

# Programma del Corso di Elettronica (per allievi elettrici) A.A. 2001/2002 Paolo Mattavelli

## Programma

- Introduzione agli amplificatori lineari. Cenni sulle rappresentazioni di un quadripolo lineare a parametri  $g$ ,  $h$ ,  $y$ ,  $z$ . Concetto di polarizzazione di un dispositivo amplificatore elementare non lineare. Amplificatore ideale di tensione e di corrente. Amplificatori di transconduttanza e transresistenza. Resistenze di ingresso e di uscita.
- Introduzione agli amplificatori differenziali e operazionali. Caratteristiche degli amplificatori operazionali ideali. Amplificatore invertente: calcolo del guadagno e delle resistenze di ingresso e di uscita. Amplificatore non invertente: calcolo del guadagno e delle resistenze di ingresso e di uscita. Applicazioni degli amplificatori operazionali: sommatore, integratore e circuito passa-basso. Amplificatore differenziale. Amplificatore da strumentazione. Convertitori tensione/corrente e corrente/tensione. Risposta in frequenza degli amplificatori operazionali: stabilità, limite di banda passante, compensazione a polo dominante e compensazione polo-zero. Dipendenza della tensione di uscita di un amplificatore operazionale dalla componente di tensione di ingresso di modo comune: definizione di CMRR. Definizioni di tensione di offset, correnti di bias e di offset e loro effetto nello schema dell'amplificatore invertente. Slew Rate. Cenni sul comportamento degli amplificatori operazionali con retroazione positiva. Trigger di Schmitt.
- I Diodi: caratteristiche ai morsetti. Modello del diodo ai piccoli e ai grandi segnali. Funzionamento nella regione di breakdown. Regolatori di tensione. Raddrizzatori con carico resistivo. Raddrizzatori con filtro capacitivo. Circuiti di clipping e loro applicazioni.
- Analisi della conducibilità di un semiconduttore intrinseco: rappresentazione mediante legame covalente e a bande di energia. Calcolo della corrente di deriva. Drogaggio dei semiconduttori di tipo  $n$  e di tipo  $p$ : calcolo delle concentrazioni dei maggioritari e dei minoritari. Corrente di diffusione. Esempio di semiconduttore con concentrazione non uniforme: calcolo del potenziale di contatto. Analisi della giunzione  $p-n$ . Polarizzazione diretta e inversa: legge della giunzione e analisi del profilo di concentrazione dei portatori minoritari. Capacità di transizione e di diffusione. Tensione di breakdown: moltiplicazione a valanga e effetto zener. Il diodo in commutazione. Generalità sul diodo Schottky. Cenni al funzionamento delle celle solari e dei diodi emettitori di luce (LED).
- Introduzione al transistor bipolare a giunzione (BJT). Principi di funzionamento. *Modello di Ebers-Moll del transistor bipolare*. Definizione dei possibili modi di funzionamento del BJT e espressioni approssimate relative. Caratteristiche di uscita ad emettitore comune. Transcaratteristica. Calcolo della transconduttanza in zona attiva diretta. Polarizzazione di BJT. Retta di carico statica e dinamica. Polarizzazione con quattro resistenze: effetto stabilizzante della resistenza di emettitore. Circuito di polarizzazione con resistenza tra base e collettore. Specchio di corrente. Commutazione del BJT.
- Introduzione all'analisi ai piccoli segnali di amplificatori monostadio a BJT. Condensatori di bypass e di blocco. Amplificatore ad emettitore comune: calcolo del guadagno e delle resistenze di ingresso e di uscita. Amplificatore ad emettitore comune con resistenza di emettitore: calcolo del guadagno di tensione e di corrente e delle resistenze di ingresso e di uscita. Effetto della resistenza di emettitore. Analisi dell'amplificatore a collettore comune. Concetto di adattatore di impedenza. Analisi amplificatore a base comune.
- Schema di base di un transistor MOSFET: analisi del comportamento a bassi valori della tensione drain-source (zona di funzionamento lineare). Funzionamento del MOSFET in zona di saturazione: effetto di modulazione di lunghezza del canale. Caratteristiche di trasferimento e di uscita. Schemi di polarizzazione a quattro resistenze. Modelli ai piccoli segnali del Mosfet. MOSFET a svuotamento. Carichi attivi. Analisi del JFET: caratteristiche di uscita e transcaratteristica. Equazioni descrittive in zona lineare e di saturazione. Modello ai piccoli segnali del JFET. Amplificatori monostadio a Mosfet. *Tecnologie di fabbricazione di componenti e circuiti integrati*.
- Amplificatore differenziale. Transcaratteristica ai grandi segnali. Calcolo del guadagno di modo differenziale, calcolo del guadagno di modo comune. Calcolo del CMRR.
- Amplificatori multistadio. L'analisi ai piccoli segnali di un amplificatore multistadio. Amplificatore cascode: analisi ai piccoli segnali. La configurazione darlington.
- Risposta in frequenza degli amplificatori a larga banda. Analisi in bassa frequenza di uno stadio a emettitore comune. Metodo delle costanti di tempo di cortocircuito per la stima della frequenza di taglio inferiore nell'ipotesi di esistenza di un polo dominante. Esempio di applicazione alla configurazione emettitore comune. Modello ai piccoli segnali del transistor bipolare in alta frequenza. Definizione e calcolo della frequenza di transizione. Metodo delle costanti di tempo di circuito aperto per la stima della frequenza di taglio superiore nell'ipotesi di esistenza di un polo dominante. Stima della frequenza di taglio superiore negli stadi amplificatori a emettitore comune. Teorema di Miller. Comportamento in alta frequenza dell'amplificatore cascode
- Amplificatori di potenza. Analisi degli amplificatori in classe A ed in classe B: stadio push-pull complementare (ad inseguitore). Calcolo del rendimento e della massima dissipazione dei transistor. Analisi della classe AB.

Schemi per la classe AB. Analisi termica in condizioni stazionarie: dimensionamento del dissipatore. *Cenni sull'evoluzione degli amplificatori lineari.*

- Alimentatori stabilizzati lineari. Principi di funzionamento e descrizione di alcuni schemi. *Cenni sugli alimentatori a commutazione.*
- Principi di elettronica digitale. Transcaratteristica di un invertitore di tensione: margini di rumore. Esempi di logiche AND, OR a diodi. Cenni sulle logiche NMOS, CMOS, DTL, TLL e ECL. Sistemi combinatori e sequenziali. Analisi del flip-flop S-R. Flip-flop J-K master-slave. Flip-flop di tipo D e T. Contatori. Multivibratori con porte logiche. Strutture delle memorie RAM e ROM.

**Testo di riferimento:**

Jacob Millman, Arvin Grabel, *Microelettronica*, Mc Graw Hill (ISBN 88-386-0678-1)

**Testi per consultazione:**

- Richard C. Jaeger, *Microelettronica*, Mc Graw Hill (ISBN 88-386-0758-3)
- "Circuiti per la Microelettronica", Sedra/Smith, Edizioni Ingegneria 2000