UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

COURSE SYLLABUS

Electronic Experimentation

2526-3-E3001Q071

Obiettivi

Alla base di ogni esperimento di fisica c'è un processo fondamentale: la conversione degli eventi fisici in segnali elettrici, che vengono poi trasformati in sequenze di numeri analizzabili. Questo stesso principio si applica a molti dei sistemi con cui interagiamo quotidianamente, spesso senza rendercene conto. Basti pensare alla diagnostica di un'automobile o ai nostri cellulari, capaci di elaborare onde radio, suoni, temperature e accelerazioni.

In questo corso, ci immergeremo nella costruzione completa di un moderno sistema di acquisizione dati per un rivelatore. Il nostro obiettivo finale sarà analizzare i dati così ottenuti.

A livello pratico, ciò significa che studieremo e costruiremo ogni singolo elemento di questa catena. Partiremo dal microprocessore, che ha il compito di generare le stringhe numeriche dai segnali analogici. Questi segnali, a loro volta, provengono dall'amplificatore che realizzeremo per leggere al meglio i segnali prodotti dal rivelatore.
Acquisiremo e metteremo in pratica tutte le nozioni di base necessarie per raggiungere questo scopo, dotandoci degli strumenti per comprendere e implementare ogni fase del processo.

1. **Comprendere** i principi fondamentali dei circuiti elettronici analogici e digitali e il funzionamento dei rivelatori utilizzati nelle esperienze di laboratorio.
2. **Progettare**, costruire e testare circuiti elettronici, applicando le conoscenze teoriche acquisite.
3. **Valutare criticamente** i risultati sperimentali e diagnosticare malfunzionamenti nei circuiti realizzati.
4. **Comunicare** in modo chiaro e strutturato i risultati dell'attività sperimentale attraverso relazioni scritte e colloqui orali.
5. **Sviluppare capacità di apprendimento autonomo** nell'uso di strumentazione elettronica e nell'approccio a nuove esperienze sperimentali.

Una descrizione più dettagliata degli scopi e modalità del corso la si trova descritta nella seguente pubblicazione (cui si può accedere con le credenziali campus):
A laboratory course on detector readout for undergraduate students of experimental physics

Contenuti sintetici

Questo corso ha l'obiettivo di introdurre gli studenti al mondo della fisica sperimentale, concentrandosi sugli elementi chiave di una catena di misurazione con un rivelatore di particelle. Impareremo a conoscere e utilizzare:

- Amplificatori e sagomatori analogici del segnale, fondamentali per preparare il segnale grezzo del rivelatore.
- Convertitori analogico-digitali (ADC), essenziali per trasformare i segnali analogici in dati numerici.
- Microcontrollori, per gestire il sistema di trigger (ovvero, il meccanismo che decide quando acquisire un dato) e la trasmissione dei dati.
- Per l'analisi e la visualizzazione dei dati acquisiti, utilizzeremo il software MATLAB su PC.

Un'applicazione pratica cruciale del corso sarà la costruzione di una catena di misura completa per uno dei rivelatori più moderni e diffusi: il SiPM (Silicon Photomultiplier), o Fotomoltiplicatore al Silicio. Questo tipo di rivelatore è straordinario perché è in grado di generare un segnale elettrico misurabile anche in risposta a un singolo fotone incidente.

Studieremo in dettaglio il segnale elettrico prodotto dal SiPM e lo elaboreremo attraverso l'intera catena di misura, che costruiremo interamente in laboratorio. L'obiettivo è convertire questi segnali in una sequenza di numeri, che saranno poi analizzati matematicamente per estrarne informazioni fisiche.
Questo percorso pratico vi fornirà una solida base per affrontare le sfide della fisica sperimentale moderna.

Programma esteso

Il corso è per tutti e si prefigge lo scopo di essere propedeutico a qualsiasi indirizzo lo studente voglia intraprendere successivamente.

Questa è la lista dettagliata degli argomenti trattati:

- Primi passi con microcontrollore di famiglia ARM Cortex: GPIO, timer, interrupt.
- Comunicazione tra microcontrollore e PC via protocollo seriale (UART): ASCII o dati binari.
- Uso del software MATLAB su PC.
- Acquisizione con convertitore analogico-digitale (ADC).
- Gestione avanzata della memoria: DMA, buffer circolare.
- Acquisizione di segnali e trigger.
- Amplificatori operazionali, configurazione invertente e non invertente.
- Diodi, LED, rivelatori al Silicio e SiPM
- Rilevatori di picco
- Osservazione di segnali di singolo fotone con SiPM
- Costruzione e operazione della catena di acquisizione completa, dal SiPM al microcontrollore e quindi al PC.

Più informazioni saranno disponibili alla seguente pagina web: http://pessina.mib.infn.it

Prerequisiti

Principali Nozioni di Fisica di base classica: Elettricità e Magnetismo.

Modalità didattica

**Il corso si svolge al primo semestre. **

24 sessioni di laboratorio di 4 ore ciascuna, due volte alla settimana, da confermare con l'orario del semestre.

Le sessioni si svolgono in modalità interattiva in presenza (attività di laboratorio).

Nella prima parte del corso, ogni studentessa e studente lavora individualmente con il proprio microcontrollore per realizzare il sistema di conversione dei segnali e della loro trasmissione al PC.
Nella seconda parte del corso, si formano gruppi di 2-3 studentesse e studenti per lavorare su amplificatori e SiPM.
Nella parte finale del corso ogni studentessa e studente implementerà la prorpia catena di misura consistente nel rivelatore, amplificatore, microcontrollore ed analaisi dei dati ottenuti su PC.

Quando necessario introdurre l'argomento successivo, la prima parte della sessione (circa 1 ora) sarà svolta in modalità erogativa (lezione frontale in laboratorio) ed in inglese, se richiesto.

Materiale didattico

- Dispense che saranno rese disponibili, su questa pagina web (cliccando su entra, il bottone verde a destra), in sincronia con le lezioni;
- Software di sviluppo dei progetti;
- Strumenti di analisi matematica;
- Schede di sviluppo per i microcontrollori che useremo;
- I rivelatori che ueremo;
- Strumentazione di laboratorio appropriata alle sperimentazioni: oscilloscopi, generatori di funzioni, generatori di tensione.

Periodo di erogazione dell'insegnamento

Primo semestre.

Modalità di verifica del profitto e valutazione

- Una relazione scritta descrivente tutte le esperienze affrontate (la relazione può essere scritta in gruppo di al massimo 3 persone);
- Un colloquio (obbligatorio), che sarà invece individuale, dove si discuterà il contenuto della relazione e gli argomenti trattati a lezione. Come indicato sopra, gli argomenti trattati a lezione sono disponibili su questa pagina web (cliccando su entra). Accanto ad ogni dispensa verranno indicati gli eventuali argomenti non richiesti ma presenti solo per approfondimento.

Il voto finale tiene conto dell'attività svolta in laboratorio durante il corso, della qualità della relazione e della padronanza degli argomenti dimostrata nel corso del colloquio finale.

L'esame può essere sostenuto in Inglese.

Orario di ricevimento

Sempre, previo appuntamento: claudio.gotti@mib.infn.it, pessina@mib.infn.it

Sustainable Development Goals

ISTRUZIONE DI QUALITÁ