

## **Verbale dei lavori del gruppo di riorganizzazione dei corsi di elettronica**

Coordinamento: A. Capone e M. Vignati

Supervisione: R. Faccini e R. Paramatti

Membri del gruppo: E. Battistelli, V. Bocci, G. di Stefano, C. Luci, F. Meddi, M. Raggi, A. Polimeni, P. Vicini.

Il gruppo di lavoro ha iniziato i lavori il 5 novembre 2018 con una serie di consultazioni telematiche e un'analisi dei programmi dei corsi di elettronica in vigore:

1. Laboratorio di Laboratorio di Sistemi e Segnali (Proff. Luci, Raggi e Vignati)
2. Elettronica Generale (Prof. di Stefano)
3. Elettronica Digitale (Prof. Meddi)
4. Computer Architecture for Physics (Prof. Vicini)

Il gruppo si è successivamente riunito il 19 novembre 2018 alle 11:00 in Aula Direzione INFN presso il Dipartimento di Fisica della Sapienza dove sono emerse le seguenti esigenze:

1. Riformare il curriculum elettronico per mantenere e aggiornare le conoscenze di elettronica necessarie agli esperimenti di fisica delle particelle.
2. Formare gli studenti dal punto di vista della fisica e dell'elettronica applicata alla fisica, rendendoli in grado di comunicare con ingegneri e tecnologi del campo.
3. Rendere il curriculum elettronico più attrattivo, a partire dal corso di Laboratorio di Sistemi e Segnali, ovvero il primo corso del campo che incontrano gli studenti.
4. Creare un nuovo corso di rivelatori a stato solido, con enfasi sulla fisica dei rivelatori e sui relativi sistemi di lettura.
5. Ridurre la sovrapposizione degli argomenti tra Elettronica Digitale e Laboratorio di Sistemi e Segnali.
6. Ridistribuire in corsi differenti o accorpate in un unico corso gli argomenti dei corsi di Elettronica Digitale e Computer Architecture for Physics, visto l'esiguo numero di studenti registrato negli ultimi anni da questi corsi.

A seguito della riunione, i coordinatori e i supervisori del gruppo hanno redatto delle proposte di ristrutturazione dei programmi e dei corsi in genere e le hanno discusse con membri del gruppo de visu o per via telematica, convergendo sui seguenti punti:

1. Viene ridotta la parte di elettronica digitale del corso di Laboratorio di Sistemi e Segnali a favore dell'introduzione nel programma di sensori basati su semiconduttori e relative esperienze.
2. Il corso di Elettronica Generale diventa il seguito naturale del Laboratorio di Sistemi e Segnali, con sistemi avanzati di elettronica analogica, elettronica digitale e introducendo l'analisi digitale dei segnali e la logica programmata.
3. Il corso di Elettronica Digitale viene soppresso, parte degli argomenti vengono assorbiti da Elettronica Generale e Computer Architecture for Physics.
4. Viene introdotto un nuovo corso su sensori a stato solido e relativa lettura dal titolo "Solid state sensor readout and technologies".

Il dettaglio dei programmi dei corsi concordati, le modifiche apportate e la collocazione nel programma di studi si trova nelle pagine seguenti.

Roma, 11 dicembre 2018

Antonio Capone e Marco Vignati

# 1. Laboratorio di Segnali e Sistemi (Triennale III anno/I sem.)

Ridotta parte su transistor, rimossa esperienza su operazionale, aggiunta un'esperienza su sensori basati su diodo.

## Programma

1. Analisi dei segnali: serie e trasformata di Fourier, trasformata di Laplace, filtri passivi, diagramma di Bode, teoremi di Thevenin e Norton.
2. Semiconduttori, diodo a giunzione, transistor BJT, polarizzazione e caratteristiche del transistor, amplificatore ad emettitore comune, modello a parametri ibridi; studio in frequenza, teorema di Miller, amplificatore a due stadi.
3. Sensori basati su diodi.
4. Amplificatore Operazionale (OP-AMP): amplificatore invertente e non invertente, integratore e derivatore, amplificatore differenziale, filtri attivi, rumore.
5. Elettronica digitale: algebra di Boole, circuiti logici, famiglia TTL, circuiti combinatori, flip-flop, convertitori DAC, ADC, contatori
6. Il microcontrollore Arduino: struttura e funzionamento del microcontrollore ATMEGA, la scheda Arduino UNO e programmazione da PC
7. DFT (trasformata di Fourier discreta), aliasing, stima dello spettro del rumore.

## Esperienze

1	Familiarizzazione con il laboratorio di elettronica e con gli strumenti	
2	Amplificatore con transistor ad emettitore comune	
3	Sensore (TBD)	Nuova exp rimpiazza opamp 1
4	Amplificatore operazionale	
5	Filtro attivo e generatore di rumore	
6	Circuiti logici	Aggiungere multiplexer
7	ADC	
8	Arduino 1	
9	Arduino 2	Circuito completo di sensore, amplificatore, filtro attivo, ADC e DSP.

## 2. Elettronica Generale (Triennale III anno/II semestre)

Il programma proposto dal docente attuale è molto più vasto, si mettono in risalto gli argomenti fondamentali non trattati esaurientemente in altri corsi del percorso elettronico. Il laboratorio al momento non c'è e potrebbe essere aggiunto.

### Programma

1. JFET, MOSFET, CMOS.
2. Reazione negativa. Amplificatori a controeazione, Feedback, PID. Esempi con amplificatori operazionali.
3. Reazione positiva. Generatori di forme d'onda sinusoidali, VCO, oscillatori a resistenza negativa, generatore di segnali, generatori di clock, PLL.
4. Alimentatori. Cenni su sistemi di alimentazione: trasformatore, alimentatori, regolatori lineari, regolazione swiching, alimentatori in corrente.
5. Digital Signal Processing. Trasformata Z, approssimazione di Eulero. Elaborazione numerica: sistemi ricorsivi e finiti (IIR e FIR) simulazione e analisi con software commerciali.
6. Progettazione di circuiti digitali: logica cablata e introduzione ai circuiti a logica programmata (FPGA).

### Esperienze da definire.

1. Matlab
2. Labview
3. FPGA
4. ...

### **3. Solid state sensor readout and technologies (Magistrale I anno/II sem.)**

Nuovo corso.

#### **Programma**

1. Proprietà optoelettroniche e fenomeni di generazione e ricombinazione di carica nei semiconduttori. Caratteristica I-V di un diodo sotto illuminazione. LED, laser e celle solari Transistor CMOS e capacitori MOS ed effetti dinamici.
2. Sensori a stato solido: CCD, CMOS, APD/SiPM, HPG<sub>e</sub>, PMT. Circuiti di polarizzazione.
3. Sensori per infrarosso: dai materiali al dispositivo.
4. Principi base della superconduttività. Amplificatori a basso rumore: SQUID.
5. Gas di elettroni bidimensionale e proprietà di trasporto e dispositivi ad alta mobilità HEMT.
6. Dispositivi a semiconduttori per la generazione e la rilevazione di segnali a RF, linee di trasmissione, WiFi, antenne.
7. Trasduzione elettrica di perturbazioni meccaniche in semiconduttori e MEMS
8. Sistemi di lettura basati sulle tecniche del lock-in e dell'eterodina. Elementi di Software Defined Radio (SDR) e relativo utilizzo per la demodulazione software di segnali RF.
9. Utilizzo di microcontrollori di ultima generazione (Arduino DUE, ESP32) come sistemi di acquisizione di dispositivi a stato solido e loro integrazione nell'Internet of Thing (IoT).
10. Temporizzazione e readout digitale dei sensori di immagine (CCD, CMOS).
11. Acquisizione con microcontrollori di sensori a stato solido commerciali MEMS ed infrarossi thermopile, pyroelectric, NIR.

## **4. Computer architecture (Magistrale II anno/I semestre)**

Programma sostanzialmente invariato.

### **Programma**

1. Introduction to computers, hardware, firmware and software, performance. Languages: assembly, integer numbers and instructions representation
2. Fundamentals of logic design and use of hardware description languages: gates, truth tables, logic equations; clocks, memory and finite-State machines; introduction to VHDL
3. Processor Architecture: functional units, registers, control unit, microprogramming; processing unit; pipelining, exceptions handling.
4. Memory hierarchy: introduction to caches, virtual memory, introduction to Storage and I/O
5. Advanced and parallel architecture. Multicore systems, multiprocessors and clusters: parallel processing, classification, many-core high-performance computing architecture (GPU) and multiprocessor systems, networks.

### **Esperienze su proprio PC**