

FACOLTA': Ingegneria  
CORSO DI LAUREA: Ingegneria Informatica e dell'Automazione  
INSEGNAMENTO: Compatibilità elettromagnetica  
CFU: 6

EVENTUALE ARTICOLAZIONE IN MODULI: 6 moduli, 1 ogni CFU

ANNO DI CORSO: Terzo  
NOME DOCENTE: Alessandro Tacchini  
indirizzo e-mail: [alessandro.tacchini@uniecampus.it](mailto:alessandro.tacchini@uniecampus.it)

I docenti possono essere contattati attraverso la sezione *Ricevimento docenti*, presente nell'area riservata del sito di Ateneo, che comprende *Ufficio virtuale*, *Sistema di messaggistica* e *Ricevimento Telefonico*.  
Per le comunicazioni scritte bisogna utilizzare il *Sistema di Messaggistica*.

**orario ricevimento on line:**

Lunedì ore 12:30-13:30

Inviare una mail al docente per prenotarsi

---

**RISULTATI DI APPRENDIMENTO DELL'INSEGNAMENTO**

Il corso ha l'obiettivo di far conseguire allo studente i seguenti risultati formativi

L'obiettivo dell'insegnamento è far apprendere agli studenti gli elementi fondamentali dei modelli analitici, sperimentali e degli aspetti tecnici e normativi connessi con la compatibilità elettromagnetica (EMC).

Particolare attenzione sarà data agli aspetti EMC delle applicazioni induttive (RFID)  
Cenni sugli aspetti biologici dell'esposizione a campi elettrici e magnetici.

- Conoscenza delle leggi fondamentali della compatibilità elettromagnetica.
  - Conoscenza delle metodologie di analisi e sintesi della compatibilità elettromagnetica.
  - Capacità di prevenire problemi EMC in fase di progettazione.
  - Capacità di eseguire misure di compatibilità elettromagnetica in campo e in laboratorio.
  - Aspetti normativi e legali
1. Con riferimento alla conoscenza e capacità di comprensione
    - a. L'allievo deve conoscere a livello qualitativo i principi che sono alla base della compatibilità elettromagnetica
    - b. L'allievo deve conoscere le leggi che regolano i fenomeni elettromagnetici

- c. L'allievo deve conoscere le leggi che sono alla base degli accoppiamenti elettromagnetici
  - d. L'allievo deve conoscere le tecniche di misura necessarie per la valutazione dei fenomeni EMC
  - e. L'allievo deve conoscere le basi per poter progettare apparati conformi ai requisiti di mercato
  - f. L'allievo deve conoscere le norme tecniche che regolamentano la vendita di prodotti radio
2. Con riferimento alla conoscenza e capacità di comprensione applicate
    - a. L'allievo deve avere chiaro quali sono le tecniche ingegneristiche di mitigazione dei disturbi elettromagnetici
    - b. L'allievo deve conoscere quali principali supporti SW possono essere utilizzati per una corretta progettazione di apparati radio in ottica EMC
    - c. L'allievo deve sapere affrontare un iter di certificazione (Accesso al mercato) di un prodotto radio
  3. Con riferimento all'autonomia di giudizio
    - a. Valutata sulla base delle argomentazioni esposte dallo studente in riferimento alle domande a risposta aperta;
    - b. Valutata durante l'eventuale prova orale.
  4. Con riferimento alle abilità comunicativa
    - a. Valutata sulla base delle risposte alle domande a risposta aperta;
    - b. Valutata sulla base della proprietà di linguaggio tecnico utilizzato;
    - c. Valutata durante l'eventuale prova orale.
  5. Con riferimento all'abilità ad apprendere
    - a. Valutata sulla base delle risposte fornite dallo studente alle domande a risposta aperta;
    - b. Valutata durante l'eventuale prova orale.

---

PROGRAMMA DETTAGLIATO :

- MODULO 1 – Fenomeni elettromagnetici
- Comprensione dei fenomeni di compatibilità elettromagnetica
  - Generalità sulla compatibilità elettromagnetica (CEM)
  - Sorgenti EMI
  - Unità di misura
  - Propagazione dei disturbi
  - Le interferenze elettromagnetiche
  - Mitigazione dei disturbi
- MODULO 2 - Aspetti normativi e Misure
- Aspetti normativi
  - La marcatura CE e altri marchi
  - Norme armonizzate ed Enti di normazione

- Direttiva Compatibilità elettromagnetica 2014/30/UE
- Regolamento automotive UNECE R10
- Direttiva Apparecchiature radio 2014/35/UE
  - Le Norme ETSI
- La documentazione per l'accesso al mercato
  - dichiarazione di conformità e fascicolo tecnico
- Le misure
  - Emissione elettromagnetica irradiata e condotta
  - Immunità ai campi elettrici irradiati e condotti
  - Transitori veloci e surges
  - Scariche elettrostatiche
  - Armoniche di corrente
  - Fluttuazioni di tensione (flicker)
  - Bulk Current Injection (BCI)
- MODULO 3 – Strumentazione ed Ambienti di Misura
- Strumentazione per misure EMC
  - Unità di misura
  - Ricevitori
  - Amplificatori
  - Antenne
  - LISN
  - Sonde di corrente e tensione
  - Sensori di campo
  - Analizzatori e generatori di segnale
- Ambienti di misura e relativi set-up
  - Camere schermate, anecoiche, semi-anecoiche e riverberanti
  - Cenni sulle Celle TEM e GTEM
  - OATS (Open Area Test Site)
- MODULO 4 – EMC e stato dell'arte
- EMC e Progettazione elettronica
  - Studio e analisi di fenomeni di interferenza elettromagnetica in schede e apparecchiature elettroniche ad alta frequenza.
  - Progetto e realizzazione di sistemi di misurazione per l'analisi di fenomeni EMC e la verifica sperimentale di soluzioni innovative per la riduzione o cancellazione di problematiche EMC.
  - Studio e sviluppo di tecniche di design innovative per l'ottimizzazione EMC di schede e apparecchiature elettroniche, ed in particolare del loro layout e impianto di massa.
  - Studio e sperimentazione di tecniche di misurazione innovative per la diagnostica e stima pre-compliance di fenomeni EMC.
- EMC e nuove tecnologie
  - Impatto delle nuove tecnologie
  - L'evoluzione dei test EMC nell'automotive
  - Troubleshooting e problem solving.
  - Smart mobility e smart grid



- MODULO 5 – EMC automotive e Apparecchiature Radio
  - La Direttiva automotive
  - I regolamenti UNECE
  - Le tecniche di misura
  - La direttiva Radio
  - Le Norme ETSI
  - I protocolli digitali
  - Le tecniche di misura
  
- MODULO 6 - Elementi di bioelettromagnetismo
  - Esposizione di organismi viventi ai campi elettromagnetici:
  - effetti biologici a bassa frequenza e a radiofrequenza,
  - ambienti elettromagnetici critici
  - controllo e protezioni
  - normativa

---

#### EVENTUALI PROPEDEUTICITA' CONSIGLIATE:

Analisi matematica e Fisica

---

#### MODALITA' DI SVOLGIMENTO ESAME:

L'esame si svolge a scelta dello studente in modalità scritta, attraverso una prova costituita da domande a risposta chiusa e aperta con eventuale orale integrativo, o in modalità orale, in base a quanto previsto dal *Regolamento per lo svolgimento degli esami di profitto* consultabile sul sito dell'Ateneo, al seguente link.

[Regolamento per lo svolgimento degli esami di profitto](#)

---

#### CRITERI DI VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO :

Nelle valutazioni dell'esame, scritto o orale, verrà considerato il raggiungimento degli obiettivi proposti in termini di acquisizione delle conoscenze, comprensione e capacità di applicazione dei contenuti studiati e di espressione con la terminologia scientifica corretta.

- Conoscenza e capacità di comprensione sono accertate mediante domande aperte e/o a risposta chiusa della prova scritta, ed eventualmente tramite domande durante l'orale (se sostenuto). Tali domande mirano a valutare l'acquisizione, da parte dello studente, delle principali nozioni relative al programma d'esame. Sono richieste una buona padronanza delle nozioni di base e la padronanza degli aspetti fondamentali delle nozioni più avanzate, nonché un'esposizione precisa, efficace e che faccia uso appropriato del lessico specifico.

- Conoscenza e capacità di comprensione applicate sono accertate mediante esercizi scritti di cui si richiede motivazione esaustiva, eventualmente anche durante la prova orale (se sostenuta). Lo studente deve essere in grado di risolvere almeno semplici esercizi di analisi matematica, anche facenti ricorso a diversi argomenti dell'insegnamento. Lo studente deve inoltre dimostrare di aver assimilato le principali nozioni teoriche attraverso un'esposizione personale e comprovante un sufficiente livello di rielaborazione.

## CRITERI DI ATTRIBUZIONE DEL VOTO FINALE

Sulla base dei criteri di valutazione sopra indicati, l'attribuzione del voto finale avviene attraverso i seguenti criteri.

### 1) Criteri di attribuzione del voto alla prova scritta.

a. Le risposte alle domande aperte sono valutate su scala 0-3 punti, secondo i seguenti criteri:

- 0 = risposta mancante, errata o priva di elaborazione personale;
- 1 = prevalere complessivo di elementi non corretti con isolati spunti corretti;
- 2 = contestualizzazione della risposta corretta, ma con presenza di elementi non corretti o esposizione inefficace, imprecisa o incompleta;
- 3 = risposta completa, corretta, rielaborata e ben esposta;

b. Le risposte alle domande chiuse valgono 0 in caso di risposta errata o assente, 1 in caso di risposta corretta.

### 2) Criteri di attribuzione del voto alla prova orale.

- 0/30 – 17/30: prevalenza di argomentazioni non corrette e/o incomplete e scarsa capacità espositiva;
- 18/30 – 21/30: prevalenza di argomentazioni corrette, anche se non complete negli aspetti più articolati, adeguatamente esposte;
- 22/30 – 26/30: argomentazioni corrette, sostanzialmente complete e ben esposte;
- 27/30 – 30/30 e lode: conoscenza approfondita della materia ed elevata capacità espositiva, di approfondimento e di rielaborazione.

---

## MATERIALE DIDATTICO

Il corso è interamente sviluppato attraverso il materiale disponibile sulla piattaforma con riferimenti alla seguente pubblicazione scaricabile liberamente dalla pagina del docente:

- "La compatibilità Elettromagnetica per chi fa misure e prove"  
I QUADERNI DEL GMEE – N°3, A&T Affidabilità e Tecnologia, 2008  
C. Carobbi, M. Cati, L. Millanta, C. Panconi

Per ulteriori integrazioni è possibile riferirsi ai seguenti testi:

- “Manuale di compatibilità elettromagnetica” , Lulu.Com, 2010  
M. Bertocco, A. Sona
  - «Interferenze elettromagnetiche», Lulu.Com, 2018  
A. Sona  
ISBN 978-1-291-67238-1
  - “Introduction to Electromagnetic Compatibility”, Wiley (in inglese)  
Clayton R. Paul,
  - “Compatibilità Elettromagnetica”, Hoepli  
M. D’Amore, “Compatibilità Elettromagnetica”, Edizioni scientifiche Siderea, Roma, 2003
- 

#### ATTIVITA' DIDATTICA EROGATIVA E INTERATTIVA:

**Attività di Didattica Erogativa** (ore di impegno stimato per lo studente):  
24.5 ore di Videolezioni.

**Attività di Didattica Interattiva** (ore di impegno stimato per lo studente):  
23.5 ore di quiz con feedback.

**Attività di autoapprendimento** (ore di impegno stimato per lo studente):  
102 ore (slide del corso, dispense, libri, testi d’esame).

Non sono previste attività per l’apprendimento in situazione o attività sostitutive.

L’insegnamento non prevede prove di verifica, o altre attività valutate, in itinere.

---

#### CONSIGLI DEL DOCENTE

La Scheda Docente e i Supporti Didattici contengono materiale utile, fra cui i set domande aggiornati.

Si ricorda che è possibile contattare il docente tramite la piattaforma eCampus, Area Ricevimento Docenti, Sistema di messaggistica (evitare l’utilizzo della posta elettronica).