

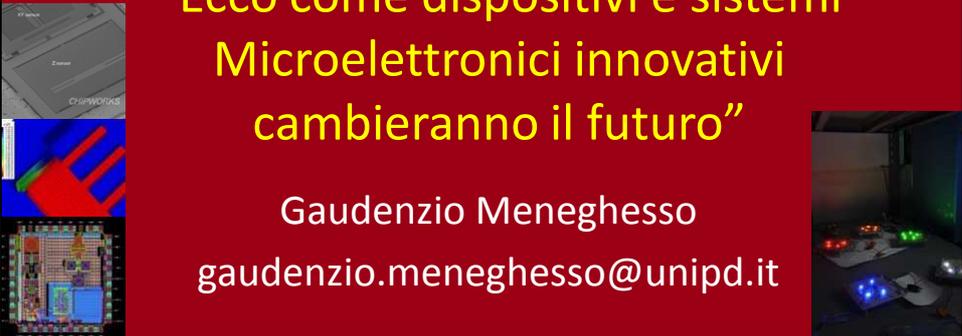

 DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE


 UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

# Le attività di ricerca del DEI in Ingegneria Elettronica

**“Ecco come dispositivi e sistemi  
Microelettronici innovativi  
cambieranno il futuro”**

Gaudenzio Meneghesso  
[gaudenzio.meneghesso@unipd.it](mailto:gaudenzio.meneghesso@unipd.it)




 DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE

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



DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE

## Alcuni luoghi comuni da sfatare:

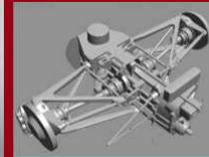
- l'elettronica è una scienza matura; non vi sono più innovazioni tecnologiche, è tutta questione di software, comunicazione e controllo
- le applicazioni più "cool" sono sviluppate solo all'estero
- l'elettronico si occupa solo di circuiti (legge di Ohm, reti elettriche, ecc...)



DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE

## Alcuni luoghi comuni da sfatare:

Quali di questi è più importante???:



Non sono tutti  
elementi ...  
indispensabili???:

**UNIVERSITÀ**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE

**Alcuni luoghi comuni da sfatare:**  
**Quali di questi è più importante???:**





**Non sono tutti elementi ugualmente importanti e ... indispensabili???:**




**UNIVERSITÀ**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE

**Alcuni luoghi comuni da sfatare:**

In un sistema tecnologico generico  
(ma in generale, in un qualsiasi sistema  
ottimizzato), tutti gli elementi sono  
ugualmente indispensabili e fondamentali

**Diffidate di chi afferma il contrario**

**DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE**

## Electronica: governa tutti gli ambiti della nostra vita!

**GoPro, sensore CCD**





Tre esempi di tecnologia rivoluzionaria: come si è arrivati a questo???

**Illuminazione a LED  
(-90% consumi)**

**Sistemi LASER  
(photonics,  
biomedicale,  
automobilistico)**

**DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE**

## ...la ricerca nella microelettronica (scienza → tecnologia)

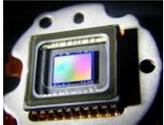


**Herbert Kroemer,  
Premio Nobel 2000 per  
l'invenzione del laser a  
semiconduttore**





**Willard S. Boyle,  
Premio Nobel 2009  
per l'invenzione del  
CCD**





**Hiroshi Amano,  
Premio Nobel 2014  
per l'invenzione del  
LED**



**Amano è venuto  
al DEI il 29 Aprile  
2016 (interazione  
con gli studenti)!!**



**«cutting-edge»**

**DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE**

## Le sfide globali

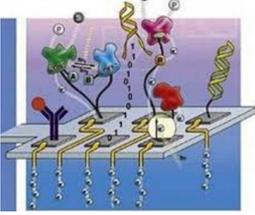
### Efficienza energetica



### Nuove funzionalità



### Electronics for life



### Elevate prestazioni



**DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE**

## L'elettronica è una scienza matura?

-l'elettronica è il **driver dell'innovazione**

-Il miglioramento non è solo legato al software (app) o alla connettività → Nuove interfacce, sensori, CCD, processore, memoria, ...

### Best-selling mobile phones

<p>Nokia 1200, 150 milioni venduti nel 2007</p> 	<p>Apple iPhone 6, 10 milioni venduti in 3 giorni Dal 19 al 22 Settembre 2014</p> 
---	--

2017  
???

**DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE**

## Cosa si studia? ...al cuore della tecnologia!



Monitor  
Cardiaco (LED,  
fototransistor)

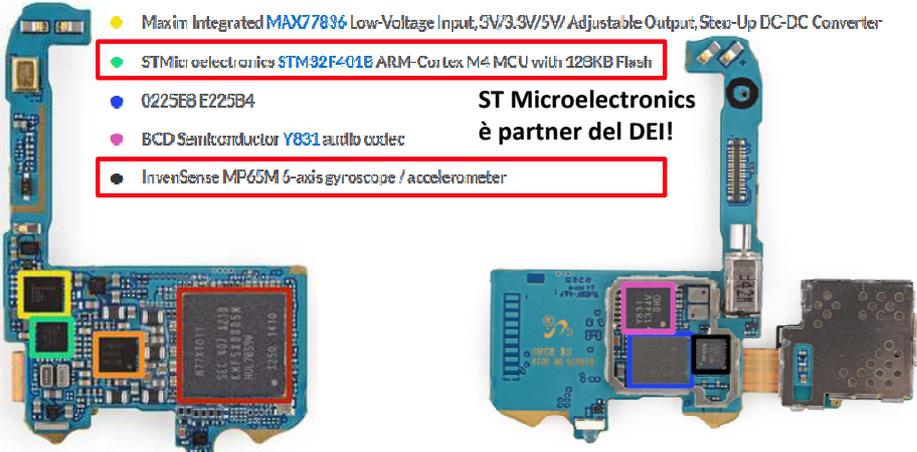
**«Tear-down» Galaxy Gear 2**

**DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE**

## anche l'Italia fa la sua parte!

- Small package, lotta power:
  - Samsung KMF5X000SM (likely DRAM package with 1 GHz dual-core CPU layered beneath)
  - Motorola MP514X 60X5V3-1410WeC
  - Maxim Integrated **MAX77836** Low-Voltage Input, 5V/3.3V/5V Adjustable Output, Step-Up DC-DC Converter
  - **STMicroelectronics **STM32F401B** ARM-Cortex M4 MCU with 128KB Flash**
  - Q225E8 E225B4
  - BCD Semiconductor **Y831** audio codec
  - InvenSense **MP65M** 6-axis gyroscope / accelerometer

**ST Microelectronics  
è partner del DEI!**



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

DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE

dove è l'innovazione ?

UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

1965 (Aston Martin DB5)

2015 (Aston Martin DB10)

potenza 250 kW  
coppia 330 N · m  
velocità max 233 km/h  
0-60 mph (97 km/h) in 8 s

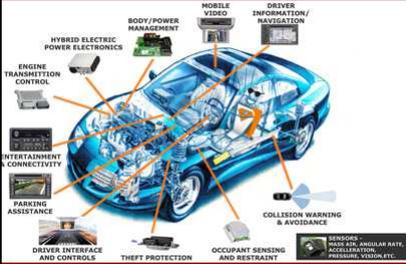
→ +26% in  
50 anni! →

potenza 316 kW  
coppia 490 N · m  
velocità max 310 km/h  
0-62 mph (100 km/h) in 4.3 s

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE**

## In media 100 Electronic Control Units in ogni automobile

**"It is predicted that in the near future as much as 20-30% of the cost of a car may be due to electronics"**



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

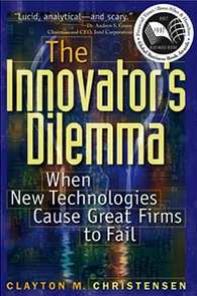
<http://www.epanorama.net/links/car.html>

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE**

## 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



Cross section (X-X')





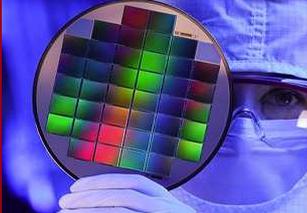



flash memory  
=memoria di massa a stato solido

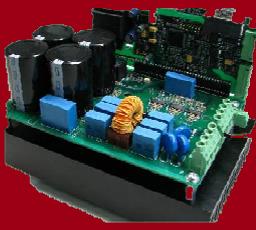
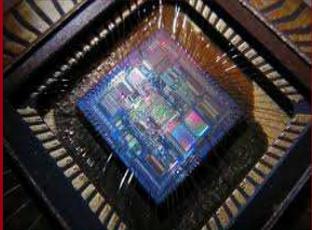
**UI** DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE **L'elettronica al DEI**



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA



Materiale: semiconduttore    Sensori e dispositivi    Dispositivi organici



Circuiti integrati    Conversione dell'energia    Elettronica di potenza

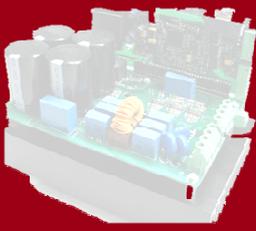
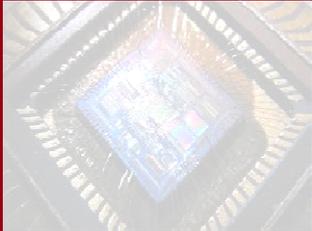
**UI** DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE **L'elettronica al DEI**



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA



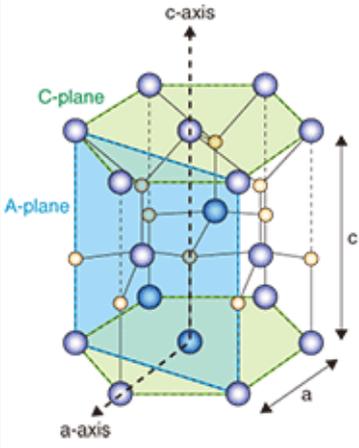
materiale: semiconduttore    sensori e dispositivi    dispositivi organici



Circuiti integrati    Conversione dell'energia    Elettronica di potenza

**UNIVERSITÀ**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE

## un nuovo semiconduttore multifunzione dopo il silicio : il Nitruro di Gallio (GaN)



c-axis  
c  
a  
a-axis  
C-plane  
A-plane



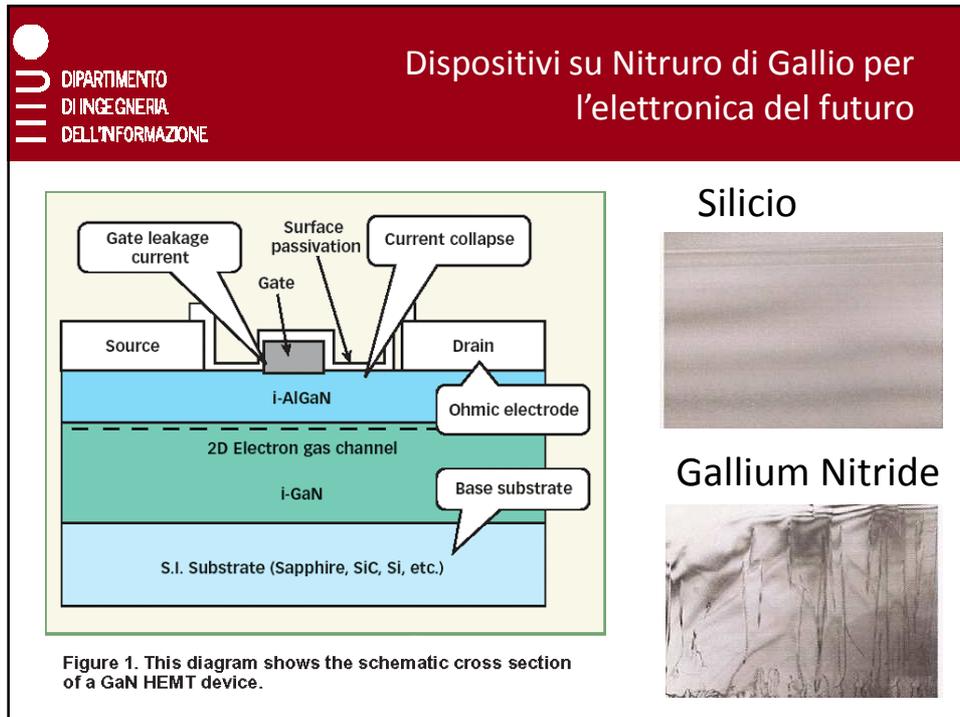
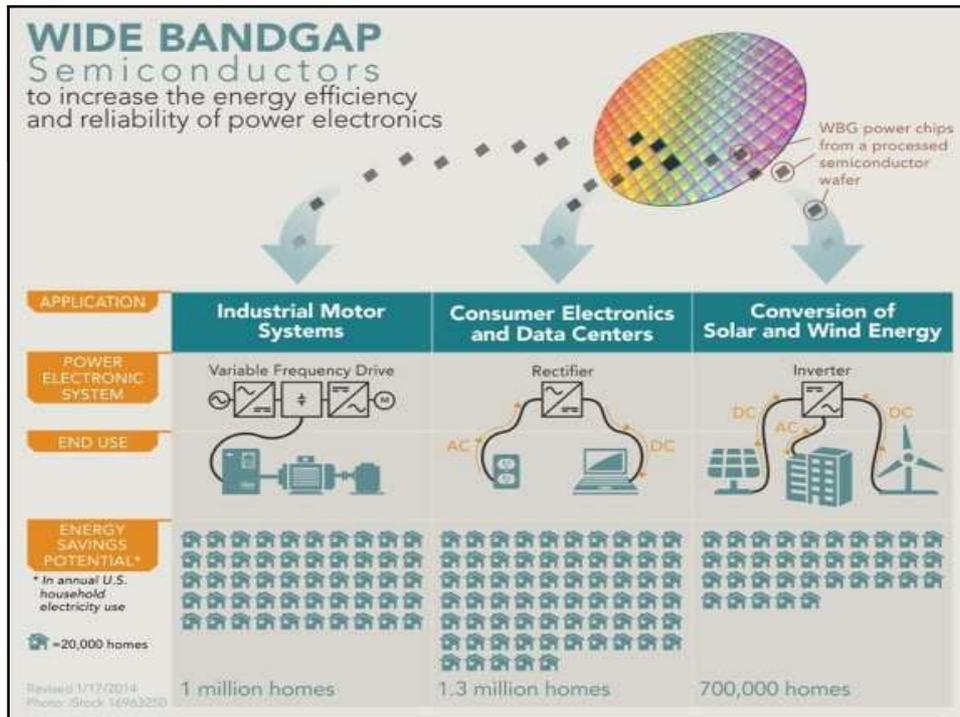
GaN  
c = 0.5185 nm  
a = 0.3189 nm  
c/a = 1.626

● Al or Ga atom  
● N atom

- alta tensione
- alta frequenza
- alta temperatura
- luce blu
- stazioni base per telefonia cellulare ad alta efficienza
- convertitori ad alta efficienza
- laser blu e verdi
- LED blu e bianchi
- illuminazione a stato solido

**SELEX**  
Sistemi Integrati



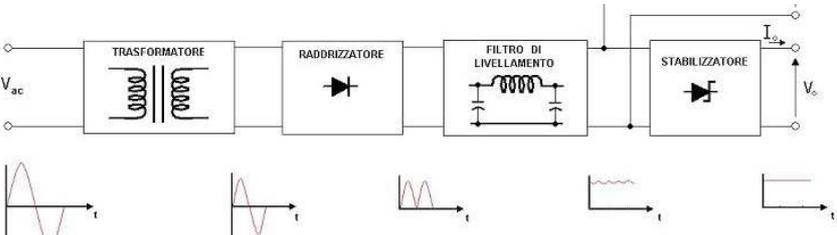




**DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE**

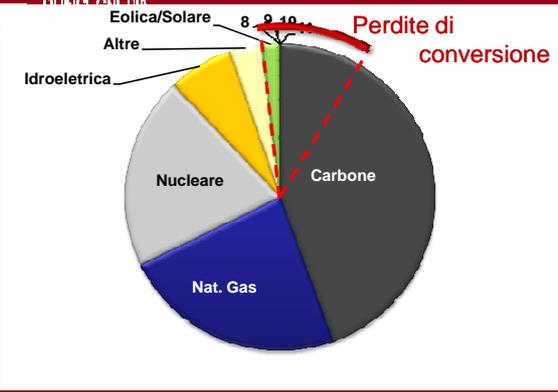
## efficienza energetica

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%**)

**DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE**

## 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!!!



DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE

## efficienza energetica

Perdite di conversione in genere si manifestano con la creazione di calore:

- Alimentatore del PC e il PC stesso che si scaldano;
- Il cellulare o qualsiasi componente elettronico che si scalda;
- Pensiamo anche alla lampadina ad incandescenza .....

**At the moment there are more than 400 nuclear power plants all over the world, which produce about 17% of the world's electricity.**

<http://www.icjt.org/an/tech/jesvet/jesvet.htm>

**Perdere il 10 % di energia elettrica è equivalente a sperperare l'energia prodotta da più di 200 centrali nucleari.**





DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE

## L'elettronica al DEI



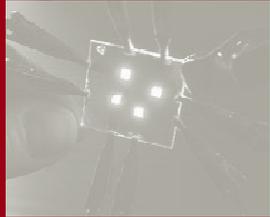
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



materiale: semiconduttore



sensori e dispositivi



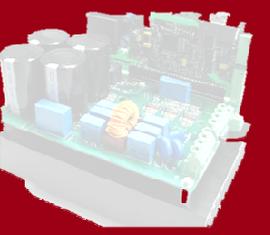
Emettitori di luce



Circuiti integrati



Conversione dell'energia



Elettronica di potenza

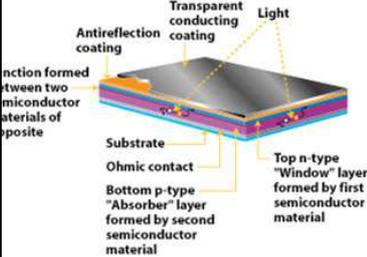
**UNIPD** DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE

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



**UNIPD** DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE

## Electronica e sostenibilità: il fotovoltaico


**Laboratorio fotovoltaico - UNIPD**

Il DEI fa parte del Polo Fotovoltaico Regionale → formazione e ricerca nel campo delle energie rinnovabili e relativi dispositivi e circuiti



**DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE**

# Polo Fotovoltaico del Veneto

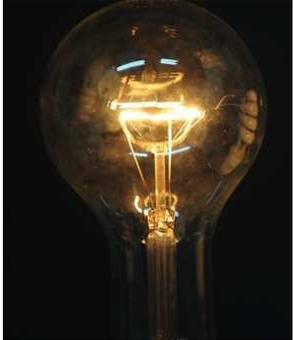


The screenshot shows the website interface for the Polo Fotovoltaico del Veneto. It features a navigation menu on the left with items like 'Home', 'Descrizione del progetto', 'Work packages', 'Panel di supervisione', 'Collaborazioni', 'Web link', 'Notizie', and 'Eventi passati'. The main content area has a yellow header with the text 'UN POLO UNIVERSITÀ-INDUSTRIA PER LA RICERCA NEL SETTORE DEL FOTOVOLTAICO - AZIONE 1.1.1 POR VENETO'. Below this, there is a section titled 'Perché la ricerca nel fotovoltaico?' and a 'Workshop 23 aprile 2013' announcement.



**DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE**

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



Efficienza=10 lm/W (5 %),  
durata = 750-1000 h



Efficienza=50 lm/W,  
durata = 8-10000 h



Efficienza=200 lm/W,  
durata = 50-100000 h

Phosphor  
Bond wire  
LED chip



1.6 Miliardi di persone non hanno accesso all'elettricità → 38 Miliardi di dollari spesi ogni anno per il combustibile delle lampade

**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

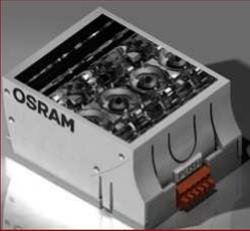
(fonte: US Department of Energy)

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE**

## Ambiti applicativi della ricerca sui LED



Water purification,  
[www.steripen.com](http://www.steripen.com)



Streetlight,  
[www.osram.it](http://www.osram.it)



Outdoor displays,  
[www.gds.com](http://www.gds.com)



Automotive lighting,  
[www.magnetimarelli.com](http://www.magnetimarelli.com)



Artistic lighting,  
[www.artemide.com](http://www.artemide.com)



DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE

# Elettronica organica

## Perché l'elettronica organica?

Alternativa a **basso costo** all'elettronica tradizionale su silicio

Si può realizzare **qualsiasi dispositivo convenzionale**:

- Organic Thin-Film Transistors, OTFT
- Organic Light-Emitting Diodes, OLED,
- Organic Solar Cells, OSC

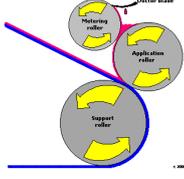
... e **non convenzionale**, ad esempio:

- Transistor emettitore di luce
- Transistor per interfacciamento neurale

È possibile **costruire i dispositivi ovunque**:  
plastica, vetro, fogli flessibili, tessuti, ...



Transistor emettitori di luce







DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE

# Elettronica organica

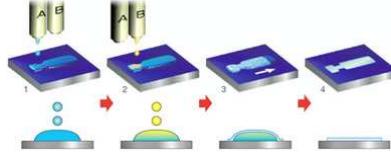
## Applications of Organic Electronics

The possibilities for the application of organic electronics are as varied as they are fascinating, and **will change our everyday lives forever**:

**Organic sensors**, which are produced without harmful heavy metals, are ultra-thin and flexible, and can be used, for example, in medical technology for **measuring organ function through the skin**.

**Organic solar cell films**, which can be applied **invisibly to windows in buildings and vehicles** and have a "harvesting factor" three times higher than that of normal solar cells.

**Organic light diodes**, which need **50% less energy than today's energy-saving lamps** and allow entirely new lighting systems such as lighting wall coverings and lighting panels. <http://www.innovationlab.de/en/>



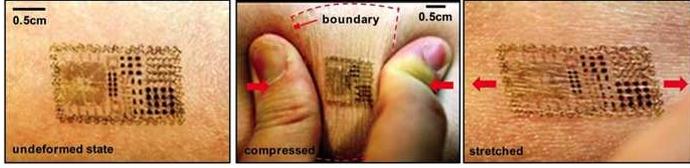




**DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE**

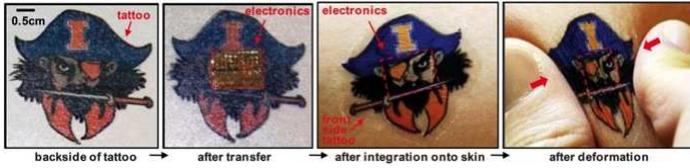
## Electronica organica

**epidermal  
electronic  
system – EES**



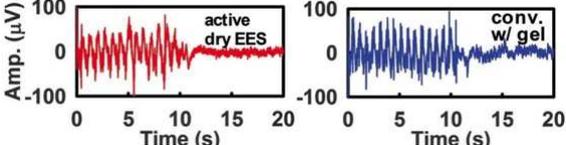
undeformed state    compressed    stretched

**Dispositivi  
elastici  
integrati sulla  
pelle**



backside of tattoo → after transfer → after integration onto skin → after deformation

**ECG misurato con un  
dispositivo EES e  
uno tradizionale**



Amp. ( $\mu\text{V}$ )    Time (s)    Time (s)

**DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE**

## LED organici (OLED)

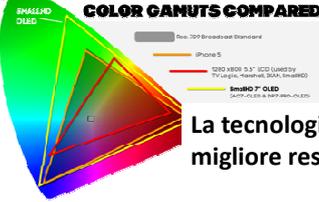
**display ultra piatti, HD, flessibili, trasparenti**



TV OLED LG  
schermo curvo



Display  
flessibile



**COLOR GAMUTS COMPARED**

Pro 2016 Broadcast Standard  
iPhone 5  
QD-OLED 5.5" (QD-OLED by Samsung)  
SmOLED 7" OLED (Samsung)

**La tecnologia fornisce la  
migliore resa cromatica**

**sistemi per illuminazione**

Prototipo di pannello luminoso realizzato  
mediante OLED a luce bianca (WOLED)



**Vantaggio tecnologia OLED:**  
Luce uniforme, diffusa, con spettro simile al sole



**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE**

## Celle solari organiche a integrazione architettonica

**Il fotovoltaico organico è la nuova frontiera per l'integrazione architettonica grazie a flessibilità, trasparenza, colore**

**Vetrare e decorazioni**



**Celle flessibili**



**Serre**

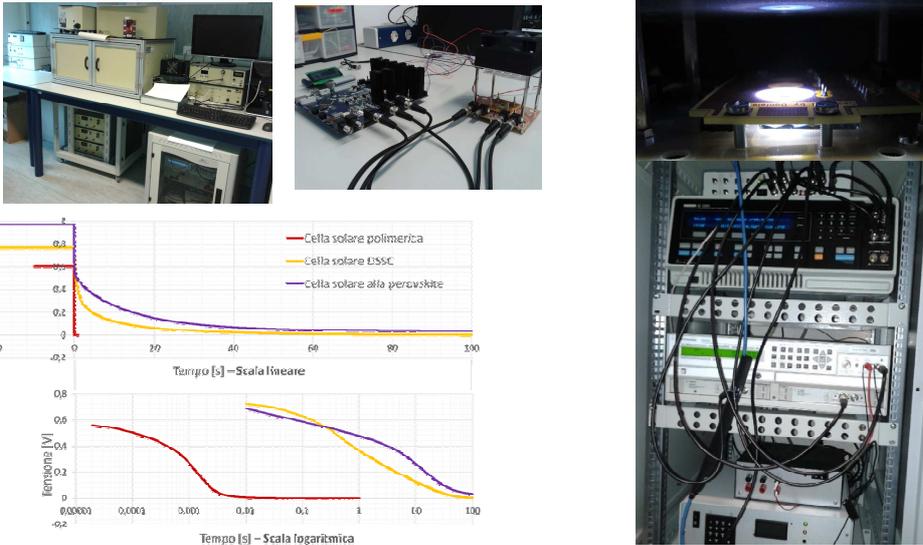


**Textile electronics**



**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE**

## Laboratorio PVLAB



**Tensione [V]**

— Cella solare polimerica  
— Cella solare tSSC  
— Cella solare alfa perovskite

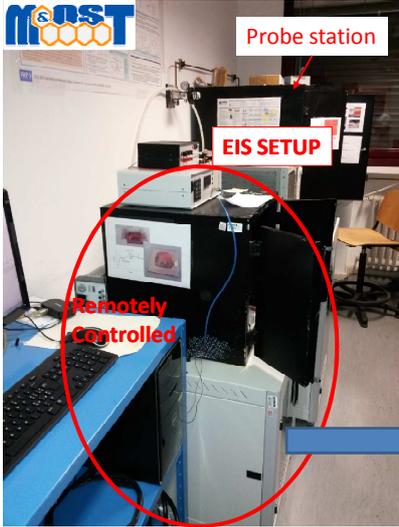
**Tempo [s] – Scala lineare**

**Tensione [V]**

**Tempo [s] – Scala logaritmica**

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE**

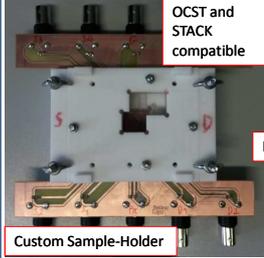
# Laboratorio MOSLAB



Probe station

EIS SETUP

Remotely Controlled



OCST and STACK compatible



Increased Reproducibility

Custom Sample-Holder

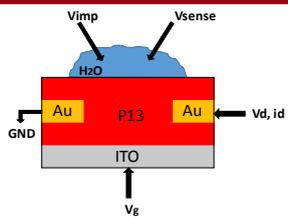
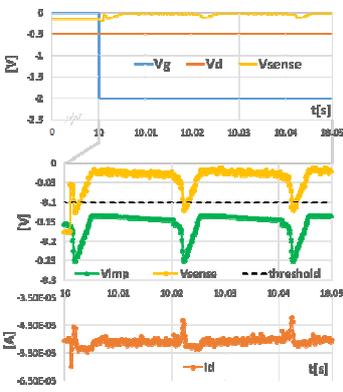
Impedance Analyser S1260 + Parameters Analyser E5263A



**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE**

# Caratterizzazione di biosensori

Characterization of 4-electrodes devices with an arbitrary waveform generation.

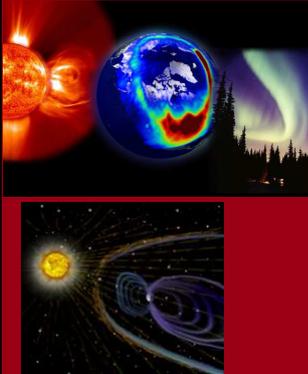




**UNIVERSITÀ** DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE

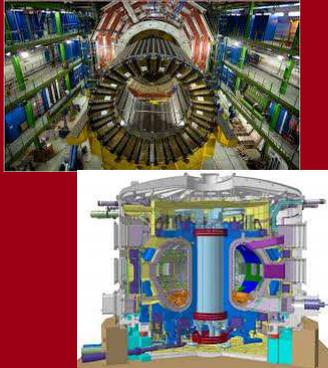
## Electronica per applicazioni spaziali e safety critical (1/3)

Diversi ambienti ostili in cui l'elettronica si trova ad operare:

Spazio: particelle intrappolate, solari, raggi cosmici, temperature estreme



Ambienti artificiali (CERN LHC, ITER): alti flussi di particelle ionizzanti



Ambiente terrestre e avionico: Neutroni atmosferici, contaminanti nei chip, ...

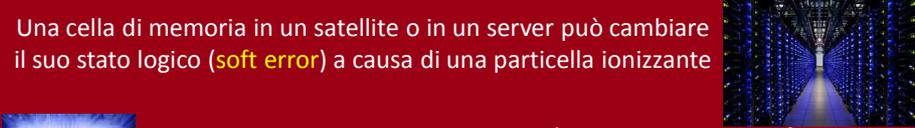


**UNIVERSITÀ** DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE

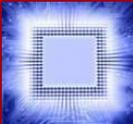
## Electronica per applicazioni spaziali e safety critical (2/3)

Con la miniaturizzazione, i chip diventano sempre più sensibili ai disturbi esterni, come le particelle ionizzanti, per esempio:

Una cella di memoria in un satellite o in un server può cambiare il suo stato logico (**soft error**) a causa di una particella ionizzante



I transistor sono soggetti sempre più prematuramente a fenomeni di **invecchiamento** nei normali range di funzionamento (es. diminuzione frequenza di un microprocessore)



Una memoria Flash può perdere un dato immagazzinato a causa di fenomeni di degrado dell'ossido di tunnel (diminuzione **retention**)



Un defibrillatore può avere un'interruzione funzionale a causa di un neutrone atmosferico che lo colpisce o una particella alfa derivante da contaminanti nel package

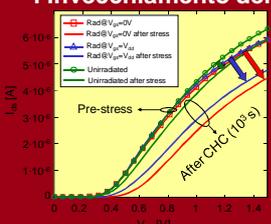


**IIU** DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE

## Electronica per applicazioni spaziali e safety critical (3/3)

La nostra attività di ricerca:

**Stress elettrico:**  
riproduce in maniera accelerata l'invecchiamento dei chip



**Irraggiamento:**  
emula pioggia di particelle che colpiscono i chip



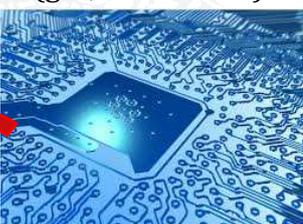
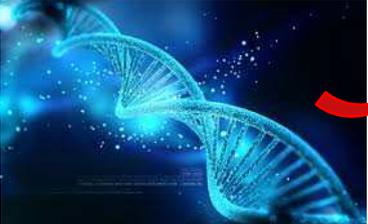
**Attività sperimentale:** test su chip/schede con acceleratori di particelle (memorie non-volatili, FPGA, microprocessori, transistor) presso laboratori nazionali e internazionali (INFN-LNL, CERN-CH, RAL-UK, HIF-B, RADEF-FIN, LANSCE-USA, TRIUMF-CAN, ...)

**IIU** DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE

## Gruppo BioDevices

L'obiettivo principale del gruppo di ricerca **BioDevices** (resp.: prof. A. Paccagnella) è studiare l'interazione tra il **materiale biologico** (cellule, neuroni, DNA...) o **chimico** (gas, molecole...) e i dispositivi **micro/optoelettronici**.

- ✓ Nuovi dispositivi per la salute dei cittadini
- ✓ Nuove tecnologie per il monitoraggio ambientale e la sicurezza
- ✓ Nuove opportunità per la ricerca in *life science*
- ✓ Nuove tecnologie per i laboratori di analisi

18/05/2015 Presentazione attività

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE** **L'elettronica al DEI** **UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

**materiale: semiconduttore**    **sensori e dispositivi**    **Emettitori di luce**

**Circuiti integrati**    **Conversione dell'energia**    **Elettronica di potenza**

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE** **Dispositivi, circuiti, sistemi** **UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

**Tecnologie micro/nano elettroniche**

**Simulazione, misure, modelli**

**Progettazione circuitale**

**Progettazione di sistema**

**Materiali:**

- Si, GaAs, GaN, ...

**Circuiti integrati:**

- $\mu$ processori, DSP
- amplificatori
- filtri, ADC/DAC
- radio

**Dispositivi:**

- MOSFET
- BJT/HBT
- HEMT
- LED
- ...

2  $\mu$ m  
80 nm  
140 nm

DC —  $V_{GS}$  turn-on - 10  $\mu$ s  
 $V_{GS}$  from -4V to 1V, step 1 V  
 $V_{GS} = 1$  V

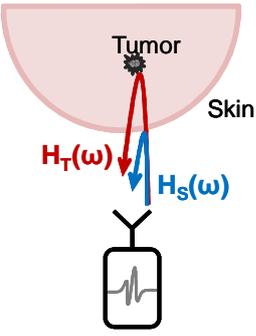
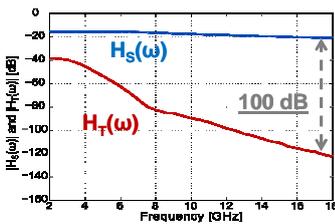
$I_D$  ( $\mu$ A/mm)

$V_{DS}$  (V)

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE**

## Cosa vuol dire progettare un circuito?

- Capire come funziona il sistema
- Derivare le specifiche

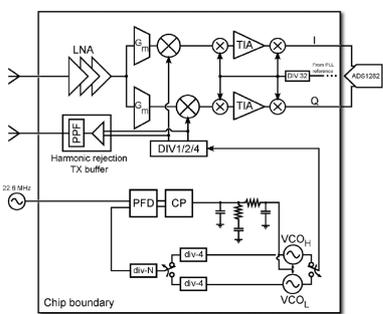
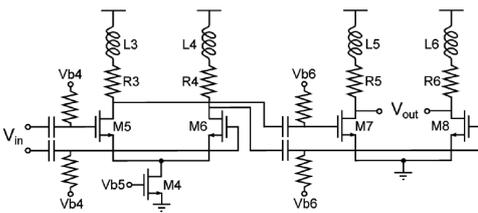
range dinamico

- larghezza di banda: 2÷16GHz
- range dinamico:  $\geq 100\text{dB}$
- potenza di uscita:  $-14\text{dBm}$
- ...

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE**

## Cosa vuol dire progettare un circuito?

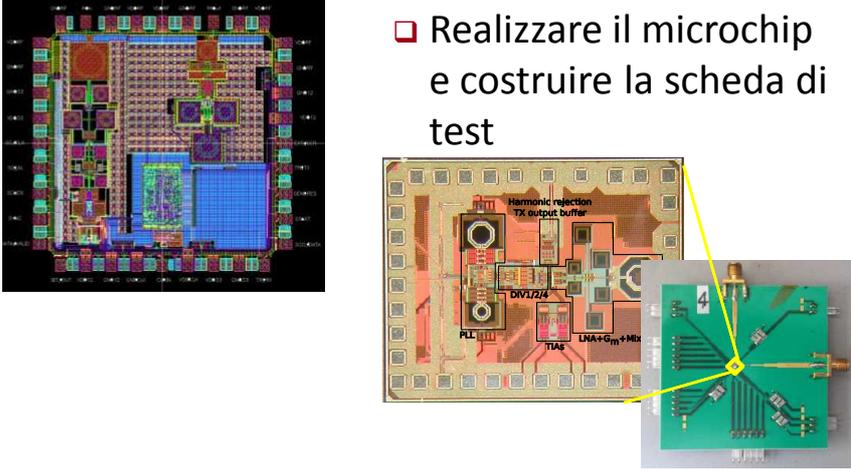
- Concepire l'architettura del circuito
- Progettare il circuito a livello di transistor

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE**

## Cosa vuol dire progettare un circuito?

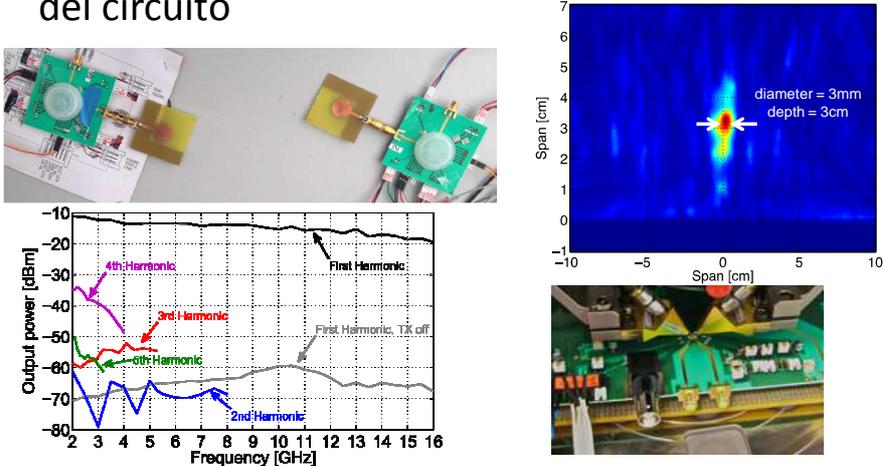
- Realizzare il layout
- Realizzare il microchip e costruire la scheda di test



**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE**

## Cosa vuol dire progettare un circuito?

- Verificare sperimentalmente il funzionamento del circuito



**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE**

## Esempi: radar per imaging biomedicale

▣ Radar alle microonde per la rilevazione precoce del tumore al seno

Primo IC per la rilevazione precoce del tumore al seno

SKu-Radar Imaging Module

Harmonic rejection TX output buffer  
DIV1/2/4  
PLL  
TIAs  
LNA+G<sub>m</sub>+Mixers

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE**

## Radar mammografico: gli ingredienti

Progettazione circuiti integrati  
Medicina  
Fisica dei dispositivi  
Telecomunicazioni  
Biomedica

Radar  
Automazione  
Informatica  
Imaging  
Elettromagnetismo  
Antenne

Chimica

Modellizzazione  
Simulazione  
Misure

Harmonic rejection TX output buffer  
DIV1/2/4  
PLL  
TIAs  
LNA+G<sub>m</sub>+Mixers

Span [cm]

Span [cm]

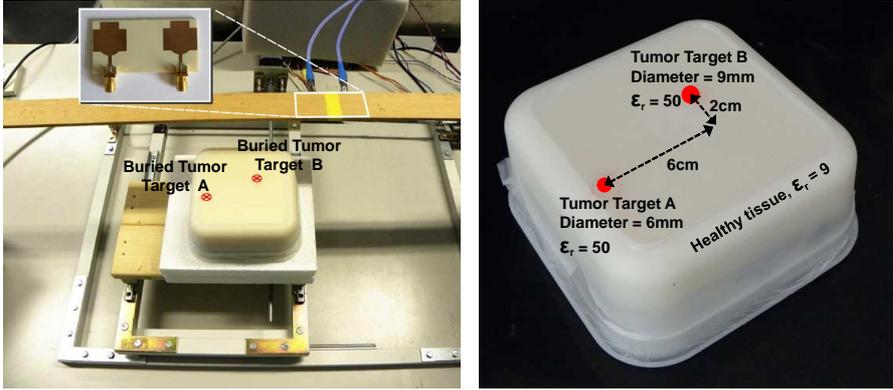
diameter = 3mm  
depth = 3cm

10-antennas array  
skin

**DI** DIPARTIMENTO  
**U** DI INGEGNERIA  
**U** DELL'INFORMAZIONE

## Esempi: radar per imaging biomedicale

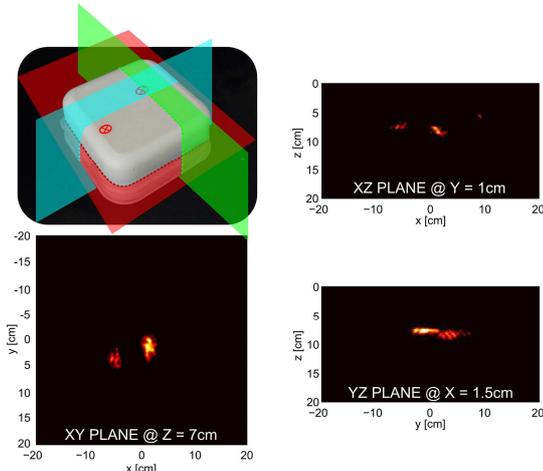
❑ Sistema di testing costruito ad hoc



**DI** DIPARTIMENTO  
**U** DI INGEGNERIA  
**U** DELL'INFORMAZIONE

## Esempi: radar per imaging biomedicale

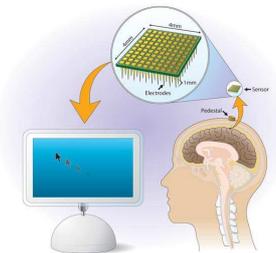
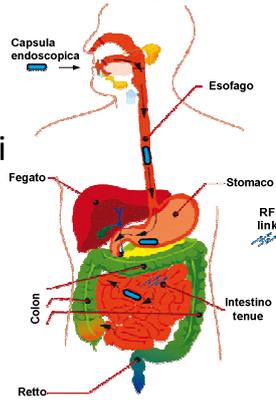
❑ Risultati sperimentali che dimostrano il  
funzionamento del circuito



**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE**

## Esempi: radio a bassissimo consumo

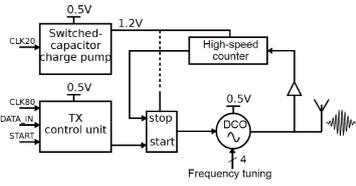
- ❑ Sistemi radio a corto raggio e bassissimo consumo sono fondamentali in molti ambiti
  - Internet of Things (IoT)
  - Interfacce neurali
  - Dispositivi biomedicali impiantabili

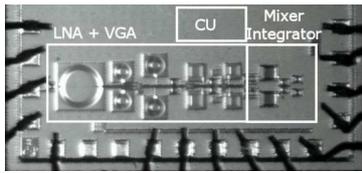
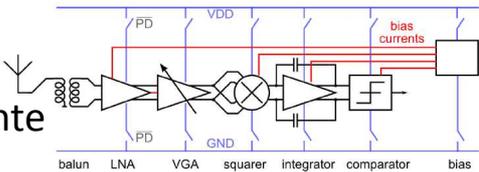
**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE**

## Esempi: radio a bassissimo consumo

- ❑ Trasmittitore a impulsi



- ❑ Ricevitore non coerente

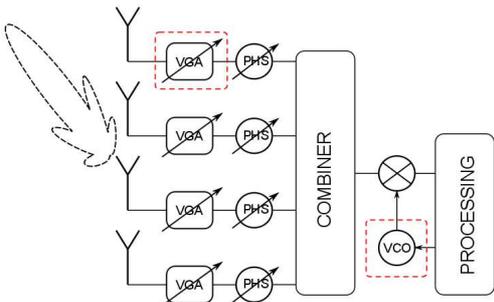
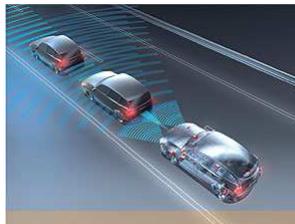
**Può trasmettere fino a 500 Gbit di dati a 7m di distanza con una batteria a bottone**



**U** DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE

## Esempi: circuiti per sistemi phased array

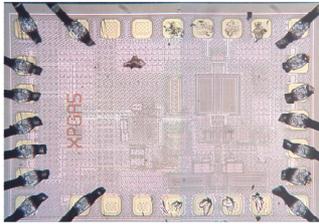
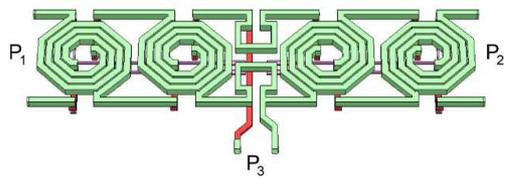
- I phased array sono sistemi multi-antenna usati per dare direttività alla trasmissione e ricezione di segnali
- Usati nei radar, nelle trasmissioni satellitari, nelle comunicazioni cellulari 5G

**U** DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE

## Esempi: circuiti per sistemi phased array

- Richiedono circuiti per variare guadagno e fase e per combinare segnali

amplificatore a guadagno variabile

Wilkinson combiner integrato


 DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE

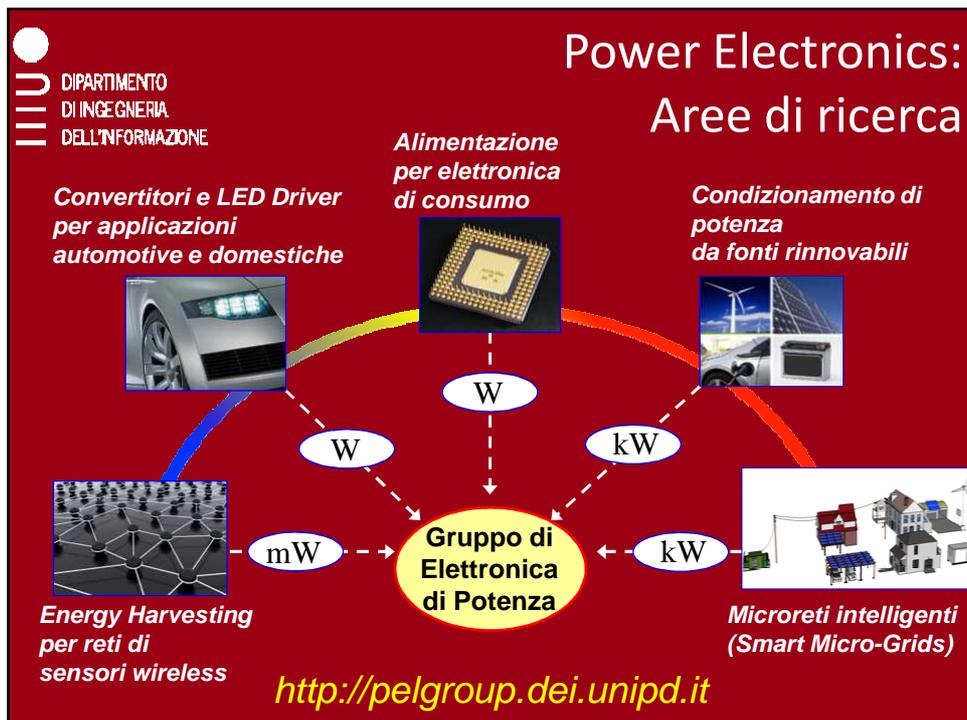

 UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

## L'elettronica al DEI



materiale: semiconduttore    sensori e dispositivi    Emittitori di luce

Circuiti integrati    Conversione dell'energia    Elettronica di potenza



**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE**

## Power Electronics: Energy Harvesting per Reti di Sensori

**Rete Wireless**

*Gestione Energetica Efficiente del Nodo Sensore*

**4** Sviluppo di strategie intelligenti per la gestione del nodo sensore

**Sfruttamento dell'Energia Ambientale**

Solare  
Elettromagnetica  
Termica  
Meccanica

**1** Studio di sorgenti di energia non convenzionali

**2** Sviluppo di tecniche di power management dedicate

**3** Ottimizzazione dello sfruttamento di microbatterie e supercondensatori

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE**

## Power Electronics: Harvester da sorgente termoelettrica

**Contratto:** Studio di un sistema di energy harvesting da sorgente termoelettrica per l'alimentazione di un controllo elettronico di temperatura

**SIT Group**

Wireless Remote Sensor Application Powered From a Peltier Cell

**UNIVERSITÀ**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE

## Power Electronics: Online Efficiency Optimization Controllers

- Controlli digitali avanzati per l'ottimizzazione online dell'efficienza
- Scopo: mantenere il convertitore nel punto di lavoro a massima efficienza mediante l'uso di opportune topologie e tecniche di controllo
- Esempio: controllo combinato di fase e duty cycle di un convertitore risonante per l'alimentazione della centralina auto:

The diagram shows a full-bridge resonant converter with MOSFETs  $M_1, M_2, M_3, M_4$ , a resonant inductor  $L$ , and resonant capacitor  $C_r$ . It includes a digital modulator receiving phase  $\phi$  and duty cycle  $d_A$  signals, and an output voltage regulator.

Input Current $i_{in}$ (A)	Efficiency $\eta$ (Disabled)	Efficiency $\eta$ (Enabled)
0.1	0.28	0.78
0.2	0.42	0.82
0.3	0.52	0.85
0.4	0.62	0.88
0.5	0.72	0.90
0.6	0.78	0.90
0.7	0.82	0.90
0.8	0.85	0.90
0.9	0.88	0.90
1.0	0.88	0.90

The diagram illustrates a car with various electronic systems: Engine Transmission Control, Hybrid Electric Power Electronics, Body/Power Management, Mobile Video, Driver Information/Navigation, Entertainment & Connectivity, Parking Assistance, Driver Interface and Controls, Theft Protection, Occupant Sensing and Restraint, Collision Warning & Avoidance, and Sensors (Pressure, Angular Rate, Acceleration, etc.).

**UNIVERSITÀ**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE

## Power Electronics: Settore Automotive

**Attività di ricerca:**

- High efficiency DC-DC drivers for LED lighting applications
- Innovative architecture of DC-DC converters
- Innovative digital DC-DC architectures
- Reliability and dynamic properties of GaN devices

Research Program

Lead Professor  
**UniPD DEI**

Lead Tech  
Ladder **IFX**

PhD student @ DEI

DEI  
Intern

DEI  
Intern

IFX  
Intern

IFX  
Intern

Theoretical studies

Experiments test chip design

Lab measurements

Innovation

Competency

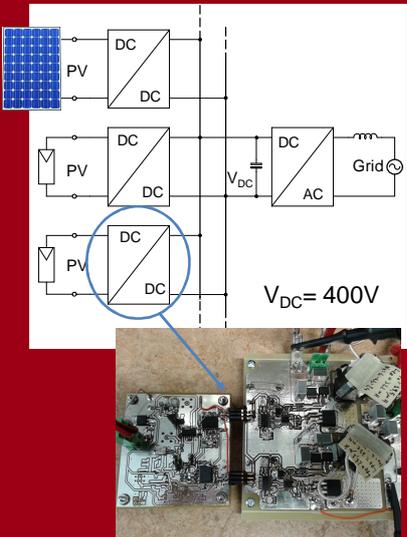
Recruitment



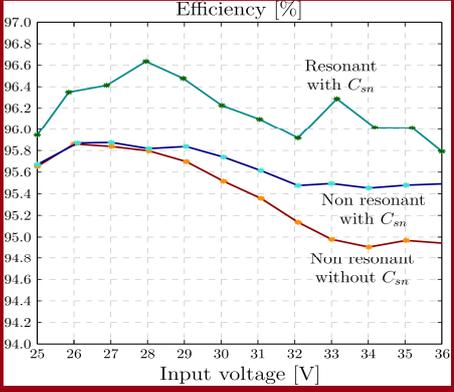
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE

## Power Electronics:

### Convertitori per l'interfacciamento di moduli fotovoltaici



$V_{DC} = 400V$

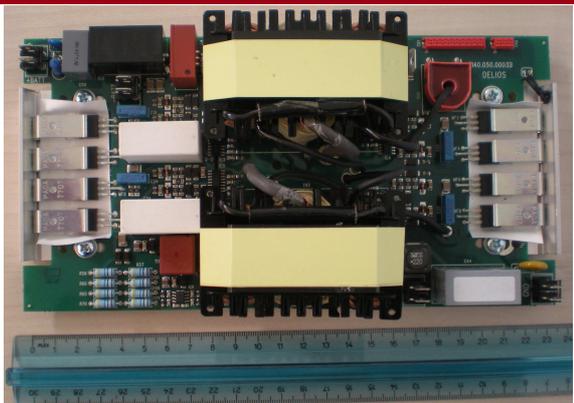


Input voltage [V]	Resonant with $C_{sn}$ [%]	Non resonant with $C_{sn}$ [%]	Non resonant without $C_{sn}$ [%]
25	95.8	95.8	95.8
26	96.3	95.8	95.8
27	96.4	95.8	95.8
28	96.6	95.8	95.8
29	96.4	95.8	95.8
30	96.2	95.8	95.8
31	96.0	95.8	95.8
32	95.8	95.8	95.8
33	96.2	95.8	95.8
34	96.0	95.8	95.8
35	96.0	95.8	95.8
36	95.8	95.8	95.8



DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE





Input voltage :	48V
Output voltage:	400 – 500V
Output power:	1500W

**DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE**

## Power Electronics: Caratterizzazione batterie

**Contratto:** supporto alla progettazione di un  
impedenziometro galvanostatico per batterie

**SOVEMA®**  
EQUIPMENT FOR ENERGY STORAGE



Max output current:  $\pm 10A$   
Output voltage:  $0 - 55V$   
Frequency range:  $1mHz - 100kHz$   
Max output current:  $100\mu\Omega - 200\Omega$

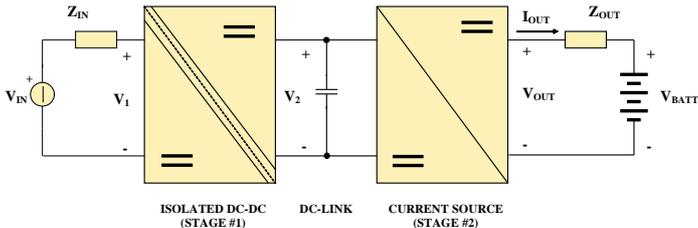
**DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE**

## Power Electronics: Convertitori bidirezionali per batterie

**Contratto:** supporto alla progettazione di alimentatori  
switching per la formazione di batterie

**SOVEMA®**  
EQUIPMENT FOR ENERGY STORAGE

$V_{IN}: 700 - 850V$        $V_2: 45 - 70V$        $V_{OUT}: 0 - 6V$   
 $P_2: 18kW$        $P_{OUT}: 100 \times 180W$



ISOLATED DC-DC (STAGE #1)      DC-LINK      CURRENT SOURCE (STAGE #2)



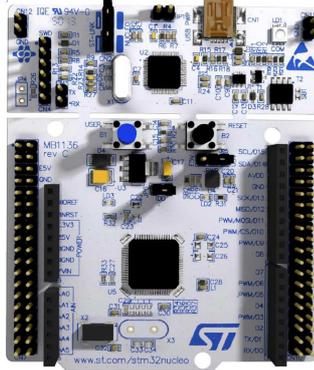
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE

## Power Electronics: Convertitori per caricabatterie

**Contratto:** sviluppo di un controllo digitale a microprocessore per circuito caricabatteria



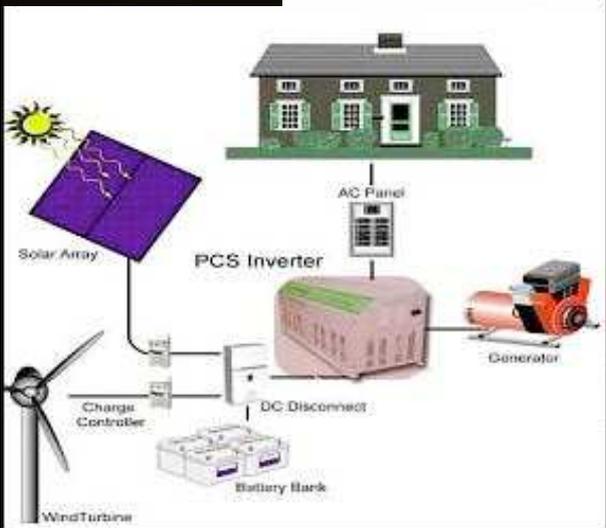
**A.T.I.B. ELETTRONICA**  
Battery Chargers & Electronics



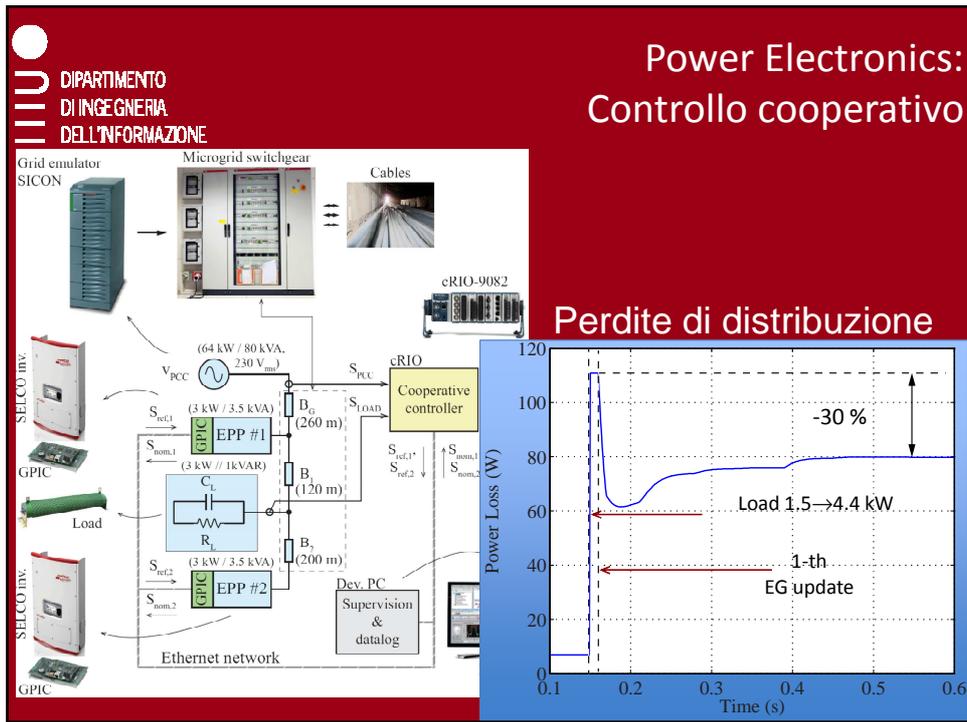
**Controllo:** a sfasamento  
**Risoluzione:** 217ps



## Energie Alternative , Fotovoltaico e Smart Grid



Per rendere le energie rinnovabili convenienti serve lo sviluppo di una rete infrastrutturale (**smart-grid**) che permetta di rendere efficiente tutta la rete elettrica.







DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE

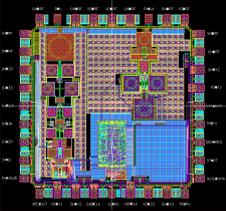
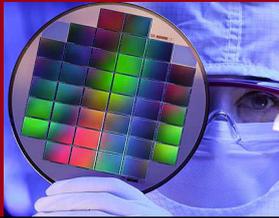


UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

# La Laurea Magistrale in INGEGNERIA ELETTRONICA

all'Università degli Studi di Padova

Andrea Gerosa  
gerosa@dei.unipd.it


DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE

## Chi si può iscrivere

- ❑ Laureati con **voto minimo 84/110**  
Non c'è il "numero programmato"
- ❑ Laureati in **Ingegneria dell'Informazione :**  
**Accesso non ristretto (a parte il voto minimo)**
- ❑ Laureati in **altri corsi di laurea del settore dell'informazione a Padova:** occorre aver superato alcuni esami aggiuntivi (la cosiddetta "passerella")
- ❑ Altri laureati: dipende dalla tipologia dei crediti acquisiti

## Dove potrò andare a lavorare ?

Aziende che sviluppano sistemi con elevate richieste in termini di:

prestazioni (sistemi di ricezione, trattamento del segnale e trasmissione ad altissima frequenza, in sistemi wireless, ponti radio, telefoni cellulari, radar),

di affidabilità (sistemi di controllo dell'automobile, avionica),

di miniaturizzazione, consumo energetico e sicurezza (sistemi biomedicali, cardiostimolatori, neurostimolatori, pacemaker)

di efficienza energetica (sistemi di conversione dell'energia per impianti eolici, fotovoltaici, gestione di smart-grids, driver per illuminazione a LED).

Aziende che sviluppano tecnologia : **industria dei semiconduttori (ma anche molte altre)**

**La laurea magistrale è l'unico titolo che dà accesso alle divisioni di ricerca e sviluppo industriali, ai laboratori di ricerca, ai corsi di dottorato di ricerca, in Italia e all'estero.**

**A 1 anno dalla laurea il 95,5% è occupato**

## Dove potrò andare a lavorare ?

- imprese di progettazione, sviluppo, ingegnerizzazione e produzione di componenti, apparati e sistemi elettronici;
- imprese che sviluppano sistemi e apparati in diversi settori per i quali l'elettronica rappresenta elemento essenziale: automobilistico, biomedicale, delle telecomunicazioni, avionico, spaziale, dell'illuminazione a stato solido, della gestione e conversione dell'energia
- imprese di progettazione, sviluppo, ingegnerizzazione, produzione ed esercizio di apparati, sistemi e infrastrutture per l'acquisizione e la trasmissione delle informazioni e la loro utilizzazione in applicazioni telematiche;
- imprese manifatturiere, aziende agro-alimentari, aziende operanti in ambito civile, settori di amministrazioni pubbliche e imprese di servizi in cui sono utilizzati sistemi e infrastrutture per l'acquisizione, il trattamento, l'elaborazione e la trasmissione dell'informazione (dati, voce e immagini);
- industrie per l'automazione e la robotica, aziende manifatturiere che utilizzano sistemi e impianti per l'automazione di processo;
- aziende di settori diversi, che necessitano di competenze per lo sviluppo e l'utilizzo di sistemi elettronici e servizi di telecomunicazione a supporto dell'organizzazione interna, della produzione e della commercializzazione;
- imprese pubbliche e private di servizi di telecomunicazione e telerilevamento terrestri o spaziali.

I laureati magistrali in Ingegneria Elettronica possono inoltre svolgere attività professionale relativa alla verifica di standard e collaborare con laboratori di certificazione

## Perché scegliere Ingegneria Elettronica

perché gli strumenti acquisiti permettono di operare in moltissimi settori diversi dell'ingegneria sviluppando capacità di gestione di progetti anche complessi

perché progettisti e sistemisti elettronici sono ricercati in Italia e all'estero, con retribuzione e stabilità del lavoro maggiori che in altri settori

perché la microelettronica e la nanoelettronica rimangono la *driving force* dell'innovazione per moltissimi settori industriali

perché senza la microelettronica nessuna delle grandi sfide del futuro può essere affrontata : energia pulita e rinnovabile, efficienza energetica, sanità pubblica a costi affrontabili, ...

## perché è una laurea molto richiesta in Italia e all'estero

**“L'ingegnere elettronico è il punto focale del processo di innovazione” P. Palella, STM CEO**

**“Cerchiamo ingegneri elettronici che sappiano scrivere codice” C. Silenzi, Ferrari F1**

## Perché a Padova

### Qualità del corso di Laurea

buona qualità del corso di laurea (corso di ingegneria con buona valutazione da parte degli studenti)

il 90% dei laureati ritiene **utile o fondamentale la laurea conseguita per l'attività lavorativa svolta**

### Qualità della ricerca

significativa attività di ricerca, riconosciuta a livello internazionale; collaborazioni con laboratori di ricerca accademici e industriali in tutto il mondo; forte connessione tra ricerca e didattica

rapporti consolidati tra Dipartimento e mondo industriale; elevatissimo numero di commesse industriali e contratti di ricerca

### Spirito imprenditoriale

Spin-off universitari che hanno ricevuto premi prestigiosi

## Perché a Padova

### Perché prepara all'ingresso nel mondo del lavoro

Corsi e attività di laboratorio legati a tecnologie innovative, ma anche alle attività lavorative richieste

La quasi totalità degli studenti che svolge attività di tesi presso i nostri laboratori trova immediato impiego in industria **occupandosi di attività simili e coerenti con la tesi**

## Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica

### PRIMO ANNO

#### PRIMO SEMESTRE

Elettronica Analogica

Misure Elettroniche

Dispositivi a microonde

Insegnamento affine a scelta vincolata  
(al primo o al secondo semestre)

#### SECONDO SEMESTRE

Microelettronica

Progettazione di circuiti integrati analogici

Power Electronics

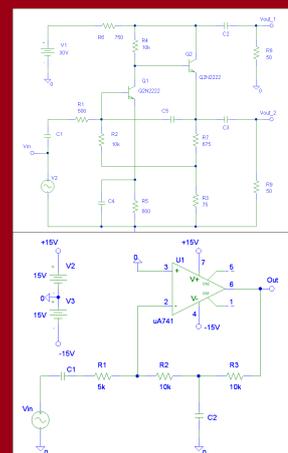


## Elettronica Analogica

- Acquisire metodi di analisi dei circuiti elettronici analogici. Circuiti ad OPAMP: analisi e progetto.

- Retroazione, risposta in frequenza, stabilità, filtri attivi, struttura e prestazioni degli amplificatori operazionali reali, ....

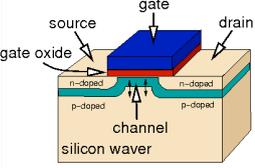
- Lab. virtuale (simulazione) per l'analisi di circuiti assegnati





DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE

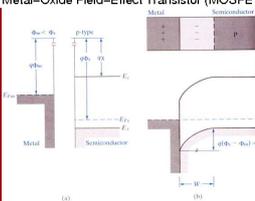
# Microelettronica



source gate drain  
gate oxide  
n-doped n-doped  
p-doped p-doped  
channel  
silicon wafer

Obiettivi del Corso:

- ◆ **Comprensione del funzionamento dei dispositivi elettronici e delle tecnologie di fabbricazione.**
- ◆ **Ampio spazio è dedicato allo studio del MOSFET**, dispositivo chiave presente oggi in modo massivo su tutti i dispositivi elettronici (CPU, PIC, SSD, memorie USB, Cellulari, Modem, ...)
- ◆ **Il corso prevede:**
  - Laboratorio Virtuale su iLab MIT
  - Laboratorio in Classe (misure fatte in classe su dispositivi elettronici reali).



Metal-Oxide Field-Effect Transistor (MOSFET)



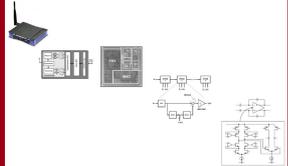
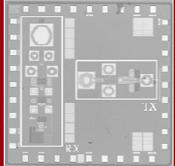
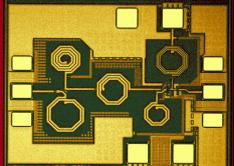


DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE

# Progettazione di Circuiti Integrati Analogici

Obiettivi

- Acquisire familiarità con il flusso di progettazione dei circuiti integrati analogici, mixed-signal e a RF in tecnologia CMOS
- Imparare a interpretare i gradi di libertà dell'attività progettuale per ottimizzare consumo di potenza, area occupata, prestazioni di rumore, ecc...

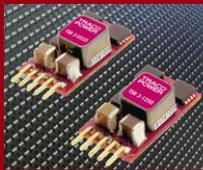


DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE

## Power Electronics (Elettronica per l'Energia)

### ■ Obiettivi

- Studiare quella branca dell'elettronica dedicata al processamento *efficiente* dell'energia elettrica e all'interfacciamento di sorgenti energetiche
- Fornire competenze teoriche e pratiche per il progetto, la realizzazione e il controllo di sistemi elettronici di conversione energetica



### Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica

#### SECONDO ANNO

##### PRIMO SEMESTRE

Dispositivi optoelettronici e fotovoltaici (almeno 1 su 5)

Circuiti integrati per l'elaborazione dei segnali (almeno 1 su 5)

Power Electronics Design (almeno 1 su 5)

Compatibilità elettromagnetica (almeno 1 su 5)

Insegnamento affine a scelta vincolata (al primo o al secondo semestre)

##### SECONDO SEMESTRE

Antenne per comunicazioni wireless (almeno 1 su 5)

Insegnamento a scelta in elettronica, campi elettromagnetici, misure elettroniche (almeno 6CFU)

**+ 12 CFU a scelta e la prova finale**

## Dispositivi optoelettronici e fotovoltaici

Obiettivi del Corso:

◆ Descrizione del funzionamento e delle tecnologie di realizzazione di LED, laser, rivelatori optoelettronici e celle solari

◆ **Ampio spazio è dedicato alle applicazioni di LED e laser**, nell'ambito delle telecomunicazioni su fibra ottica e dell'illuminazione a stato solido

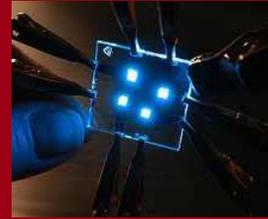
◆ Vi è inoltre un'ampia sezione relativa alle tecnologie e alla valutazione delle celle fotovoltaiche

◆ **Il corso prevede:**

Sedute di laboratorio su LED e celle fotovoltaiche

Visite presso aziende (OSRAM, Germania, Applied Materials, ...)

Seminari da parte di aziende del settore



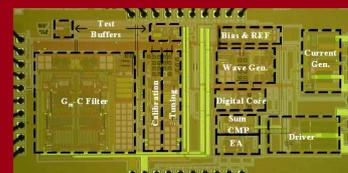
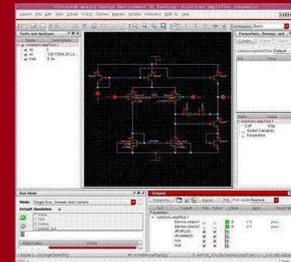
## Circuiti Integrati per l'Elaborazione dei Segnali

■ Imparare a progettare circuiti integrati analogici usati nei sistemi di elaborazione dei segnali

○ Filtri, convertitori A/D, PLL

■ Laboratorio per acquisire familiarità con le tecniche di progettazione direttamente dall'esperienza

○ Uso di software professionale

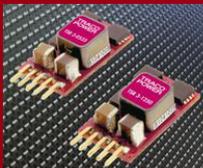


**UNIU** DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE

# Power Electronics Design (Laboratorio di Elettronica di Potenza)

Da AA. 2017/18

- 9 CFU
- Completa, con Power Electronics, un solido curriculum di competenze in elettronica di potenza:
  - Convertitori DC-DC isolati
  - Circuiti di snubber
  - Esperienze di laboratorio su analisi e progetto di convertitori




## I "pacchetti" dei corsi affini – 18 CFU obbligatori

### PRIMO ANNO

Teoria dei sistemi (Automazione)

Chimica per l'elettronica (Chimica)

Elaborazione numerica dei segnali (Telecomunicazioni)

Struttura della materia (Fisica/ottica)

### SECONDO ANNO

Laboratorio di controlli (Automazione)

Sistemi e reti wireless (Telecomunicazioni)

Robotica autonoma (Informatica)

Ottica quantistica e laser (Fisica/ottica)

## Insegnamenti offerti per la scelta

### \* in ambito tecnologico / microelettronico

*Elettronica organica e molecolare (II/1)*

*Qualità e affidabilità in elettronica (II/1)*

*Nanotecnologie ottiche e laser (II/2)*

*Ottica applicata (II/1)*

*Applicazioni industriali delle radiazioni ionizzanti (II/2)*

*Biosensori (II/1)*

*Space Optics Instrumentations (I,1)*

### \* nella progettazione di circuiti e sistemi, nella gestione dell'energia

*Progettazione e sintesi di circuiti digitali (II/2)*

*Progettazione di elettronica analogica (II/2)*

*Smart grids - reti elettriche intelligenti (II/2)*

### \* nel controllo e gestione industriali

*Ingegneria della qualità (II/1)*

*Innovation and project management (II/2)*

## Elettronica Organica e Molecolare

Obiettivi del Corso:

◆ Descrizione del funzionamento e delle tecnologie di realizzazione di dispositivi organici (OLED, celle solari, sensori, ...)

◆ **Ampio spazio dedicato ad applicazioni per display, illuminazione e pannelli solari per l'integrazione architettonica**

◆ Laboratorio all'interno del corso:

◆ misure di OLED, celle solari e altri dispositivi reali

◆ Costruzione di un OLED e una cella solare organica



Lampada OLED (OSRAM)



Transistor emettitori di luce



Celle solari flessibili



Integrazione architettonica



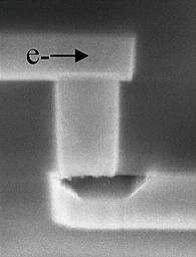

 DIPARTIMENTO  
 DI INGEGNERIA  
 DELL'INFORMAZIONE

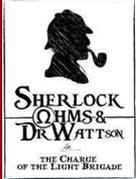
## Qualità e Affidabilità in Elettronica

**Imparare l'affidabilità:**

- Impadronirsi di aspetti teorici e standard
- Saperli applicare in situazioni concrete
- Gestire l'affidabilità di sistemi complessi
- Confrontarsi con celebri case studies affidabilistici (dai MOSFET, al Telstar I, ai richiami della Toyota...)

Fare esperienza sperimentale in laboratorio su transistor e memorie NAND Flash






 DIPARTIMENTO  
 DI INGEGNERIA  
 DELL'INFORMAZIONE

## OTTICA APPLICATA

**Ottica moderna principi**

**Principi operativi dei principali dispositivi ottici e opto-elettronici**

**Strumentazione e laboratorio**

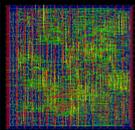
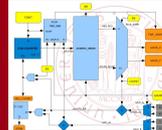
- Lo studente condurrà guidato ma indipendentemente esperienze mirate



**DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE**

## Progettazione e sintesi di circuiti digitali

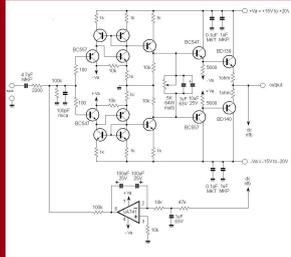
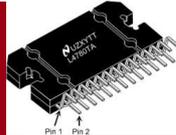
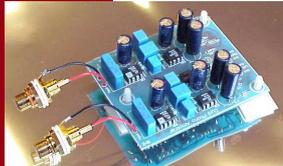
- **Obiettivi**
  - Insegnare come si progetta un circuito integrato digitale VLSI dalle specifiche al silicio
- **Contenuti**
  - Teoria: linguaggio VHDL; strumenti CAD e procedura per il progetto assistito al computer
  - Laboratorio: esempi di simulazione, sintesi, place & route; progetto di fine corso (processore FFT, Viterbi decoder, processore RISC)

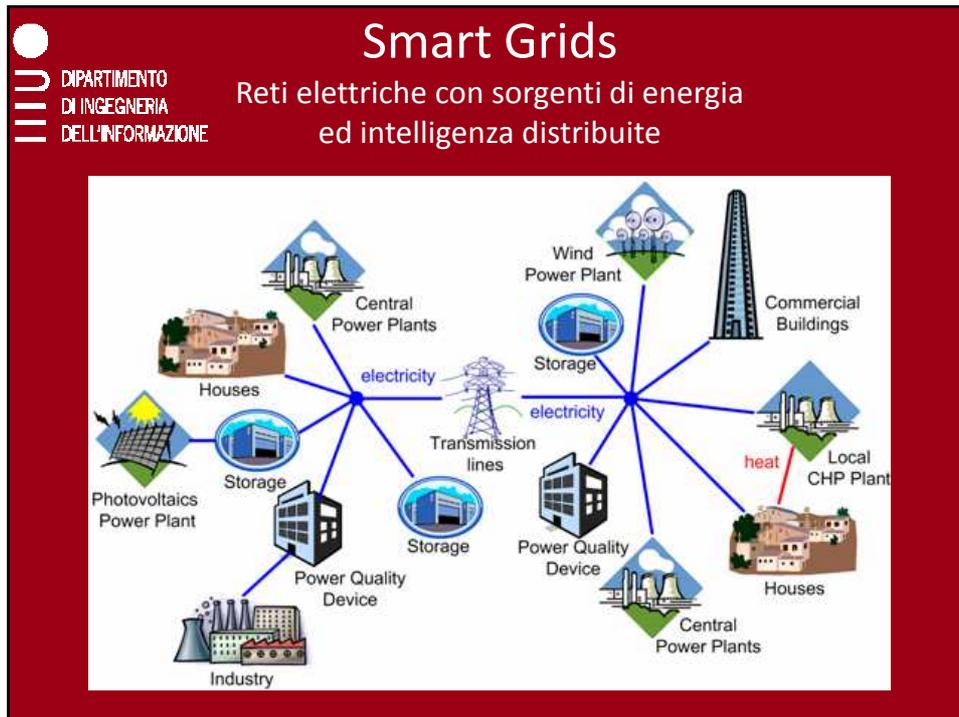



**DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE**

## Progettazione di Elettronica Analogica

- **Il processo di progettazione di circuiti analogici. Analisi del funzionamento di circuiti per applicazioni specifiche**
  - amplificatori di potenza (audio), oscillatori, tecniche di layout circuitale, PLL, circuiti a PWM, amplificazione di segnali da sensori, amplificatori per strumentazione, ...
- **Laboratorio di progettazione e prototipazione di circuiti assegnati**



**Corso: Smart Grids**  
Reti elettriche intelligenti

**Contenuti e Obiettivi**

- Corso interdisciplinare sulle reti elettriche intelligenti, tenuto da docenti ed esperti di Automatica, Elettronica, Misure, Sistemi elettrici di potenza, Telecomunicazioni
- Gli studenti potranno sperimentare i concetti appresi su piattaforme di simulazione in tempo reale e hardware-in-the-loop, nonchè verificare alcune applicazioni presso aziende del settore



DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE

## Corsi con Laboratorio o Progetti

- Elettronica analogica
- Power electronics
- Progettazione di circuiti integrati analogici
- Microelettronica
- Circuiti integrati per l'elaborazione dei segnali
- Elaborazione numerica dei segnali
- Progettazione di elettronica analogica
- Power electronics design
- Ingegneria della qualità
- Elettronica organica e molecolare
- Progettazione e sintesi di circuiti digitali
- Antenne per comunicazioni wireless
- Dispositivi optoelettronici e fotovoltaici

## Formazione post-lauream: il dottorato

Scuola di dottorato nel nostro Dipartimento  
motore dell'innovazione  
durata 3 anni, prova di ingresso molto selettiva,  
tesi originale da produrre alla fine

Dopo il dottorato: occupazione nelle divisioni  
di ricerca e sviluppo delle grandi aziende

svolgere il dottorato all'estero : i nostri laureati sono  
i benvenuti !

Arizona State University, Università di California  
@ Santa Barbara, Università di Limoges,  
Università di Regensburg, ETH Zurigo, IMEC



## Prossimi appuntamenti

- Visita guidata ai laboratori dove viene svolta l'attività di ricerca dei gruppi di Microelettronica e Elettronica di potenza
  - Iscrivetevi sulle bacheche DEI (Moodle) attraverso il corso "Vieni a conoscere l'elettronica"

## Laboratori di ricerca rilevanti per LM-IL

BioDevices  
 Elettronica di Potenza  
 ICARUS (Integrated Circuits for Analog and Radiofrequency micro Systems)  
 Microelettronica  
 Microelettronica - Camera Bianca  
 Microelettronica - Progettazione e Test  
 Microelettronica - Prove di Affidabilità  
 Misure Elettroniche e Compatibilità Elettromagnetica  
 MOSLAB (Molecular and Organic Semiconductor Lab.)  
 Optoelettronica  
 Progettazione Elettronica  
 RREACT (Reliability and Radiation Effects on Advanced CMOS Technologies)  
**Laboratory for ultraviolet and X-ray optical research (Centro Regionale LUXOR)**  
**Polo regionale per il fotovoltaico**