



Circuiti (Integrati) Analogici

Prof. Andrea Irace
AA 2011/2012



Contatti

- E-mail: a.irace@unina.it
 - Web: www.docenti.unina.it/andrea.irace
 - Telefono: 081 768-3116
 - Ufficio: 2 piano pal. Elettronica
-
- Ricevimento: Martedì 10.30 – 12.30
-



Materiale didattico

- Libro di testo
 - B. Razavi: Design of Analog CMOS integrated circuits – McGraw Hill
 - P. Gray – R. Meyer: Circuiti Integrati Analogici
 - R. Sedra – A. Smith: Microelectronic Circuits

 - Slides delle lezioni

 - Software
 - Simulazioni SPICE – SwitcherCAD
 - Layout editor: MICROWIND
-



Modalità d' esame

- Prova scritta (preappello) oppure orale (sessione estiva e autunnale)
 - Domande di teoria
 - Esempi progettuali
 - Discussione di un elaborato
-



LEZIONE 1

Introduzione al corso



Finalità del corso

- Ampliare e completare le conoscenze dello studente nel campo dell' elettronica analogica.
 - Presentare le tematiche che caratterizzano la progettazione di circuiti analogici integrati
-



Il corso si svolge:

- In aula: vengono illustrate le modalità di analisi e le problematiche riguardanti la progettazione dei vari circuiti
 - In aula: con i simulatori circuitali e di layout vengono verificate le analisi “carta e penna” svolte durante le lezioni teoriche (lezione del mercoledì)
-



Argomenti trattati

- Modelli avanzati del transistor MOS
 - Il modello SPICE: LEVEL 3

 - Funzionamento *small-signal* e ad ampi segnali dei blocchi elementari: amplificatori a singolo stadio (CS, CG, CD) con carichi lineari e non-lineari

 - Specchi di corrente avanzati

 - Stadi amplificatori avanzati: differenziale e *cascode*
-



Argomenti trattati (II)

- Amplificatori operazionali a singolo e doppio stadio. Topologie con retroazione di modo comune. Progettazione.
 - Riferimenti di tensione
 - Circuiti a capacità commutate
 - Progettazione di convertitori AD
 - Metodologie di caratterizzazione dei circuiti
-



Prerequisiti essenziali

- ❑ Conoscere il funzionamento (LEVEL 1) del transistor MOS (equazioni in zona lineare, pinch-off etc.) e il funzionamento a piccolo segnale degli stadi amplificatori elementari
 - ❑ Sapere utilizzare un simulatore circuitale tipo SwitcherCAD o simili
 - ❑ Sapere utilizzare un simulatore di layout tipo MicroWind o simili
-



Elettronica Analogica: Perché?

- Gli argomenti trattati in questo corso, prima della nascita della laurea specialistica, non trovavano collocazione in nessun corso della laurea in ingegneria elettronica
 - All' inizio degli anni 80, visto l' inarrestabile sviluppo dell' elettronica digitale (ed il crollo dei costi dei microprocessori) molti avevano previsto un rapido declino delle applicazioni analogiche
 - Questo scenario non si è però avverato perché la conoscenza del funzionamento dei circuiti analogici si è rivelata fondamentale in molte applicazioni dove la sostituzione con equivalenti digitali è molto difficoltosa se non impossibile!
-



Elaborazione di segnali “naturali”

- Esempio, il segnale elettrico debole che proviene dalla puntina di un giradischi ($<1\text{mV}$) deve essere amplificato e filtrato prima di poter essere convertito ed elaborato digitalmente
 - In pratica l'ampiezza dei segnali “naturali” è spesso proibitiva per poter essere direttamente elaborati da un sistema digitale
-



Segnali provenienti da sensori

- Esistono infiniti esempi di sensori che, a partire da una grandezza fisica (temperatura, luce, suono etc.) ne forniscono un equivalente elettrico. In tutte le applicazioni è necessario un pre-condizionamento del segnale (filtraggio, amplificazione, conversione A/D)
-



Applicazioni digitali

- Anche nel mondo digitale c'è spazio per la progettazione di circuiti analogici
 - Esempio: I sense-amplifiers utilizzati nelle memorie a semiconduttore vengono progettati con criteri unicamente analogici.
 - L'aumento della velocità dei sistemi digitali rende essenziale la conoscenza di fenomeni fisici analogici quali crosstalk, clock-skew etc.
-



Perché la progettazione analogica è difficile?

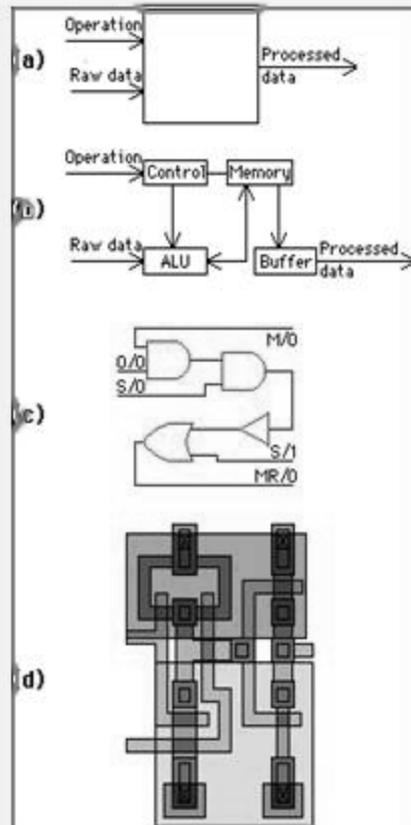
- Perché i compromessi da tenere in conto sono molteplici (velocità dissipazione, rumore, alimentazioni, precisione, guadagno etc.)
 - Perché gli effetti di secondo ordine dei dispositivi spesso influenzano il funzionamento dei circuiti
 - Perché il layout di un circuito analogico non può essere automatizzato
 - Perché c'è bisogno di esperienza e di una certa dose "fantasia". Non ci sono regole!
-



Perché CMOS?

- Perché, anche con piccole varianti (ad esempio BiCMOS per applicazioni RF), la quasi totalità dei processi tecnologici di fabbricazione di circuiti integrati è ormai CMOS
 - Perché utilizzando una tecnologia CMOS si possono realizzare, sullo stesso chip, anche le sezioni digitali.
-

Differenti approcci al progetto



(a) Scatola nera

(a) Sistema

(b) Circuito

(c) Layout