

Corso di Laurea in Fisica
Anno accademico 2016/2017

LABORATORIO 2 – moduli A e B (033BB, 12 cfu)

Programma definitivo del corso

0. Prerequisiti

Abilità nell'eseguire misure secondo il metodo scientifico e nel trattamento e rappresentazione dei dati; concetti di incertezza del dato sperimentale, errori sistematici e stocastici, propagazione dell'errore; metodi di interpolazione e best-fit; uso del software Python per la rappresentazione e l'analisi dei dati.

1. Analisi e trattamento dati

Best-fit lineari e non lineari per l'analisi dei dati raccolti nelle esperienze pratiche; algoritmi numerici per l'analisi dei dati nell'ambito del pacchetto Matplotlib (Python); calcoli con grandezze complesse; semplici simulazioni analitiche del comportamento di sistemi e circuiti elettrici; cenni alle serie di Fourier e alla trasformata discreta di Fourier e al loro impiego nell'analisi di segnali periodici nel dominio del tempo e della frequenza. (Gli argomenti considerati sono affrontati in modo distribuito nel corso dell'intero anno)

2. Acquisizione dati automatizzata via computer

Impiego della piattaforma Arduino per l'acquisizione computerizzata di segnali e sua applicazione a:

- digitalizzazione di segnali continui e sua distribuzione statistica;
- campionamento di segnali variabili (periodici) prodotti da generatore di funzioni e in uscita da integratori/derivatori, con acquisizione asincrona e sincrona (record lunghi);
- carica e scarica del condensatore;
- costruzione automatizzata della curva caratteristica del diodo con impiego modalità PWM;
- costruzione automatica della curva di collettore del transistor BJT;
- oscillatore smorzato RLC con acquisizione sincrona (record lunghi e modalità interleaved).

3. Componenti ohmici e misure in continua

Definizioni di differenza di potenziale, intensità di corrente e resistenza elettrica. Modello di Drude per metalli conduttori, legge di Ohm, serie e parallelo di resistori, partitori di tensione e corrente, dissipazione per effetto Joule. Nodi, maglie e rami di un circuito, equazioni del circuito ("leggi di Kirchoff"). Generatori di d.d.p. continua reali e approccio di Thévenin. Multimetri analogici e digitali per la misura di grandezze continue e alternate e loro resistenza interna. Concetti di base della digitalizzazione dei segnali analogici, con particolare riguardo alla piattaforma Arduino.

4. Capacità e condensatori, misure di transienti, generazione e misura di segnali alternati

Capacità elettrica, carica e scarica del condensatore, collegamenti in serie e parallelo di condensatori. Principio di operazione dell'oscilloscopio analogico e sue modalità di operazione. Generatore di funzioni, segnali alternati e definizioni rilevanti, campionamento e digitalizzazione di segnali dipendenti dal tempo, rate di campionamento, sotto e sovra-campionamento e aliasing, acquisizioni asincrone e sincrone. Grandezze mediate nel tempo e valori rms.

5. Condensatori in alternata e circuiti RC

Metodo simbolico e fasori, impedenza di resistori e condensatori, collegamenti in serie e parallelo di impedenze, equazioni simboliche del circuito. Analisi di circuiti RC in alternata nel dominio del tempo e della frequenza, funzione di trasferimento: guadagno e sfasamento. Filtri passa-basso e passa-alto, attenuazione in dB, frequenza di taglio e di corner. Integratori e derivatori RC e loro montaggio in cascata, con cenni all'adattamento di impedenza. Costruzione numerica di segnali periodici mediante serie di Fourier e sua applicazione ai dati campionati mediante Arduino nelle esperienze pratiche.

6. Giunzioni tra semiconduttori drogati, diodi a giunzione e transistor BJT

Materiali semiconduttori e drogaggio, giunzioni bipolari, polarizzazione, equazione di Shockley. Diodi a semiconduttore e loro impiego come raddrizzatori. Resistenza dinamica del diodo. Transistor bipolare come componente attivo: cenni di tecnologia, effetto transistor, guadagno in corrente, amplificatore di corrente e tensione a emettitore in comune, guadagno senza e con resistenza di emettitore, pochi cenni (facoltativi) alle altre configurazioni. Feedback e amplificatore a reazione, cenni agli oscillatori a reazione, pochi cenni all'impiego dei transistor BJT come porte digitali.

7. Induttori e circuiti RLC nel dominio del tempo e della frequenza

Induzione magnetica, legge di Faraday e coefficienti di auto-induzione. Impedenza reattiva e resistiva degli induttori. Filtri RL e loro analisi nel dominio delle frequenze. Oscillatori smorzati RLC e analisi nel dominio dei tempi. Oscillatori smorzati forzati RLC: risonanza, larghezza di riga e smorzamento, fattore di qualità. Cenni all'analisi di Fourier e alla costruzione numerica di spettri mediante FFT di dati campionati mediante Arduino nelle esperienze pratiche. Misura di impedenze (resistenza, capacità, induttanza) con circuiti a ponte.

8. Mutua induzione e campi magnetici nei materiali

Accoppiamento tra avvolgimenti e mutua induzione. Campi magnetici nella materia, isteresi dei ferromagneti. "Rifrazione" delle linee di campo all'interfaccia tra diversi materiali e confinamento del flusso di induzione magnetica. Correnti parassite e loro effetti, con particolare riferimento all'oscillatore smorzato RLC. Circuiti magnetici, legge di Hopkinson e riluttanza, legame tra riluttanza e induttanza. Trasformatori: rapporto di trasformazione in tensione, corrente, potenza; rendimento del trasformatore ideale e reale. Cenni alle linee di trasmissione, cavi schermati e cavi coassiali (argomento facoltativo).

9. Ottica: polarizzazione, interferenza, diffrazione

Equazione e funzione d'onda, onde elettromagnetiche. Polarizzazione e metodi per l'analisi e la manipolazione della polarizzazione della luce, equazioni di Fresnel e angolo di Brewster, dicroismo e birifrangenza lineari. Interferenza e onde stazionarie. Diffrazione da doppia fenditura, da reticoli (in trasmissione), da singole aperture lineari e circolari. Interpretazione euristica del funzionamento del fotodiodo in modalità fotovoltaica. Cenni ai principi di operazione del laser a diodo.

Esercitazioni pratiche

0. Best-fit numerico con Python ed errore nei parametri
1. Misure con multimetro e partitore di tensione
2. Resistenza del generatore di d.d.p. e Thévenin
3. Digitalizzazione d.d.p. continue con Arduino
4. Carica/scarica condensatore con Arduino (e con oscilloscopio)
5. Generatore di funzioni, oscilloscopio e campionamento con Arduino
6. Integratore e derivatore RC
7. Filtri RC
8. Curva caratteristica del diodo con Arduino e raddrizzatore
9. Resistenza dinamica del diodo
10. Curva caratteristica di collettore del transistor con Arduino
11. Amplificatore di tensione a emettitore comune
12. Oscillatore smorzato RLC con Arduino
13. Oscillatore smorzato RLC e correnti parassite con Arduino
14. Oscillatore smorzato forzato RLC e risonanza
15. Auto e mutua induzione
16. Trasformatore
17. Polarizzazione della luce
18. Interferenza e diffrazione