



# PRESENTAZIONE DEL CORSO

La presentazione è disponibile in forma elettronica 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.
- Tesi di Laurea/Attività preparatoria alla tesi.

✓ IEEE.



## CHI SONO I DESTINATARI DEL CORSO?

- ❑ Studenti del nuovo ordinamento iscritti al primo (quarto) anno del CL magistrale in Ingegneria elettronica (EL), che devono acquisire 9 crediti sotto la denominazione *Microelettronica M*.
- ❑ Studenti del vecchio ordinamento iscritti ad anni diversi dei CL in Ingegneria elettronica, Ingegneria delle Telecomunicazioni o Ingegneria informatica (VO), che frequentano *Microelettronica M* come seconda parte dell'annualità *Microelettronica* del vecchio ordinamento.
- ❑ 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 iscritti ad anni diversi dei CL in Ingegneria elettronica, Ingegneria delle Telecomunicazioni o Ingegneria informatica (VO), come seconda parte dell'annualità *Microelettronica* del vecchio ordinamento (v. anche la pagina successiva).***



## CHI DEVE FREQUENTARE COSA?

- Studenti EL: tutte le ore settimanali assegnate a *Microelettronica M*: Lunedì 17–19 aula 5-4, Martedì 11–14 aula 5-4, Mercoledì 17-19 aula 5-4 nel periodo 21.09–16.12.2009. Per consentire lo svolgimento delle ore corrispondenti al numero di 9 CFU nell'ambito delle 13 settimane disponibili, al corso sono assegnate le 7 ore visibili negli orari esposti in Facoltà o disponibili sul sito *web*.
- *Nell'AA 2009–2010 il programma di Microelettronica M, con esclusione della parte introduttiva sulla Meccanica quantistica, è equivalente a quello di Microelettronica LS dell'ordinamento ex L 509/1999. L'insieme dei corsi Microelettronica L-A e Microelettronica M, con esclusione della parte introduttiva sulla Meccanica quantistica, è equivalente a quello di Microelettronica del vecchio ordinamento.*



## SCOPI DEL CORSO

- ❑ Illustrare i principi fisici su cui si basa il funzionamento dei dispositivi a semiconduttore, nonché i metodi di misura di parametri notevoli.
- ❑ Descrivere la struttura e le caratteristiche elettriche dei principali dispositivi elettronici, sia di quelli attuali che di quelli innovativi.
- ❑ Delineare i metodi e le prospettive della progettazione dei circuiti integrati.
- ❑ Estendere i concetti tipici coinvolti nella descrizione dei dispositivi a stato solido in modo da comprendere anche il funzionamento di nanostrutture importanti in altri settori applicativi.
- ❑ Il corso può essere considerato come una base culturale a sé stante oppure, coordinato con quelli di Elettronica dello stato solido, Elettronica dei sistemi digitali, Architetture digitali per l'elaborazione dei segnali, *Sensori a stato solido e Progetto di sensori integrati* e Chimica fisica dei materiali solidi, come parte propedeutica di un gruppo di materie che sviluppino in modo completo i concetti essenziali per la formazione di un Ingegnere elettronico.



## COSA SI DEVE GIÀ SAPERE?

- ❑ Nozioni di matematica, fisica, chimica, elettrotecnica acquisite da corsi precedenti.
- ❑ Nozioni elementari sui dispositivi elettronici.
- ❑ Nel corso saranno utilizzati ulteriori concetti matematici e fisici, 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 i corsi di circuiti *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.



## MODALITÀ D'ESAME

- ❑ Gli Studenti dell'ordinamento ex L 270/2004 (Laurea magistrale) sostengono una prova orale sui contenuti di *Microelettronica M*.
- ❑ Gli Studenti dell'ordinamento ex L 509/1999 (Laurea specialistica) sostengono una prova orale sui contenuti di *Microelettronica LS* dell'AA in cui sono stati iscritti al corso, ovvero sui contenuti di *Microelettronica M* con esclusione della parte introduttiva sulla Meccanica quantistica.
- ❑ Gli Studenti del VO sostengono una prova orale sui contenuti complessivi di *Microelettronica L-A* (sul programma svolto nell'AA 2009–2010, 2008–2009, 2007–2008, 2006–2007, 2005–2006, 2003–2004 o 2002–2003) e di *Microelettronica M*, con esclusione della parte introduttiva sulla Meccanica quantistica, oppure sui contenuti di *Microelettronica* (VO) svolto nell'AA 2001–2002 o precedenti.



# ISCRIZIONE AGLI APPELLI D'ESAME — I

- ❑ Per sostenere le prove d'esame gli Studenti devono iscriversi nelle liste che di volta in volta saranno rese 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**

- ❑ Se le prove si svolgono in un'aula, questa viene indicata di volta in volta nel sito *web*. Gli Studenti si recano direttamente nell'aula all'ora indicata.
- ❑ In alternativa all'indicazione di un'aula può essere data 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.



## ISCRIZIONE AGLI APPELLI D'ESAME — II

- ❑ 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 scambiarsi fra loro il turno dell'esame, dandone simultaneamente comunicazione alla Commissione.**
  
- ❑ La verbalizzazione dell'esame può svolgersi in occasione degli appelli **di qualunque insegnamento il cui titolare sia M.R.**, con il vincolo indicato qui di seguito:
  - Nel caso di Studenti in corso **non si possono verbalizzare esami durante i cicli di lezione** (il vincolo non si applica a Studenti dell'ultimo anno o fuori corso).
  
- ❑ 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.**





# MATERIALE DIDATTICO — I

## □ Microelettronica L-A e Microelettronica M

- 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<sup>a</sup> Ed., 2001.
- 1-5. S. M. Sze, *Semiconductor Devices — Physics and Technology*, Wiley, 1985.
- 1-6. E. De Castro, *Fondamenti di Elettronica — Fisica elettronica ed elementi di teoria dei dispositivi*, UTET, 1975.
- 1-7. E. De Castro, *Teoria dei dispositivi a semiconduttore*, Pàtron, 1983.
- 1-8. G. Baccarani, *Dispositivi MOS*, Pàtron, 1982.



## 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, e nei corsi di Elettronica applicata per i Corsi di Laurea in Ingegneria gestionale, Ingegneria meccanica e Ingegneria nucleare. 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* saranno messi a disposizione degli Studenti tramite il sito *web*.
- ❑ È raccomandata la consultazione di testi scritti in inglese.



# PROGRAMMA — I

- ❖ 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.
- ❑ Introduzione alla Meccanica quantistica.
- ❑ Dispositivi a semiconduttore.
  - Richiami sulla fisica dei dispositivi a semiconduttore.
  - Equazioni dei dispositivi a semiconduttore.
  - Modelli per i coefficienti delle equazioni.



## PROGRAMMA — II

- ❑ Dispositivi a semiconduttore.
  - Struttura dei dispositivi elementari.
  - Funzionamento nel caso statico.
  - Regime dinamico nel caso dei piccoli segnali e nel caso transitorio.
  
- ❑ Regole di scala.
  
- ❑ Tecniche di misura di parametri fisici notevoli dei semiconduttori.
  
- ❑ Celle solari.
  
- ❑ Il corso è integrato da seminari su dispositivi avanzati, sensori e metodologie di progetto.

# RICEVIMENTO STUDENTI



- ❑ 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 al numero di ufficio 051-209-3016 (93016 dai citofoni interni della Facoltà), oppure inviando un messaggio di posta elettronica all'indirizzo

***mrudan@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*.



## TESI DI LAUREA (I)

- Possibili argomenti per Tesi di Laurea/Attività preparatoria alla Tesi di laurea nel settore dei dispositivi:
  - Modelli fisici avanzati del trasporto basati sulla soluzione diretta dell'equazione di Boltzmann.
  - Computazione quantica.
  - Nanotubi di silicio o di carbonio.
  - Memorie a cambiamento di fase.
  - Naso elettronico (progettazione e misura di sensori integrati per sostanze volatili).
  - Manipolatore di batteri (progettazione, modellistica e misura di *Lab on a chip*).
  - MEMS per applicazioni a circuiti a radiofrequenza.
  - Software per la progettazione di *layout* complessi.
- Parte di questi argomenti saranno oggetto di seminari durante il corso.



## TESI DI LAUREA (II)

- ❑ Gli argomenti per Tesi di Laurea/Attività preparatoria alla tesi esposti qui, più altri seguiti da Colleghi, sono svolti presso il

***Centro di Ricerca sui Sistemi Elettronici per l'Ingegneria  
dell'Informazione e delle Telecomunicazioni***

***“Ercole De Castro” (ARCES)***

- ❑ I Docenti di Elettronica della Sede di Bologna che fanno parte di ARCES sono: G. Baccarani, S. Graffi, G. Masetti, M. Rudan, A. Gnudi, R. Guerrieri, R. Rovatti, S. Reggiani, E. Franchi, N. Speciale.
- ❑ ARCES è un Centro di Ricerca dell'Università di Bologna, non un'Azienda.



## 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 in cui IEEE è presente esiste anche 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.**