

Prefazione

Sebbene alcuni strumenti matematici fondamentali, quali la trasformata Z , la trasformata discreta di Fourier e il teorema del campionamento, fossero noti già all'inizio del secolo XX, solo a partire dagli anni '40 alcuni ricercatori (fra i quali C.E. Shannon) degli allora Bell Telephone Laboratories cominciarono a discutere della possibilità di usare circuiti digitali per effettuare operazioni di filtraggio di segnali. La tecnologia a quel tempo non offriva però dispositivi elettronici adeguati. L'inizio vero e proprio dell'era della Elaborazione numerica dei segnali (ENS) può essere fatto risalire alla metà degli anni '60, quando si cominciò a formalizzarne più precisamente la teoria e, al tempo stesso, stava emergendo la tecnologia dei circuiti integrati di silicio. In questo periodo furono proposte due tecniche tuttora impiegate: la trasformazione bilineare per progettare filtri numerici IIR (non a caso i più simili ai filtri analogici) e la trasformata veloce di Fourier¹, che rese praticamente possibile la realizzazione della trasformata discreta di Fourier mediante i calcolatori elettronici allora disponibili.

Queste due tecniche sono già emblematiche di due classi di applicazioni della ENS: la classe di applicazioni per le quali la ENS può essere impiegata per ottenere prestazioni migliori rispetto ad una realizzazione analogica sostanzialmente equivalente e la classe di applicazioni per le quali non esiste una possibile realizzazione analogica.

Da allora la ENS, cioè l'applicazione di una sequenza opportuna di operazioni (algoritmo) ad una serie numerica rappresentativa di un segnale, ha conosciuto a livello internazionale (e - da sottolineare - anche in Italia) uno sviluppo crescente e inarrestabile nella teoria e nelle applicazioni, le quali sempre più numerose e complesse hanno sfruttato il costante incremento delle prestazioni delle tecnologie dei circuiti integrati digitali e dei calcolatori.

Oggi la ENS è presente diffusamente in dispositivi, terminali, apparati di largo consumo e uso quotidiano (telefoni cellulari, navigatori satellitari, sistemi multimediali audio-video, televisione digitale) e in applicazioni professionali specifiche (telecomunicazioni, prospezione sismica, biomedicina, automazione industriale, radar e sonar). La diffusione in Internet e nella telefonia cellulare dello standard MP3 per segnali audio e della famiglia MPEG per segnali audio-video è emblematica dell'attuale successo della ENS.

¹Come doverosa verità storica, è da ricordare che il primo ad averla inventata era stato l'eminente matematico Carl Friedrich Gauss intorno al 1805, in un trattato pubblicato postumo [Gauss, C. F., "Nachlass: Theoria interpolationis methodo nova tractata", Werke, Band 3, 265-303, Königliche Gesellschaft der Wissenschaften, Göttingen, 1866], e solo recentemente (1977) riscoperto.

XIV Prefazione

Dal punto di vista della didattica, i corsi di ENS sono entrati nei curricula dei corsi di studi degli Atenei italiani a partire dalla metà degli anni '80, inizialmente di alcune sedi universitarie (fra le quali l'Università di Firenze) e successivamente nella quasi totalità delle Facoltà di Ingegneria.

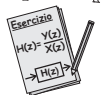
L'intento di questo libro è di fornire agli studenti e ai docenti uno strumento efficace e nuovo per l'apprendimento e l'insegnamento della ENS. Per padroneggiare e progettare sistemi di ENS lo studente deve affrontare e risolvere esempi e applicazioni concrete, dopo avere ben assimilato la parte teorica. I libri di testo esistenti, anche di ottimo livello nella letteratura inglese e italiana, generalmente privilegiano la trattazione della teoria pur riportando anche esempi ed applicazioni. Abbiamo quindi voluto realizzare un testo che fornisse, insieme ai concetti fondamentali della teoria della ENS, una estesa gamma di esempi ed esercizi, sia completamente svolti sia proposti allo studente. I primi aiutano lo studente a comprendere l'applicazione della teoria a casi concreti, i secondi offrono il necessario strumento di autoverifica.

Per ogni argomento vengono proposti esercizi adatti ad una soluzione analitica e ad una soluzione al calcolatore. In questo secondo caso abbiamo scelto il linguaggio Matlab, per la sua diffusione sia in ambito accademico sia industriale. L'uso di Matlab (la sintassi, le istruzioni e i principali comandi) viene spiegato in modo intuitivo e graduale mediante gli esempi e i listati riportati. Gli esercizi e gli esempi proposti provengono dall'esperienza pluridecennale degli autori nell'insegnamento di corsi di ENS.

All'interno del testo, le varie tipologie di esempi ed esercizi vengono identificate con la seguente grafica:



esempio inserito all'interno della parte teorica per un immediato chiarimento o approfondimento di un concetto appena esposto;



esercizio teorico di cui viene data una soluzione analitica;



esempio o progetto svolto al calcolatore del quale viene fornito il listato Matlab su carta o sul sito web dedicato al volume;



sezione contenente testi di problemi da svolgere da parte degli studenti.

Gli esercizi svolti (per via analitica o al calcolatore) sono contenuti nella penultima sezione di ogni capitolo, quelli proposti senza soluzione sono contenuti nell'ultima sezione.

Il testo è adatto sia per un corso di base (tipicamente 6 CFU nella laurea triennale) sia per un corso più avanzato nella laurea magistrale. Il corso di base può utilizzare i Capitoli 1-7, che trattano la digitalizzazione dei segnali, la trasformata Z , i sistemi tempo-discreto e le loro strutture realizzative, la trasformata discreta

e la trasformata veloce di Fourier e il progetto dei filtri a risposta impulsiva finita e infinita. Un corso più avanzato può utilizzare anche i Capitoli 8 e 9, che trattano rispettivamente la realizzazione dei sistemi ENS con aritmetica a precisione finita e i sistemi di conversione della frequenza di campionamento (sistemi multirate). L'appendice fornisce i necessari richiami sui processi aleatori tempo-discreto.

Il testo è corredato dal sito web www.ateneonline.it/argenti, sul quale è possibile trovare: un'introduzione all'ambiente di programmazione Matlab; il codice Matlab degli esempi e dei progetti al calcolatore presenti nel testo; alcuni approfondimenti riguardanti parti teoriche e applicative; la soluzione della maggior parte degli esercizi proposti allo studente per la verifica della preparazione raggiunta.

Questo testo è stato pensato per un utilizzo principalmente in ambito universitario. Riteniamo tuttavia, proprio per la sua caratteristica di offrire molti esempi di applicazioni concrete e pratiche, che esso possa essere un valido strumento di aggiornamento e autoapprendimento in ambito industriale.

Ringraziamenti A conclusione di questo lavoro ci teniamo a ringraziare alcune persone a noi vicine.

[F. A.] Il mio primo pensiero va a mia moglie Manola e alle mie figlie Elena e Anna, per il supporto e l'entusiasmo che mi hanno sempre generosamente offerto e per non avermi mai fatto pesare le ore sottratte al loro tempo libero; un caldo abbraccio ai miei genitori, il cui silenzioso esempio mi ha sempre guidato.

[L. M.] Vorrei innanzitutto ringraziare tutti i miei studenti, presenti e passati, poiché mi hanno permesso, in tutti questi anni, di costruire la mia identità di insegnante; vorrei inoltre ringraziare i colleghi che mi hanno permesso, grazie al loro esempio ed alla loro passione per la materia, di crescere professionalmente, sia come ricercatore che come docente; infine, un affettuoso pensiero ai miei genitori.

[E. D. R.] Desidero ringraziare i miei genitori, che mi hanno sempre insegnato e ancora continuano ad indicare con il loro esempio la corretta via da seguire, e mia figlia Giulia, per l'allegria e la gioia della sua presenza e la sua comprensione dei momenti in cui mio malgrado posso essere stato più assente.

In questo momento di soddisfazione, desideriamo anche dedicare il nostro più affettuoso ricordo ad un amico fraterno che purtroppo non è più tra noi: Franco Bartolini, che ci ha lasciato, improvvisamente e prematuramente, l'1 gennaio 2004. Franco è stato studente, dottorando e poi ricercatore presso il Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni dell'Università di Firenze. Nei molti anni passati all'interno del Laboratorio di Comunicazioni e Immagini, Franco è sempre stato un punto di riferimento per i colleghi che lavoravano con lui e per tutti gli studenti che ha seguito. Chiunque lo abbia conosciuto, anche per pochissimo tempo, non poteva fare a meno di rimanere coinvolto dalle sue doti di altruismo, onestà, fermezza morale, rigore scientifico, ma soprattutto di eccezionale umanità. Caro Franco, il tuo ricordo rimane indelebile nelle nostre menti e nei nostri cuori.