

ELETTRONICA T / T-A (AA 2010–2011)

M. Rudan — E. Gnani

La presentazione è disponibile sotto la voce *Teaching Activity* del sito *web*

<http://www.micro.deis.unibo.it/cgi-bin/user?rudan>

- Chi sono i destinatari del corso?
- Chi deve frequentare cosa?
- Orario.
- Scopi del corso.
- Cosa si deve già sapere per seguire il corso?
- Il corso è professionalmente utile?
- Modalità d'esame.
- Iscrizione agli appelli.
- Materiale didattico.
- Programma.
- Ricevimento Studenti e Tutorato.
- Tirocinio e Tesi di Laurea.

✓ IEEE.



CHI SONO I DESTINATARI DEL CORSO?



- ❑ Studenti dell'ordinamento ex L 270/2004 iscritti al terzo anno del CL in Ingegneria energetica (EN) o al secondo anno del CL in Ingegneria gestionale (G) che devono acquisire 6 crediti sotto la denominazione *Elettronica T* o, rispettivamente, *Elettronica T-A*.
- ❑ Studenti dell'ordinamento ex L 509/1999 iscritti al CL in Ingegneria elettronica (EL), energetica (EN) o gestionale (G) che intendono ripetere la frequenza rispettivamente, di *Microelettronica L-A*. (EL, 3 CFU) o *Elettronica (applicata) L* (EN o G, 6 CFU).
- ❑ Studenti diversi dai precedenti che seguono il corso come insegnamento a scelta.
- ❑ ***Nell'AA 2010–2011 il corso può essere frequentato anche da Studenti del vecchio ordinamento (VO) iscritti ad anni diversi dei CL in Ingegneria elettronica, Ingegneria delle Telecomunicazioni o Ingegneria informatica, come prima parte dell'annualità *Microelettronica* del vecchio ordinamento (v. anche la pagina successiva).***

CHI DEVE FREQUENTARE COSA?



- ❑ Studenti EN e G: tutte e 5 le ore settimanali assegnate a ***Elettronica T*** nella sede di via Terracini: **Lunedì 11–14 aula TA-03, Mercoledì 11–13 aula TA-05.**
- ❑ Studenti EL: a ***Microelettronica L-A*** sono assegnate le stesse ore settimanali indicate sopra: **v. più avanti.**
- ❑ ***Nell'AA 2010–2011 il programma dell'insieme dei corsi Microelettronica L-A e Microelettronica M è equivalente a quello di Microelettronica del vecchio ordinamento. In ogni caso, gli Studenti del vecchio ordinamento (VO) devono sostenere l'esame di Microelettronica secondo la vecchia modalità: orale su tutto il programma.***
- ❑ ***Il corso di Elettronica T/T-A è ripartito in due moduli, che saranno svolti dal titolare (28.03.11–15.04.11) e dalla Prof. Elena Gnani (18.04.11–10.06.11). Il primo dei due moduli coincide con Microelettronica L-A.***

SCOPI DEL CORSO

- ❑ Studenti EL: descrivere i metodi di fabbricazione dei circuiti elettronici integrati e la struttura dei dispositivi elettronici a semiconduttore; fornire le nozioni di base sui principi di funzionamento dei dispositivi elettronici a semiconduttore, in particolare il transistor MOS.
- ❑ Studenti EN, G e VO: descrivere i metodi di fabbricazione dei circuiti elettronici integrati e la struttura dei dispositivi elettronici a semiconduttore; fornire le nozioni di base sui principi di funzionamento dei dispositivi elettronici a semiconduttore, in particolare il transistor MOS; descrivere il funzionamento di alcune categorie notevoli di circuiti elettronici.



COSA SI DEVE GIÀ SAPERE PER SEGUIRE IL CORSO?



- ❑ Nozioni di matematica e fisica acquisite da corsi precedenti.
- ❑ Nel corso saranno utilizzati ulteriori concetti di matematica, fisica, chimica ed elettrotecnica, non necessariamente elementari, che verranno spiegati man mano che si presenta la necessità. L'uso di tali concetti è necessario e stabilisce l'unità culturale del corso.
- ❑ Perché gli Studenti devono seguire corsi di circuiti o di telecomunicazioni **in parallelo**, o addirittura **prima** di apprendere come sono fatti i dispositivi, e non **dopo**? L'ordine è irrilevante, perché una descrizione sistemistica dei circuiti deve prescindere dalla realizzazione tecnologica di questi ultimi, che evolve continuamente.

QUESTO CORSO È PROFESSIONALMENTE UTILE?

Ovvero: perché è utile apprendere i metodi di fabbricazione e il funzionamento dei circuiti elettronici a semiconduttore?

- ❑ I sistemi basati sui circuiti elettronici integrati sono “pervasivi”. Considerando uno solo degli innumerevoli tipi di microprocessore in produzione, lo Z80, si stima (2005) che ne siano installati circa 5 miliardi, cioè uno per ciascuna persona vivente.
- ❑ L’impatto industriale è enorme. Considerando le sole memorie a semiconduttore, si stima (2005) che vengano prodotti 2×10^{17} byte = 0.2 EB all’anno.
- ❑ Uno stabilimento per la produzione di circuiti integrati ha un costo di partenza (2005) di almeno 1 miliardo di Euro, e costi di gestione molto alti.



UNITÀ DECIMALI PER LA MISURA DEI BYTE



Byte (B)	1	1 byte
Kilobyte (KB)	1,000	1 thousand bytes
Megabyte (MB)	1,000,000	1 million bytes
Gigabyte (GB)	1,000,000,000	1 billion bytes
Terabyte (TB)	1,000,000,000,000	1 trillion bytes
Petabyte (PB)	1,000,000,000,000,000	1 quadrillion bytes
Exabyte (EB)	1,000,000,000,000,000,000	1 quintillion bytes
Zettabyte (ZB)	1,000,000,000,000,000,000,000	1 sextillion bytes
Yottabyte (YB)	1,000,000,000,000,000,000,000,000	1 septillion bytes

Esistono anche unità di misura binarie, che sono descritte dallo schema $2^{10 \times n}$, $n = 0, \dots, 8$.

ISCRIZIONE AGLI APPELLI D'ESAME



- ❑ Sia per le prove scritte che per gli appelli orali gli Studenti devono iscriversi nelle liste disponibili sul sito *web*

<https://almaesami.unibo.it>

Non sono ammesse altre modalità d'iscrizione

Gli Studenti non in grado di iscriversi (perché, ad es., in corso di trasferimento) devono segnalare tempestivamente il problema per evitare sgradevoli rifiuti al momento dell'appello

- ❑ Come luogo degli appelli verrà data l'indicazione dell'aula oppure l'indicazione **DEIS** (Dipartimento di Elettronica, Informatica e Sistemistica). In quest'ultimo caso gli Studenti si trovano all'ora indicata nell'atrio del secondo piano dell'edificio Aule Nuove, dove si trova la porta di accesso al DEIS.

MODALITÀ D'ESAME (I)



- ❑ L'esame è orale su tutti gli argomenti svolti nel corso.
- ❑ Una volta completato l'appello, a ciascuno Studente saranno indicati il luogo e l'ora in cui si dovrà presentare per sostenere l'esame. **Gli Studenti che lo desiderano possono scambiare fra loro il turno dell'esame, dandone simultaneamente comunicazione alla Commissione.**
- ❑ In passato è avvenuto che si siano presentati all'esame Studenti con una situazione amministrativa non corretta. Poiché ciò impedisce la verbalizzazione, gli Studenti sono pregati di controllare in anticipo la propria situazione amministrativa.
- ❑ Gli Studenti sono pregati di non richiedere verbalizzazioni al di fuori degli appelli. La verbalizzazione deve essere svolta alla presenza dello Studente interessato: **delegare un altro Studente è illegale.**

MODALITÀ D'ESAME (II)



Studenti che sono stati iscritti al corso nell'AA 2009–2010, e quindi hanno frequentato con i Proff. A. Gnudi e M. Lanzoni:

- ❑ Studenti che hanno superato la prova scritta della parte di Elettronica digitale e non hanno superato la prova scritta della parte di Elettronica analogica: sostengono col Prof. Gnudi una prova orale sulla parte di Elettronica analogica.
- ❑ Studenti che hanno superato la prova scritta della parte di Elettronica analogica e non hanno superato la prova scritta della parte di Elettronica digitale: tali Studenti non esistono.
- ❑ Studenti che non hanno superato nessuna prova scritta: seguono le lezioni nell'AA 2010–2011 e sostengono l'esame sul programma di tale AA coi Proff. M. Rudan ed E. Gnani.

MATERIALE DIDATTICO — I



□ Microelettronica L-A

- 1-1. D. A. Neamen, *Semiconductor Physics and Devices*, IRWIN, 1992.
- 1-2. G. Soncini, *Tecnologie microelettroniche*, Boringhieri, 1986.
- 1-3. W. Maly, *Atlas of IC Technologies: an Introduction to VLSI Processes*, The Benjamin-Cummings Publishing Co., 1987.
- 1-4. M. Rudan, *Tavole di Microelettronica*, Pitagora Tecnoprint, 3^a Ed., 2001.

□ Elettronica L (parte relativa ai circuiti)

- 1-1. Z. Kovács, A. Leone, *Introduzione all'Elettronica analogica in 50 esercizi*, Pàtron, 1996.
- 1-2. R. Laschi, *Reti logiche*, Progetto Leonardo, 1994.
- 1-3. P. U. Calzolari, S. Graffi, *Elementi di Elettronica*, Zanichelli, 1984.
- 1-4. M. Rudan, *Tavole di Microelettronica*, Pitagora Tecnoprint, 3^a Ed., 2001.
- 1-5. P. U. Calzolari, S. Graffi, *100 Esercizi di Elettronica applicata*, Progetto Leonardo, 1989.
- 1-6. E. Franchi, L. Selmi, *Esercizi di Elettronica digitale*, Pàtron, 1999.

MATERIALE DIDATTICO — II



- ❑ I testi elencati devono intendersi come testi di consultazione.
- ❑ Il testo *Tavole di Microelettronica* è la raccolta dei lucidi finora usati nei corsi di Microelettronica ed Elettronica dello stato solido per i Corsi di Laurea in Ingegneria elettronica, Ingegneria delle Telecomunicazioni e Ingegneria informatica, nei corsi di Elettronica ed Elettronica applicata per i Corsi di Laurea in Ingegneria gestionale, Ingegneria meccanica, Ingegneria nucleare, Ingegneria energetica e Ingegneria dei Processi gestionali (vecchio e nuovo ordinamento). Esso deve essere inteso come un ausilio didattico che contiene i disegni, gli schemi e i calcoli, non come il “sostituto” delle lezioni.
- ❑ Nel corso delle lezioni possono essere usati altri lucidi non contenuti nella raccolta. Quelli che non sono coperti da *copyright* sono messi a disposizione degli Studenti tramite il sito *web*. In particolare, nel sito *web* sono già disponibili i lucidi dei precedenti AA non contenuti nella raccolta, **nonché una serie di nuove diapositive che illustrano il processo CMOS.**
- ❑ È raccomandata la consultazione di testi scritti in inglese.

PROGRAMMA — PARTE COMUNE



- ❑ Processi tecnologici in silicio.
 - Produzione del silicio per applicazioni elettroniche.
 - Tecnologia planare: ossidazione termica, diffusione termica, impianto ionico, epitassia, litografia, metallizzazione.
 - Esempi di processi bipolari e MOS.
 - Descrizione di un impianto di produzione di circuiti integrati.

- ❑ Dispositivi a semiconduttore.
 - Richiami sulla struttura dei dispositivi a semiconduttore.
 - Equazioni dei dispositivi a semiconduttore.
 - Modelli per i coefficienti delle equazioni.
 - Richiami sul funzionamento del transistor MOS a canale n e a canale p .
 - Concetto di invertitore.
 - L'invertitore CMOS. Caratteristica ingresso-uscita.

PROGRAMMA — PARTE SPECIFICA



- Elementi di teoria dei circuiti digitali e analogici:
 - Circuiti logici: porte logiche elementari, circuiti combinatori e circuiti sequenziali, *flip-flop*, memorie statiche e dinamiche, circuiti di tipo *half adder* e *full adder*.
 - Circuiti analogici: circuiti lineari elementari, circuiti non lineari, circuiti equivalenti, regime oscillatorio, filtri, amplificatori.

- ❖ Nota: i programmi dettagliati dei corsi tenuti da M.R. sono disponibili nel sito *web* sotto i *link* [Registro delle lezioni](#). I programmi dettagliati dei corsi dell'anno accademico corrente sono resi disponibili nel sito subito dopo la conclusione di ciascun corso.

RICEVIMENTO STUDENTI E TUTORATO



- L'orario ufficiale di ricevimento è:
 - Giovedì 11:30–13:30
 - Venerdì 11:30–13:30

- Si consiglia tuttavia di chiedere anticipatamente un appuntamento al termine della lezione, oppure telefonando (M.R./E.G.) al numero di ufficio 051-209-3016/3773 (93016/93773 dai citofoni interni della Facoltà), oppure inviando un messaggio di posta elettronica all'indirizzo

mrudan@arces.unibo.it / egnani@arces.unibo.it

- Nel caso in cui per questo corso si rendesse disponibile un *tutor*, l'orario di ricevimento sarebbe al pomeriggio nel Laboratorio di Microelettronica di **ARCES** situato nell'edificio principale della Facoltà (**scalone principale** ⇒ **terzo piano** ⇒ **corridoio** ⇒ **terza porta a sinistra** ⇒ **citofono**). Sarà data informazione tempestiva sul numero di telefono e sull'indirizzo di posta elettronica del *tutor*.



IEEE

- ❑ La sigla IEEE significa *Institute of Electrical and Electronic Engineers*. Si pronuncia “I triple E”.
- ❑ IEEE è un Istituto internazionale ripartito in un grande numero di Società specialistiche: *Dispositivi elettronici, Circuiti elettronici, Elettronica quantistica, Antenne, Telecomunicazioni, Calcolatori, Elettronica di potenza, ecc.*
- ❑ L’associazione a IEEE consente l’iscrizione a una o più Società.
- ❑ Nelle Sedi universitarie la IEEE è presente attraverso lo *Student Branch*. Le quote associative per gli Studenti sono più basse di quelle dei Soci normali.

Le informazioni fornite su IEEE non hanno nessuna relazione con la didattica istituzionale. Servono solo a indicare la possibilità, per gli Studenti interessati ad associarsi a IEEE, di ottenere l’associazione a condizioni più favorevoli.