



PRESENTAZIONE DEL CORSO

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 509/1999 iscritti al terzo anno del CL in Ingegneria energetica (EN) che devono acquisire 6 crediti sotto la denominazione *Elettronica L (Elettronica applicata L)*.
- ❑ Studenti dell'ordinamento ex L 509/1999 iscritti al terzo anno del CL in Ingegneria elettronica (EL), che devono acquisire 3 crediti sotto la denominazione *Microelettronica L-A*.
- ❑ Studenti diversi dai precedenti che seguono il corso come insegnamento a scelta.
- ❑ ***Nell'AA 2009–2010 il corso può essere frequentato 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: tutte e 6 le ore settimanali assegnate a *Elettronica (applicata) L* nella sede di via del Risorgimento: Lunedì 11–14 aula 6-2, Mercoledì 11–14 aula 6-2.
- ❑ Studenti EL: a *Microelettronica L-A* sono assegnate le stesse ore settimanali indicate sopra: **v. più avanti.**
- ❑ ***Nell'AA 2009–2010 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 L è ripartito in due moduli, che saranno svolti dal titolare (21.09.09–21.10.09) e dalla Prof. Elena Gnani (26.10.09–02.12.09). 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 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 digitali e analogici.

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 che ne siano attualmente (2005) installati circa 5 miliardi, cioè uno per ciascuna persona vivente.
- ❑ L’impatto industriale è enorme. Considerando le sole memorie a semiconduttore, si stima che vengano attualmente (2005) prodotti 2×10^{17} byte 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.

MODALITÀ D'ESAME — I



- Tutti gli Studenti del nuovo ordinamento (**EL, EN**): il giorno **venerdì 23 ottobre 2009 (ore 14–19, aule 6-1 e 6-2)** si svolgerà una prima prova scritta sulla parte di programma svolta fino a quel momento (**metodi di fabbricazione, struttura dei dispositivi a semiconduttore, principi di funzionamento dei dispositivi**). L'esito positivo di questa prova costituisce il superamento dell'esame di *Microelettronica L-A* per gli Studenti EL. A questo punto l'esame di *Microelettronica L-A* può essere verbalizzato.
 - **La prima data utile** per la verbalizzazione coincide con il primo appello orale (la data di questo è indicata in una pagina successiva).
 - **L'ultima data utile** per la verbalizzazione è l'appello del settembre 2010 immediatamente precedente l'inizio del primo ciclo dell'AA 2010–2011. **DOPO TALE APPELLO IL VOTO SCADE E L'ESAME DEVE ESSERE RIPETUTO.**
- I testi delle prove scritte dei precedenti AA, e le relative risposte o soluzioni, sono disponibili sul sito *web*. **Gli Studenti sono vivamente consigliati di prenderne visione.**



MODALITÀ D'ESAME — II

- ❑ Studenti EN: il giorno **giovedì 10 dicembre 2009 (ore 14–19, aule 6-1 e 6-2)** si svolgerà una seconda prova scritta sulla parte di programma di *Elettronica (applicata) L* relativa ai circuiti. Possono accedere a questa prova solo gli Studenti **EN** che hanno **sostenuto** la prima. L'esito **positivo complessivo delle due prove scritte** costituisce il superamento dell'esame di *Elettronica (applicata) L* per gli Studenti **EN**. A questo punto l'esame di *Elettronica (applicata) L* può essere verbalizzato.
 - **La prima data utile** per la verbalizzazione coincide con il primo appello orale (la data di questo è indicata in una pagina successiva).
 - **L'ultima data utile** per la verbalizzazione è l'appello del settembre 2010 immediatamente precedente l'inizio del primo ciclo dell'AA 2010–2011. **DOPO TALE APPELLO IL VOTO SCADE E L'ESAME DEVE ESSERE RIPETUTO.**
- ❑ Studenti VO: gli appelli sono solo orali e sono distinti da quelli del nuovo ordinamento.

MODALITÀ D'ESAME — III



- ❑ Gli Studenti che non svolgono o non superano le prove scritte potranno accedere a successivi appelli in cui l'esame sarà sostenuto oralmente su tutto il programma del corso (*Microelettronica L-A* per Studenti EL, *Elettronica (applicata) L* per Studenti EN).
- ❑ Possono presentarsi all'orale anche Studenti che hanno superato le prove scritte. In tal caso le prove scritte sono annullate.
 - Il primo appello orale di *Microelettronica L-A* ed *Elettronica (applicata) L* si svolgerà giovedì 17 dicembre 2009 alle 11.
 - Salvo esplicito avviso contrario (v. dopo), il luogo dell'appello è l'atrio del secondo piano dell'Edificio "Aule Nuove", in corrispondenza dell'ingresso del DEIS.
 - 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.**



MODALITÀ D'ESAME — IV

- ❑ In occasione dell'appello di giovedì 17 dicembre 2009 si procederà anche alla verbalizzazione dell'esito delle prove scritte.
- ❑ Gli Studenti che sono impossibilitati a verbalizzare in questo appello l'esito delle prove scritte, possono farlo in occasione di appelli successivi **di qualunque insegnamento il cui titolare sia M.R.**, con il vincolo indicato qui di seguito:
 - La verbalizzazione deve avvenire entro l'ultima data utile indicata in precedenza.

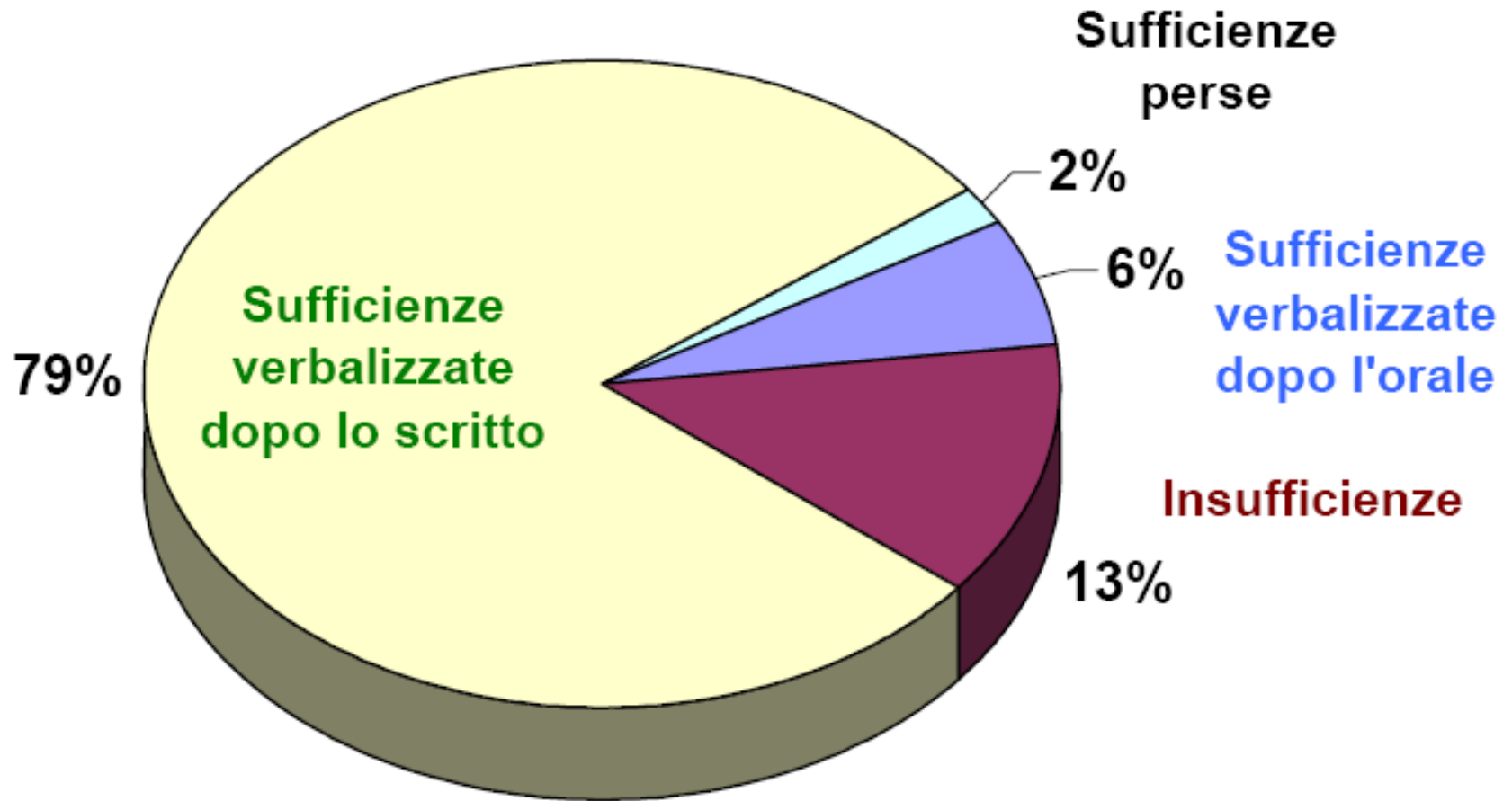
MODALITÀ D'ESAME — V



- ❑ 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.**
- ❑ In passato è avvenuto che si siano presentati alla verbalizzazione Studenti con una situazione amministrativa non corretta. Poiché ciò impedisce la verbalizzazione, gli Studenti sono pregati di controllare in anticipo la propria situazione amministrativa.
- ❑ **Per la verbalizzazione dell'esito dello scritto non ci sono liste Uniwex, basta presentarsi.**
- ❑ **Per l'organizzazione in turni delle verbalizzazione del 17 dicembre 2009, cui presumibilmente parteciperanno molti Studenti, saranno date informazioni sul sito *web* del titolare dopo le prove scritte.**

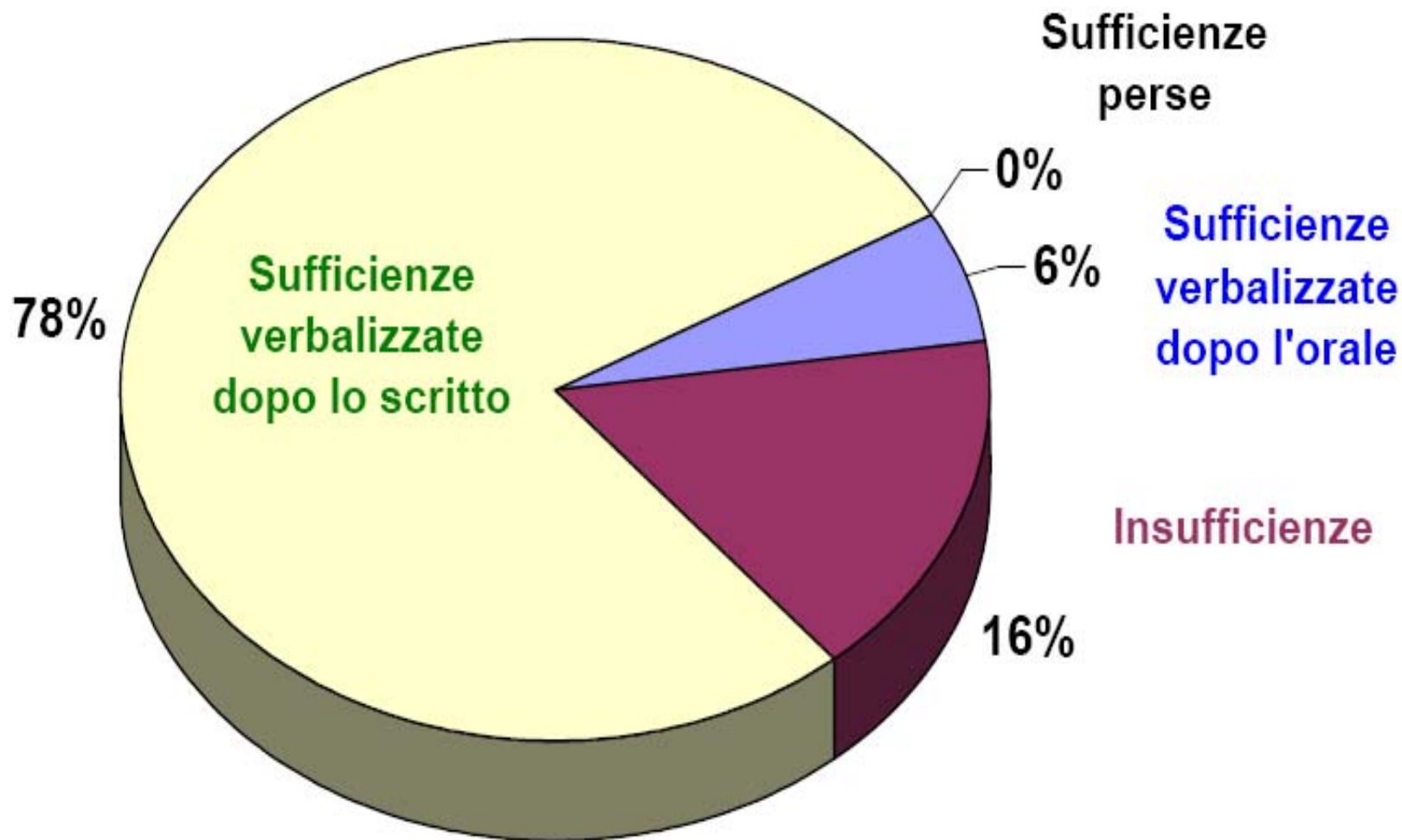


ELETTRONICA L — AA 2006–2007





MICROELETTRONICA L-A — AA 2006–2007





MICROELETTRONICA L-A — AA 2006–2007

ATTENZIONE !!

- ❑ L'ANNO ACCADEMICO 2009–2010 È L'ULTIMO IN CUI ESISTE MICROELETTRONICA L-A.
- ❑ DI CONSEGUENZA, NON CI SARANNO ALTRE PROVE SCRITTE DI MICROELETTRONICA L-A DOPO QUELLA DEL 23 OTTOBRE 2009.
- ❑ DOPO TALE DATA, GLI STUDENTI DI ELETTRONICA IN DEBITO DI QUESTO ESAME POTRANNO SOSTENERE SOLO LA PROVA ORALE.



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://uniwex.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

- ❑ Le aule in cui si svolgono le prove scritte sono indicate anche nel sito *web*. Gli Studenti si recano direttamente nell'aula all'ora indicata.
- ❑ Come luogo degli appelli orali 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.

PROVE SCRITTE — REGOLE GENERALI (I)



1. La prova scritta è formata da domande a risposta multipla. Alcune domande (o anche tutte) richiedono lo svolgimento di calcoli.
2. Per ciascuna domanda è indicato il punteggio assegnato alla risposta corretta (tipicamente, 2 o 4 punti). Non rispondere comporta un punteggio nullo. La risposta sbagliata comporta un punteggio negativo, anch'esso indicato (tipicamente, -0.5 o -1 punto).
3. Il raggiungimento di un punteggio superiore a 30 comporta l'assegnazione del voto 30/30 e Lode.
4. Nel caso di prove scritte successive, il raggiungimento di un voto inferiore a 18/30 in una prova non preclude l'accesso alla successiva. Il voto finale riportato è la media di quelli delle singole prove.
5. Se il voto finale riportato nella prova scritta (o il voto medio delle prove scritte, nel caso di prove successive) è uguale o superiore a 18/30, l'esame si considera superato e può essere verbalizzato. La verbalizzazione avviene in occasione degli appelli orali.
6. Lo Studente può sostenere la prova orale anche nel caso in cui abbia superato la prova o le prove scritte. In questo caso l'esito della prova scritta è cancellato e vale solo l'esito della prova orale.
7. Se il voto finale riportato nella prova scritta (o nelle prove scritte nel caso di prove successive) è inferiore a 18/30, lo Studente deve sostenere la prova orale.
8. I risultati delle prove saranno esposti sul sito *web* del Docente solo nel caso in cui lo Studente dichiari di rinunciare alla *privacy*.

PROVE SCRITTE — REGOLE GENERALI (II)



1. Durante la prova scritta possono essere consultati libri e appunti.
2. I compiti sono diversi l'uno dall'altro.
3. Durante le prove scritte non si può uscire dall'aula.
4. Per chiedere delucidazioni durante lo svolgimento di una prova, si deve richiamare l'attenzione di uno dei Docenti presenti senza abbandonare il proprio posto.
5. L'elaborato deve essere sempre riconsegnato anche nel caso in cui lo Studente decida di ritirarsi.
6. Per partecipare allo scritto, gli Studenti s'iscrivono nella lista corrispondente al loro insegnamento appositamente predisposta sul sito *web* della Facoltà. L'appello si svolge all'ingresso dell'aula indicata nel sito, all'ora indicata.
7. **GLI STUDENTI DEVONO PRESENTARSI MUNITI DI UN DOCUMENTO DI IDENTITÀ.**
8. **CHI NON RIESCE A ISCRIVERSI NEL SITO *WEB* DEVE FARLO DURANTE LE LEZIONI USANDO LA LISTA CARTACEA.**



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 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.