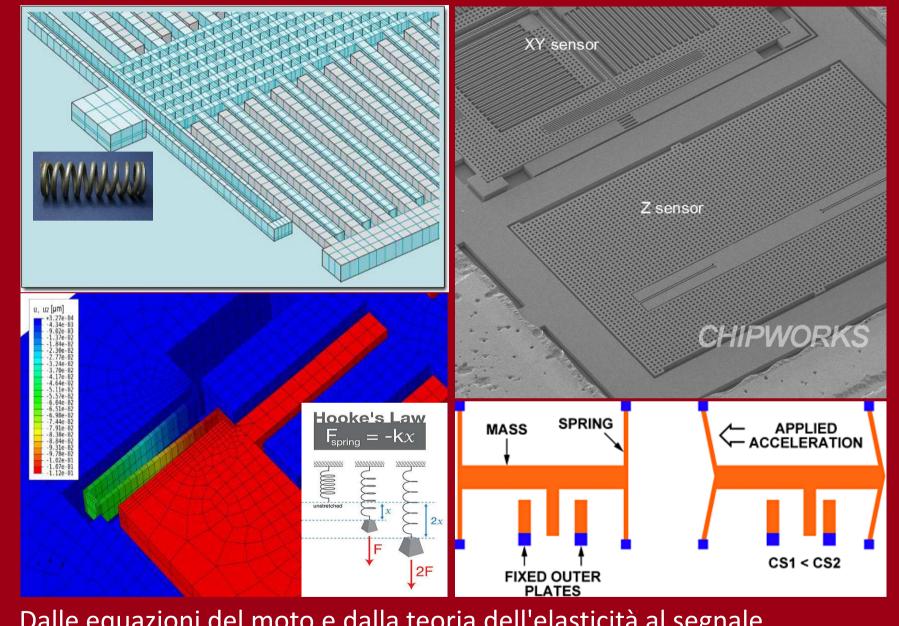
# le applicazioni più "cool" sono sviluppate solo all'estero?

LTE modem

www.ifixit.com



Samsung)



Dalle equazioni del moto e dalla teoria dell'elasticità al segnale elettrico: accelerometri in silicio in tecnologia Micro Electro Mechanical Systems, MEMS, usati in iPhone, Nintendo



#### dove è l'innovazione ?



Università degli Studi di Padova

### 1965 (Aston Martin DB5)





potenza 210 kW coppia 390 N·m velocità max 233 km/h 0-60 mph (97 km/h) in 8 s consumo : ?



potenza 250 kW coppia 450 N·m velocità max 250 km/h 0-62 mph (100 km/h) in 4.8 s 11 km/l media p. misto



# In media 100 Electronic Control Units in ogni automobile

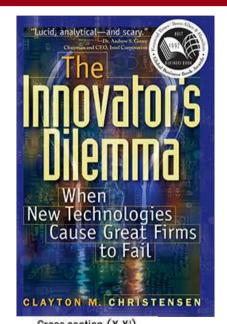


- <u>Controllo del motore</u>: gestione elettronica del motore, cambio elettronico, starter e alternatore
- <u>Servizi</u>: illuminazione cruscotto e interno, riscaldamento e condizionamento, vetri e sedili elettrici, chiusura porte, sensori di parcheggio, autoparking
- <u>Sicurezza</u>: ABS, drive by wire, servosterzo, airbag, controllo cinture, driver assistance, fari a controllo elettronico, radar
- <u>Infotainment</u>: navigazione GPS, audio, radio, multimedia, telefono cellulare, Bluetooth, wi-fi





# elettronica, tecnologia dirompente flash memory, solid-state disk



C. Christensen (Harvard), The innovator's dilemma (1998) elettronica tecnologia disruptive

porta fuori mercato le aziende affermate

=innovazione rivolta unicamente al miglioramento del prodotto

#### favorisce le aziende emergenti

=innovazione verso prodotti radicalmente nuovi, anche se inizialmente peggiori di quelli già esistenti













flash memory

=memoria di massa a stato solido



#### L'elettronica al DEI

**DELL'INFORMAZIONE** 



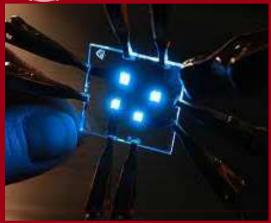
#### Università DEGLI STUDI DI PADOVA







materiale: semiconduttore sensori e dispositivi



Emettitori di luce







Conversione dell'energia

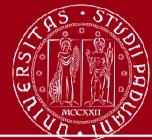


Materiali e dispositivi di frontiera



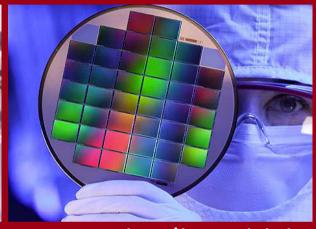
### L'elettronica al DEI

**DELL'INFORMAZIONE** 



#### Università DEGLI STUDI DI PADOVA









materiale: semiconduttore sensori e dispositivi

Emettitori di luce



Circuiti integrati



Conversione dell'energia



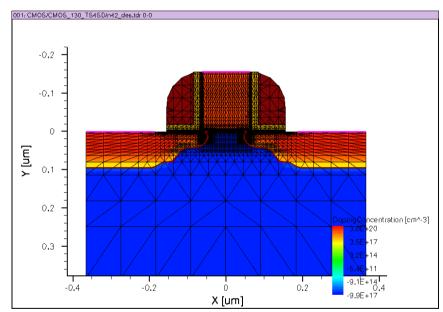
Materiali e dispositivi di frontiera

### come inventare un nuovo dispositivo elettronico...

obiettivo: aumentare la densità dei circuiti elettronici grazie ad un nuovo transistor che integri più stati logici (non solo on-off)

Step 1 : definizione di un transistor innovativo, a 3 stati

Step 2: studio teorico del campo elettrico e del moto degli elettroni all'interno di un modello bidimensionale



$$abla^2\Phi=-rac{
ho}{arepsilon_0}\,$$
 equazione di Poisson

$$abla^2 \Phi = -rac{
ho}{arepsilon_0}$$
 equazione di Poisson 
$$J_{nz} = qn\mu_n \mathcal{E}_{\mathbf{z}}(z,t) + qD_n \, rac{dn}{dz}$$
 equazione drift-diffusion

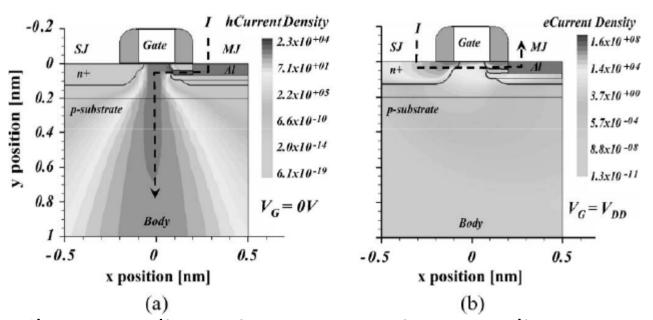


# come inventare un nuovo dispositivo elettronico...

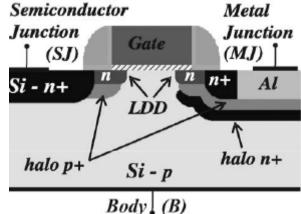
Step 3 : progettazione del dispositivo, realizzazione (Arizona State University) , caratterizzazione sperimentale

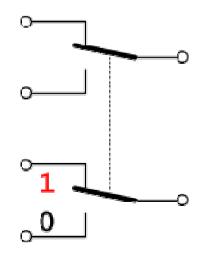
Semiconductor

Metal



Il numero di transistor necessario per realizzare una certa funzione si riduce al 50%, con un equivalente risparmio di area. I circuiti diventano anche più veloci

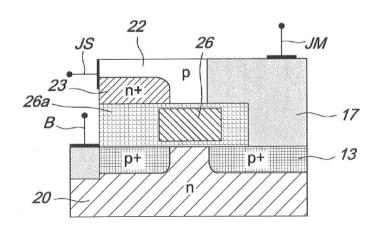






## brevetto internazionale

- (12) United States Patent Meneghesso et al.
- (54) FIELD EFFECT TRANSISTOR WITH METAL-SEMICONDUCTOR JUNCTION
- (75) Inventors: Gaudenzio Meneghesso, Piovene Rocchette (IT); Fabio Alessio Marino, Conselve (IT)
- (73) Assignee: Universita Degli Studi di Padova, Padua (IT)



(10) Patent No.:

US 8,288,827 B2

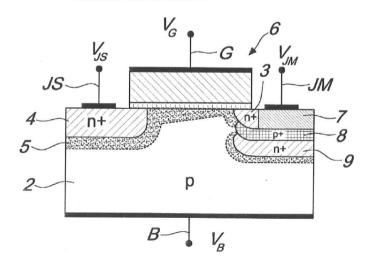
(45) Date of Patent:

Oct. 16, 2012

- (51) Int. Cl. H01L 21/02 (2006.01)
- (52) U.S. Cl. ....... 257/382; 257/383; 257/384; 257/348

See application file for complete search history.

(56) References Cited





# LED: conversione diretta da energia elettrica a luce, alta efficienza







L'introduzione di LED con un'efficienza di 150 lm/Watt porterà (negli USA) a:

- •Risparmiare circa \$115 miliardi di dollari entro il 2025\*
- •Eliminare la produzione di 258 miliardi di tonnellate di CO2
- •Risparmiare 273 TWh/anno di energia

#### I LED sono basati su nanostrutture a confinamento quantico



#### Fisica dei semiconduttori

Eq. di Poisson

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)\varphi(x, y, z) = f(x, y, z)$$

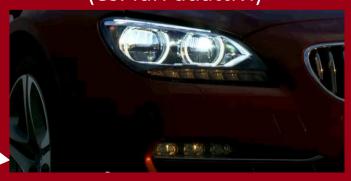
Eq. di Schroedinger

$$E\Psi(\mathbf{r}) = \frac{-\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi(\mathbf{r}) + V(\mathbf{r})\Psi(\mathbf{r})$$

Studio e caratterizzazione dei dispositivi



Progettazione lighting high-tech (es. fari adattivi)





## Ambiti applicativi della ricerca sui LED



Water purification, www.steripen.com



Streetlight, www.osram.it



Automotive lighting, www.magnetimarelli.com



Outdoor displays, www.gds.com



Artistic lighting, www.artemide.com



### L'elettronica al DEI

**DELL'INFORMAZIONE** 



#### Università DEGLI STUDI DI PADOVA







materiale: semiconduttore sensori e dispositivi

Emettitori di luce







Conversione dell'energia



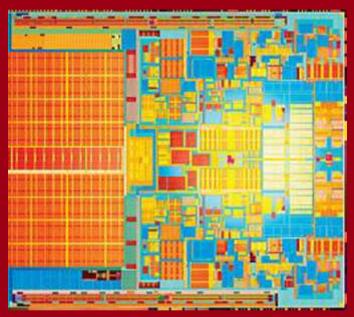
Materiali e dispositivi di frontiera



## Dai dispositivi ai circuiti



#### Università degli Studi di Padova



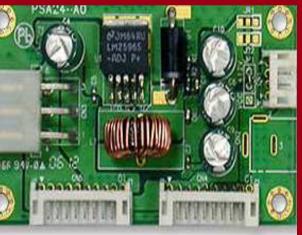
VID-REF

GIN-REF

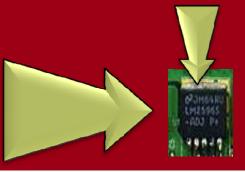
GEN-REF

GEN

microprocessore Intel, programmabile



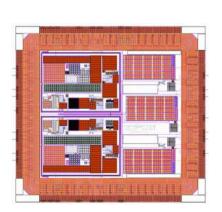
Circuito integrato per applicazioni specifiche





# elettronica, tecnologia *abilitante* dispositivi biomedicali impiantabili





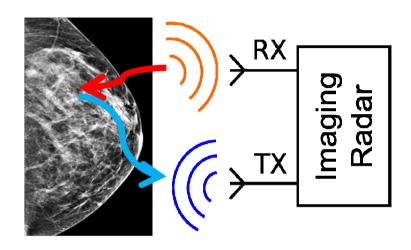
In uno stimolatore cardiaco, o pacemaker, la batteria è inserita all'interno del guscio di Titanio che contiene il dispositivo e non può essere sostituita. Solo realizzando tutto il pacemaker con un circuito integrato di tipo "CMOS" è possibile ottenere consumi così ridotti da poter garantire una vita media delle batterie superiore ai 5 anni. L'elettronica consente inoltre la programmabilità dello stimolazione cardiaca.



Medico SPA, Rubano, Padova



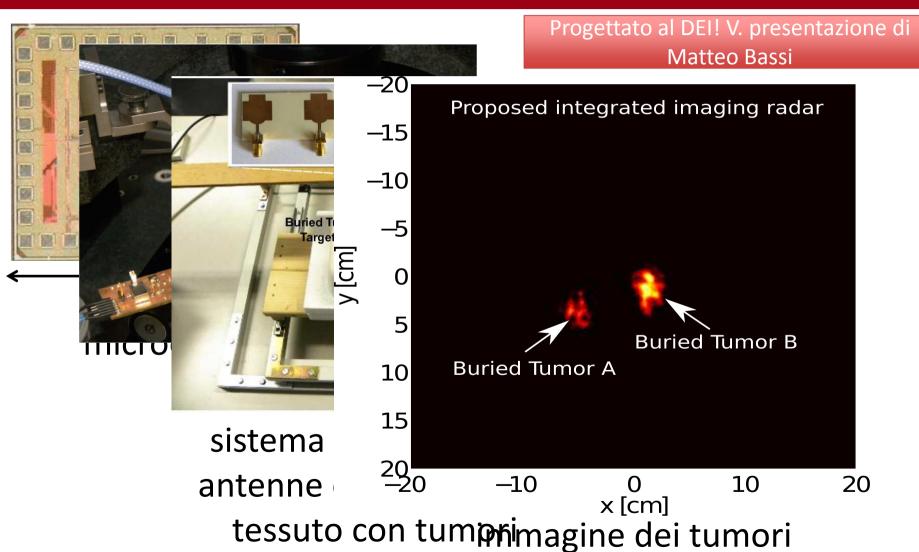
# imaging radar per la diagnostica del tumore al seno



- Le microonde riflesse dal tumore permettono di ottenere un'immagine dei tessuti
- Migliore contrasto rispetto ai raggi X
- Problema complesso e multidisciplinare:
  - Equazioni delle onde elettromagnetiche: dall'antenna al tessuto biologico
  - Studio dell'interazione dell'onda elettromagnetica con il tessuto
  - Rivelazione e amplificazione del segnale: modello matematico dei circuiti
  - Elaborazione dei dati e ricostruzione dell'immagine



# Radar mammografico





### L'elettronica al DEI

**DELL'INFORMAZIONE** 



#### Università DEGLI STUDI DI PADOVA









Emettitori di luce

materiale: semiconduttore sensori e dispositivi



Circuiti integrati



Conversione dell'energia



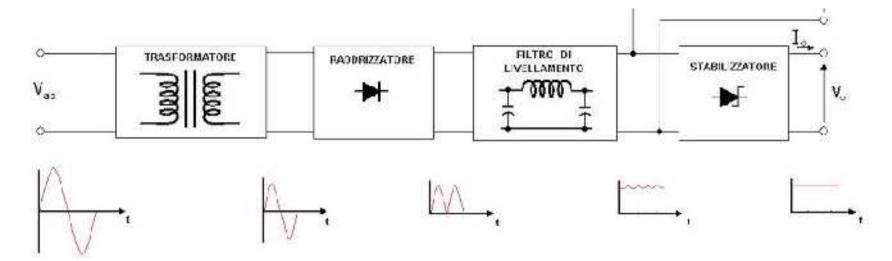
Materiali e dispositivi per lo spazio



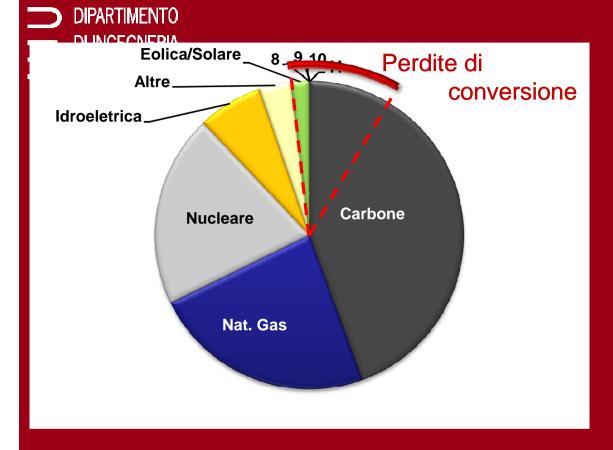
# efficienza energetica

Ogni dispositivo o sistema elettronico ha bisogno di un sistema di conversione dell'energia (per esempio ac/dc, dc/dc, ...). Ogni sistema elettronico ha un convertitore (es. da alternata 220 V a continua 19 V), che ha in genere una bassa efficienza (80%-90%)





## efficienza energetica



"Oggi oltre il 10% dell'energia elettrica globale viene completamente persa a causa dell'inefficienza dei sistemi di conversione."

Chart: EIA U.S. Electric Power Generation

L'ammontare di tale perdita supera l'energia generata da fonti rinnovabili a livello mondiale

→ Servono dispositivi e sistemi di conversione ad elevata efficienza!!!



Il bisogno di dispositivi e sistemi per la conversione di potenza crescerà nel tempo → II DEI lavora in questo ambito da decenni









# Elettronica di potenza

**LED Driver** per applicazioni automotive e domestiche

Alimentazione per elettronica di consumo

W

Condizionamento di potenza da fonti rinnovabili











Gruppo di mW **Elettronica** di Potenza

W



kW

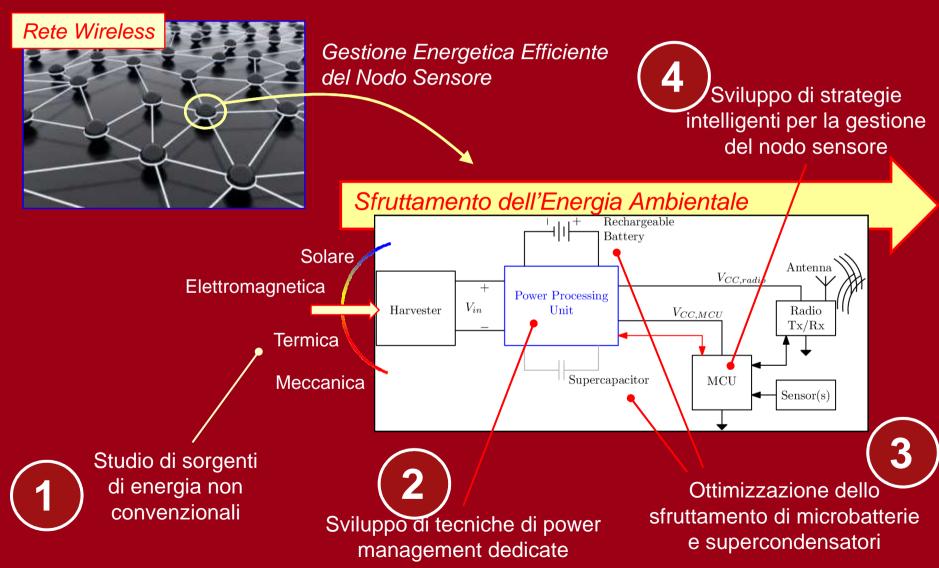


Microreti intelligenti (Smart Micro-Grids)

http://pelgroup.dei.unipd.it

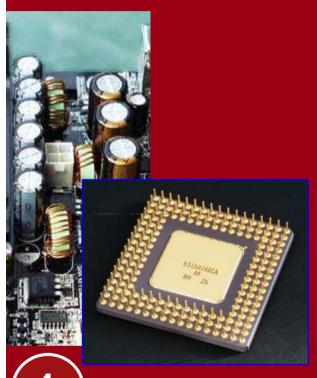


# Energy Harvesting per Reti di Sensori





## Elettronica di consumo



Controllo digitale di alimentatori per microprocessori



Alimentatori per lampade a stato solido



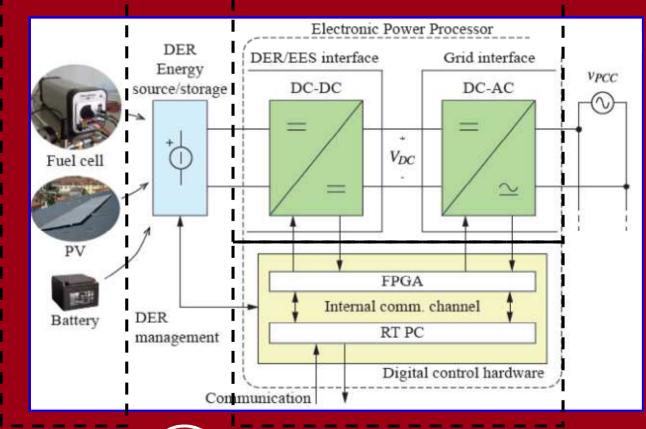
Amplificatori audio ad alta fedeltà



# Sfruttamento di fonti rinnovabili di energia

2 Topologie dei convertitori

Tecnologia delle fonti e degli accumulatori



Sistemi di controllo digitale









- 1 WP1 Produzione di silicio multi-cristallino
- 2 WP2 Laser Processing
- 3 WP3 Fotovoltaico a concentrazione
- 4 WP4 Sistemi di conversione per generatori fotovoltaici
- 5 WP5 Tecnologia fotovoltaica organica e ibrida
- 6 WP6 Caratterizzazione e affidabilità di celle solari
- WP7 Trasferimento tecnologico, relazioni esterne e diffusione dei risultati

http://www.polofotovoltaicoveneto.it/



#### Instrumentation and Measurement Research Group

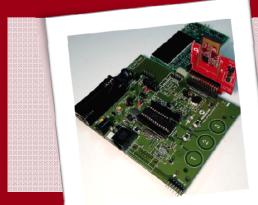


performance analysis of real-time networks





Measurement for smart grid, power quality and intelligent metering



Design and characterization of energy harvesting wireless sensor nodes.



#### L'elettronica al DEI

**DELL'INFORMAZIONE** 



#### Università DEGLI STUDI DI PADOVA







materiale: semiconduttore sensori e dispositivi

Emettitori di luce







Conversione dell'energia



Materiali e dispositivi di frontiera



### **OTTICA APPLICATA Nanotecnologie Ottiche**

# Rivestimenti nanometrici: Applicazioni spaziali

- → L'osservazione e lo studio del sole fa parte di una nuova disciplina nota come meteorologia spaziale (previsione delle enormi tempeste solari)
- → Per applicazioni spaziali è necessario realizzare rivelatori per l'estremo UV
- → In questa regione spettrale non si sono lenti, ma solo specchi realizzati con rivestimenti a multistrato

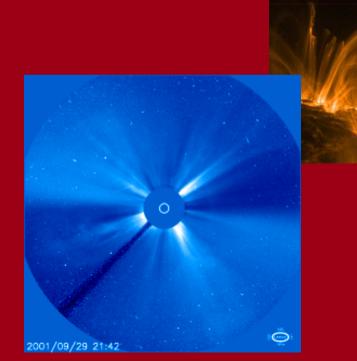
MISSIONI ESA-NASA SOHO, TRACE, SDO, SOLO



Un'espulsione di massa coronale (CME, acronimo dell'inglese coronal mass ejection) è una espulsione di materiale dalla corona

solare

**Coronal loops** 





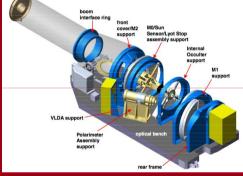
## Strumentazione astronomica

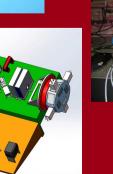
- Progettazione e
   realizzazione di strumenti
   per satelliti ESA: Rosetta,
   BepiColombo, Solar
   Orbiter,...
- Realizzazione di strumentazione iperveloce a conteggio di fotoni per telescopi terrestri











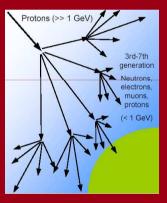




# Elettronica per lo spazio

#### Le cause:

Ambiente terrestre: neutroni, contaminanti



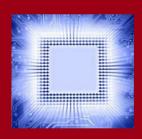


Spazio: particelle intrappolate, solari, e raggi cosmici



#### Il problema:

Sensibilità crescente dei chip alle particelle, a causa dello scaling:corruzione delle memorie, ecc.





#### Riguarda:

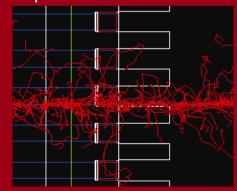
- SRAM
- memorie non-volatili
- FPGA
- microprocessori
- dispositivi elementari
- Ecc.

#### La nostra ricerca:

Attività sperimentale: bombardamento di chip con acceleratori



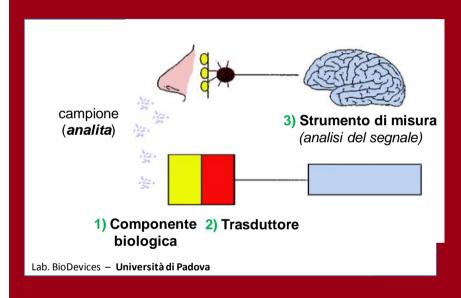
Simulazione dell'interazione di una particella con una Flash

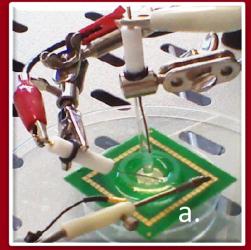




## Biosensori

**Biosensori:** Sensori che operano la trasduzione di un evento chimico in un segnale elettrico per mezzo di una componente di tipo biologico (DNA, enzimi, anticorpi, cellule, etc.)







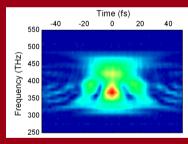
Banco di misura per le prove elettrochimiche su microelettrodi

- Diagnosi precoce di patologie come la fibrosi cistica
- Controlli nel settore agroalimentare
- Supportare e rendere più efficienti analisi cliniche e ospedaliere
- Rendere possibile il concetto di «medicina personalizzata»



## Laser ultraveloci

- ☐ La scala temporale dei femtosecondi per nuovi processi
  - Micro e nano lavorazioni
  - Processi per fotovoltaico
  - Marcatura scrittura ablazione non termica su vetri
- Modelli teorici e sperimentazione







Micro image of "birefringent rose" printed with PHAROS laser in 1 × 1 mm fused silica square. Courtesy of Prof. P. Kazansky, Optoelectronics Research Centre, University of Southampton

Ricerca applicata in collaborazione con multinazionali e aziende locali e spinoff.

# DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE

### Conclusioni → Roadmap

#### nuove funzioni

integrazione: maggiore capacità di elaborazione, più funzioni, maggiore velocità

minor consumo (low-power): maggior durata della batteria per dispositivi portatili e biomedicali

maggiore efficienza (high power): nella generazione (celle solari), distribuzione (smart grids), conversione (elettronica di potenza) e utilizzo (automotive, elettrodomestici, illuminazione) dell'energia elettrica







#### Università degli Studi di Padova

