

# Prefazione all'edizione italiana

---

Quando negli ultimi decenni del XIX secolo James Clerk Maxwell sviluppò e presentò la sua teoria unificata dell'elettromagnetismo, certamente nessuno poté prefigurare l'impatto che tale teoria avrebbe avuto, e tuttora ha, sullo sviluppo tecnologico e, senza paura di scadere nella retorica, certamente anche sugli usi e costumi delle nostre società. Da allora l'elettromagnetismo applicato ha vissuto una costante crescita che lo ha visto protagonista nei campi più disparati: prima di tutto le telecomunicazioni e l'elettronica, ovviamente la fisica e l'astronomia, ma anche la medicina, per non parlare degli sviluppi applicativi nel campo della sicurezza, dei controlli, della sensoristica o in nuove discipline emergenti quali la domotica, la biofotonica o le biotecnologie in generale.

Sin dagli inizi, questo cammino è stato accompagnato, o addirittura preceduto, da uno studio teorico sempre più rigoroso e approfondito, che ha portato a un sostanziale assestamento della teoria, ora ampiamente verificata e accettata.

La maggior parte dei libri di testo per corsi universitari in ingegneria, con le dovute differenze in ambito nazionale o internazionale, parte proprio da questo punto, presentando le Equazioni di Maxwell per via assiomatica e derivando da esse i concetti della propagazione guidata e libera delle onde elettromagnetiche e le conseguenti applicazioni. Questo approccio, pur necessitando di un pesante formalismo matematico che risulta sovente ostico allo studente, permette la descrizione dei fenomeni in modo compiuto e rigoroso.

Il presente testo costituisce una discontinuità rispetto a questo approccio tradizionale in quanto introduce lo studente ai fenomeni elettromagnetici attraverso l'immediata presentazione delle linee di trasmissione e rimandando lo studio e la risoluzione delle Equazioni di Maxwell a capitoli successivi. Il motivo di tale scelta è spiegato dall'autore stesso nella sua prefazione.

La novità espositiva del testo, ovvero il diverso modo di condurre il lettore e gli studenti alla comprensione dei contenuti, rimasti comunque immutati e derivati sempre con il necessario rigore scientifico, costituisce un tentativo interessante anche per il panorama universitario italiano. Il testo, con la sua originale impostazione e i numerosissimi spunti applicativi, potrà costituire un indubbio stimolo e un utile strumento per l'organizzazione dei nuovi corsi di Laurea e di Laurea Specialistica nel settore dell'Ingegneria dell'informazione.

La soddisfazione nel completare l'opera di traduzione di questo testo porta a esprimere i più sentiti ringraziamenti all'Ing. Lorenzo Rosa per la puntualità e la professionalità mostrate nell'affrontare il lavoro e all'Ing. Matteo Fuochi e all'Ing. Federica Poli per la pronta disponibilità nei momenti di maggior bisogno.

A nome dell'Editore desidero inoltre ringraziare i professori Costantino De Angelis, Michele D'Amico e Maurizio Zoboli per il loro gentile contributo alla realizzazione del progetto.

Stefano Selleri  
*Dipartimento di Ingegneria dell'informazione  
Università degli Studi di Parma*

# Prefazione all'edizione americana

---

## Perché un altro libro sull'elettromagnetismo

L'insegnamento dell'elettromagnetismo agli studenti di ingegneria elettronica può attualmente appoggiarsi a diversi libri di testo. Perché dunque c'è bisogno di scriverne un altro? La risposta è semplice: (1) il curriculum dei corsi di laurea in ingegneria elettronica sta subendo modifiche radicali sia nella presentazione che nel contenuto, forse più radicali di tutte le modifiche che si sono viste nel corso dei decenni passati e (2) i libri di testo disponibili sono incompatibili con la filosofia del nuovo curriculum proposto per il ventunesimo secolo<sup>1</sup>.

## Contenuti del corso

Dati questi obiettivi e le relative condizioni al contorno, quali devono essere dunque i contenuti di un corso semestrale o annuale di elettromagnetismo e quali testi sono adatti allo scopo? Per rispondere a queste domande bisogna considerare l'approccio tradizionale impiegato negli ultimi vent'anni. La maggior parte dei libri di elettromagnetismo hanno un'impostazione comune: iniziano con uno o più capitoli sul calcolo vettoriale e sui sistemi di riferimento, seguiti da due o più capitoli sulla statica, divisa in elettrostatica e magnetostatica. Questi argomenti di solito formano metà del materiale complessivo, con la seconda metà a coprire la dinamica, cioè i campi tempo-varianti, la propagazione e riflessione delle onde, le guide d'onda, i risuonatori e le antenne. Un'organizzazione dei contenuti di questo tipo presenta due problemi: prima di tutto, iniziare un corso con una dose pesante di matematica tende a spegnere l'entusiasmo degli studenti; secondo, per quanto l'elettrostatica e la magnetostatica siano argomenti di per sé interessanti e abbiano molte applicazioni pratiche, la loro importanza impallidisce a confronto delle molte applicazioni dei campi tempo-varianti nell'ambito di sistemi di telecomunicazioni, radar, ottica, computer ed elettronica a stato solido. Perciò, se nei corsi obbligatori del curriculum di un corso di laurea triennale fosse insegnata solo la statica, gli studenti di ingegneria elettronica rimarrebbero con delle lacune pesanti nella capacità di trattare la maggior parte dei fenomeni elettromagnetici.

A causa della forte enfasi sulla matematica del calcolo vettoriale e il carattere relativamente arido dell'elettrostatica e della magnetostatica, lo studente che completa un primo corso semestrale di questo tipo difficilmente sceglie di seguire il secondo corso della serie, dove invece vengono trattati molti degli argomenti importanti per la pratica ingegneristica. Chiaramente, l'insegnamento basato su un libro organizzato con questa successione tradizionale di argomenti non è più compatibile con il programma del nuovo curriculum proposto per il ventunesimo secolo.

Negli anni passati, professori di varie università hanno provato a insegnare la dinamica dell'elettromagnetismo senza farla precedere dallo studio della statica. Questi tentativi non hanno avuto molto successo, principalmente perché nell'ambito della

---

<sup>1</sup> Director et al., *Proceedings of the IEEE*, settembre 1995.

dinamica gli studenti devono gestire contemporaneamente diversi parametri fondamentali, che comprendono le coordinate spaziali che definiscono la posizione, i vettori che definiscono la direzione, il tempo e il collegamento tra i campi elettrici e magnetici. Nell'ambito della statica, invece, i campi elettrici e magnetici sono indipendenti gli uni dagli altri e il tempo non è una variabile del problema, riducendo in tal modo il numero dei parametri da quattro a due. Avendo prima studiato l'elettrostatica e la magnetostatica, lo studente riesce ad affrontare con molta più sicurezza le situazioni che riguardano i campi tempo-varianti.

## Questo libro

Vista la situazione descritta, qual è il programma più opportuno per un corso semestrale o una successione di due corsi sull'elettromagnetismo? La mia risposta a questa domanda è definita in questo libro dalle seguenti considerazioni:

- 1 Ho voluto iniziare legando il materiale sull'elettromagnetismo ad argomenti familiari per gli studenti del terzo anno di ingegneria elettronica: prima di affrontare i corsi sull'elettromagnetismo, lo studente medio ha già seguito uno o più corsi che trattano la teoria dei circuiti, pertanto ha familiarità con l'analisi dei circuiti, la legge di Ohm, le leggi di Kirchhoff per le tensioni e le correnti e altri argomenti analoghi. Le linee di trasmissione costituiscono un legame *naturale* tra i circuiti elettrici e l'elettromagnetismo, in quanto lo studente non deve avere a che fare con vettori o campi, ma sfrutta concetti già noti per studiare la propagazione delle onde, la riflessione e la trasmissione della potenza, i fasori, l'adattamento di impedenza e molte altre proprietà della propagazione delle onde all'interno delle strutture guidanti. Tutti questi nuovi concetti si dimostrano molto utili per lo studio dei Capitoli 7, 8 e 9 e rendono più facile lo studio della propagazione delle onde piane nello spazio libero e nei mezzi materiali. Le linee di trasmissione sono trattate nel Capitolo 2 e sono precedute nel Capitolo 1 da richiami sui numeri complessi e sull'analisi fasoriale.
- 2 La parte successiva del libro, che comprende i Capitoli 3, 4 e 5, copre l'analisi vettoriale, l'elettrostatica e la magnetostatica. Rispetto alla maggior parte dei libri di testo per la laurea triennale, questo libro presenta tali argomenti con due importanti differenze: per prima cosa questi argomenti occupano circa il 30% del numero di pagine del libro, rispetto al 50% a essi solitamente dedicato. Inoltre, il capitolo sull'elettrostatica inizia con l'esposizione delle equazioni di Maxwell nel caso tempo-variante, di cui vengono poi ricavati i casi particolari relativi all'elettrostatica e alla magnetostatica. In tal modo viene presentata agli studenti la struttura generale degli argomenti successivi, esponendo i motivi per cui l'elettrostatica e la magnetostatica sono casi particolari del caso generale tempo-variante.
- 3 Al contrario della maggior parte dei libri di testo, questo libro non contiene un capitolo riguardante le guide d'onda e i risuonatori. Questa scelta è stata dettata da motivi di spazio e dal fatto che le guide d'onda non hanno più l'utilizzo tanto diffuso che avevano prima del 1980.
- 4 Il Capitolo 6 si occupa dei campi tempo-varianti e prepara la strada per i Capitoli 7, 8 e 9. Il Capitolo 7 copre la propagazione delle onde piane nei mezzi dielettrici e conduttori e il Capitolo 8 riguarda la riflessione e la trasmissione delle onde all'interfaccia tra mezzi diversi e presenta agli studenti le fibre ottiche e le proprietà ottiche di specchi e lenti. Nel Capitolo 9 vengono esposti agli studenti i principi della radiazione da parte di correnti in movimento nei fili conduttori e della radiazione da parte delle aperture, come nel caso di un'antenna a tromba o di un'apertura in uno schermo opaco illuminata da una sorgente di luce.
- 5 Per dare agli studenti un assaggio dell'ampio spettro di applicazioni dell'elettromagnetismo nella moderna società tecnologica, il Capitolo 10 conclude il libro

con una presentazione generale di due esempi di sistemi: i sistemi di telecomunicazione via satellite e i sensori radar.

Scrivendo questo libro ho evitato di includere lunghe dimostrazioni esplicite di teoremi, specialmente di quelli che fanno largo uso del calcolo vettoriale. Il mio scopo è stato quello di aiutare gli studenti a maturare competenze nell'applicazione del calcolo vettoriale alla soluzione di problemi elettromagnetici di interesse pratico. A mio parere, il calcolo vettoriale e la matematica in genere sono un utile strumento e non uno scopo di per sé. All'interno del materiale l'accento è posto sull'uso della matematica al fine di spiegare e rendere chiara la fisica dei problemi, con l'uso di esempi pratici allo scopo di dimostrare la rilevanza ingegneristica dei concetti fisici. Credo che l'approccio impiegato nella presentazione del materiale, l'organizzazione degli argomenti affrontati dal libro e la relativa enfasi in favore della dinamica costituiscono nell'insieme un metodo efficace per preparare futuri laureati con solide basi nel campo dell'elettromagnetismo applicato.

### Sito web

Materiale di supporto al testo è reperibile all'indirizzo web [www.ateneonline.it/ulaby](http://www.ateneonline.it/ulaby). Il contenuto del CD-ROM allegato all'edizione americana è ora disponibile al medesimo indirizzo.

### Ringraziamenti

Durante la scrittura di questo libro ho avuto la fortuna di ricevere aiuto prezioso da parte di molte persone di talento. Prima di tutto vorrei porgere i miei più sinceri ringraziamenti a Roger DeRoo, Richard Carnes e Jim Ryan. Sono in debito con Roger DeRoo non solo per i numerosi scambi di opinioni sul modo migliore di presentare i concetti elettromagnetici e le loro applicazioni senza perdersi nei dettagli matematici, ma anche per la revisione scrupolosa delle numerose bozze del manoscritto. Richard Carnes è senza dubbio il miglior tipografo tecnico con cui io abbia mai lavorato: la sua conoscenza di L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X unita alla sua attenzione per i dettagli sono state fondamentali per impaginare il materiale in un formato chiaro e lineare. Le illustrazioni sono opera di Jim Ryan, che ha trasformato con maestria i miei schizzi approssimativi in disegni professionali nell'aspetto e piacevoli nell'estetica.

Vorrei ringraziare i miei colleghi del Radiation Laboratory della University of Michigan per i loro consigli e il loro appoggio. Sono particolarmente grato a Linda Katehi, Chen-To Tai e Kamal Sarabandi per i loro generosi consigli e il costante incoraggiamento. Ringrazio anche i miei studenti, che hanno sopportato due semestri con un testo disponibile solo sotto forma di appunti e che hanno fornito molti suggerimenti per migliorare e rendere più chiara la presentazione. Inoltre sono grato ai seguenti dottorandi per aver riletto in tutto o in parte il manoscritto e per avermi aiutato a compilare il manuale con le soluzioni degli esercizi: Bryan Hauck, Yanni Kouskoulas e Paul Siqueira.

Sono grato ai revisori per i loro importanti commenti e suggerimenti. Essi comprendono Constantine Balanis della Arizona State University, Harold Mott della University of Alabama, David Pozar della University of Massachusetts, S. N. Prasad della Bradley University, Robert Bond del New Mexico Institute of Technology, Mark Robinson della University of Colorado a Colorado Springs e Raj Mittra della University of Illinois. Ho apprezzato gli sforzi del personale della Prentice Hall e sono grato per il loro aiuto nella conduzione puntuale della fase di pubblicazione di questo progetto. Vorrei ringraziare anche Ralph Pescatore per la preparazione alla stampa del manoscritto.

Fawwaz T. Ulaby  
*Ann Arbor, Michigan*