

Note di rilascio all'edizione 1.5

Nell'era dell'editoria elettronica, un libro è come un software od una *app*, non è mai un prodotto finito, e gli aggiornamenti si susseguono senza soluzione di continuità.

In questa edizione 1.5 del 2017 non sono stati introdotti nuovi contenuti, mentre quelli già sviluppati hanno subito una *profonda riorganizzazione*. Passare infatti (in 15 anni!) da poco più di 300 a quasi 600 pagine, aveva reso il flusso del senso logico del libro un po' troppo *sinuoso*. C'erano interi capitoli che a lezione venivano saltati, ed altri tra cui si sviluppava un ping-pong di rimandi incrociati. Per questo ho deciso che a partire da questa edizione il testo si sviluppi attraverso una suddivisione in *tre parti*: la prima sulla *teoria dei segnali*, la seconda sulla loro *trasmissione*, e la terza sui *sistemi* di telecomunicazione. In tal modo viene definito una sorta di *percorso didattico* su due livelli, di cui il primo orientato ad un pubblico più vasto, compreso il caso di un corso di servizio per una laurea non di TLC, ed il secondo che invece affronta questioni più tecniche e specifiche, come il bilancio di collegamento e le trasmissioni radiomobili, più idonee ad essere trattate in un corso di indirizzo. La terza parte, quella sui sistemi, raccoglie "gli avanzi" del processo di *sfoltitura* operato nelle prime due: per ora ospita la teoria del traffico, le reti a commutazione di pacchetto ed Internet, quelle a commutazione di circuito, ed elementi di broadcast analogico. La visione a lungo termine è che nelle prossime edizioni la terza parte dovrebbe accogliere gli approfondimenti sulla telefonia mobile, il DVB-T, il WiFi, e quant'altro..

Quanto all'ordinaria amministrazione, in questa edizione si è posta molta cura nel rivedere le parti scritte in tempi più remoti, ed in cui tuttora erano presenti inesattezze, errori, o discorsi troppo contorti e sintetici. A dirla tutta, mi aspettavo una maggiore collaborazione da parte dei lettori nel segnalare i problemi, visto che in tutto questo tempo, solo in tre (!) lo hanno fatto in modo sistematico, a cui va tutta la mia gratitudine e stima, anche e soprattutto a nome di lettori. Ma ecco una sintesi delle novità presenti in questa edizione:

- modificate le intestazioni dei capitoli mediante una personalizzazione del package `\fancychap`, ed adottato il font *Linux Libertine* al posto del Latin Modern;
- accolte le osservazioni giunte da Maurizio F. e da Giovanni T.;
- modificato il titolo del primo capitolo da "Generalità" a *Una visione di insieme*;
- aggiunte le *condizioni di Dirichlet* per la serie di Fourier, discutendo poi della velocità di smorzamento dei suoi coefficienti; indicato ora il prodotto scalare con le parentesi acute;
- riviste le trasformate di Fourier di derivata ed integrale, introdotto il doppietto, completamente riscritta la trasformata del gradino;

- rivista la parte relativa alla quantizzazione, concretizzato cosa sia il s&H, riorganizzato e semplificato testo e figure, usato il termine *uniforme* al posto di "lineare", isolato concettualmente l'algoritmo di *Lloyd-Max*, migliorata la figura della legge A ed aggiunta figura di confronto dell' SNR_q tra caso uniforme e logaritmico; dimostrato inoltre che la DTFT è calcolata proprio sui campioni di segnale;
- introdotto il fattore $T_c = 1/f_c$ nella espressione della convoluzione discreta tra i campioni di segnale e quelli della risposta impulsiva, derivante dalla proprietà di ortogonalità delle funzioni *sinc*(.);
- nella parte di *probabilità* diverse definizioni di base sono state puntualizzate in modo più netto; si è quindi migliorata la trattazione del cambio di variabili, e spostate le d.d.p di Raileigh e Rice al capitolo sulle prestazioni di AM; al contrario la gaussiana multivariata si trasferisce qui (era nel cap. sulla densità spettrale), e viene evidenziato il legame tra incorrelazione e indipendenza statistica, a cui si aggiunge la dimostrazione che una combinazione lineare di v.a. gaussiane è gaussiana;
- nel capitolo sulla *densità spettrale* si è migliorata la definizione della correlazione tra v.a., chiarita la distinzione tra ergodico e stazionario nel contesto del teorema di Wiener, aggiunta una nota sulla invarianza della gaussianità nell'attraversamento di un filtro, evidenziato che gli autovettori della matrice di covarianza sono definiti a meno della fase, e nella discussione della densità spettrale dell'onda PAM si sono chiariti alcuni passaggi e fornito un esempio di calcolo per segnali NRZ e RZ;
- creato un nuovo capitolo *Distorsione e rumore* che raggruppa argomenti che erano trattati assieme al transito nei circuiti, come canale perfetto, distorsione lineare e non lineare, definizione di decibel, e qualche chiarimento sulla derivazione del tempo di ritardo di gruppo. Dedicata una sezione ai disturbi additivi, migliorata l'esposizione relativa alla somma di rumori indipendenti, e giustificato il rumore gaussiano come somma di molte v.a. i.i.d.; affrontata la natura del rumore termico nei bipoli passivi e l' SNR dei generatori;
- le *trasmissioni numeriche in banda base* possono ora essere descritte sulla base di conoscenze già acquisite. Aggiornata la figura della densità spettrale dei codici di linea, e descritto il metodo seguito per realizzarla; rivista l'impaginazione dei codici di linea ed isolato l'HDB3 in una nota; aggiunta nota sulla codifica differenziale. Migliorata l'esposizione dei requisiti per un impulso dati, spiegato meglio il motivo per cui la potenza del rumore è pari alla varianza di errore, spiegato meglio il codice di Gray, evidenziando la sua presenza anche dal lato ricevente. Rimosso l'accento al compromesso velocità distorsione, che è invece un aspetto relativo alla codifica di sorgente. Migliorata l'introduzione a FEC e ARQ, e la loro descrizione;
- nel capitolo sui *segnali modulati* si è confutato che la scomposizione in c.a. di b.f. si adatti a qualsiasi segnale, mentre è possibile solo per i passa banda; migliorato il testo in diversi punti e raccordato con gli argomenti contigui; spostata la trattazione dei segnali a banda stretta nel contesto del transito nel canale (con qualche chiarimento su orario/antiorario), mentre prima compariva nell'ambito delle distorsioni. Riscritta la derivazione della $h(t)$ del filtro di Hilbert, a partire dai risultati per la trasformata del gradino e del segno;
- per quanto riguarda la *modulazione analogica*, è stata rivista la spiegazione del PLL, si è introdotta la terminologia I e Q per indicare i rami in fase e quadratura, e sono stati migliorati testo e notazione del demodulatore incoerente. Trasferita qui la discussione degli effetti della distorsione lineare sui segnali modulati;

- nella sezione relativa alla *codifica*, sono definiti in modo *esplicito* il “tasso di codifica” e la “distanza di Hamming”; si chiarisce come la codifica ortogonale aumenti la banda in modo esponenziale; si è rimossa l’inesattezza che i bit di protezione aggiunti “non entrano nel canale” (casomai il caso a banda limitata è un problema a parte), mentre la capacità del canale è riferita al trasferimento di *informazione*. Evidenziato come il *code rate* sia anche l’inverso dell’espansione spettrale, aggiunto un paragrafo sul guadagno di codifica che mostra la sua dipendenza (asintotica) dalla minima distanza di Hamming per il caso di decisioni soft (mentre per quelle hard dipende dal potere correttivo). Aggiunta la dimostrazione che un codice sistematico è lineare, migliorato l’esempio relativo al codice di Hamming, ed evidenziato che la tabella delle sindromi si ottiene a partire dai vettori di errore con un solo bit;
- introdotta una nuova sezione nel capitolo delle *prestazioni per modulazione analogica* dedicata alla detezione incoerente di sinusoidi nel rumore, che applica la teoria della trasformazione di v.a. introducendo le d.d.p. di Rayleigh e Rice, da cui si sviluppa una analisi incentrata sul test statistico di verifica di ipotesi, ed esplicitato il motivo per cui l’analisi è valida anche in presenza di errori di fase e/o di frequenza;
- nel capitolo sulla *modulazione numerica* sono stati apportati miglioramenti al testo ed alle figure su L-ASK, L-PSK e codifica differenziale. Chiarite le condizioni per ottenere le prestazioni dell’FSK ortogonale, e l’esposizione della demodulazione incoerente. Aggiunto un esercizio sui parametri dell’OFDM, spostato il calcolo delle sue prestazioni in appendice, migliorato testo e notazione della sua equalizzazione, approfondita la sua codifica differenziale anche per mezzo di una nuova figura, migliorata la spiegazione dell’ottimalità. Aggiunta una fase aleatoria che rende ergodica l’espressione di una sequenza pseudo-noise, migliorata l’esposizione del DSSS ed aggiunta una tabella che assimila l’operazione di EX-OR tra zeri e uni, al prodotto tra -1 e 1 ; esplicitato il guadagno di processo. Aggiunta figura sul controllo di potenza nell’accesso multiplo, migliorato testo e impaginazione per le prestazioni multi - utente, e per le sequenze di Walsh-Hadamard. Evidenziata figura per il FHSS, aggiunta figura per $\pi/4$, corretta la notazione relativa alla sincronizzazione per sistemi a spettro espanso;
- definito un nuovo capitolo in cui sono trattati assieme la *caratterizzazione circuitale* dei mezzi trasmissivi, il *rumore* nelle reti due porte, e l’*equalizzazione* per trasmissioni numeriche: evidenziato che la teoria dei circuiti “classica” è per il regime sinusoidale; unificata la trattazione dei ripetitori sia trasparenti che rigenerativi; l’equalizzatore zero forcing viene ora esposto qui, evidenziando il fenomeno della colorazione del rumore, e puntualizzando l’aspetto della campionatura frazionaria;
- innumerevoli piccole correzioni e miglioramenti al capitolo su *collegamenti e mezzi trasmissivi*, tra cui: aggiunto un esempio per i collegamenti radio affetti da pioggia, aggiunto paragrafo sul modello *two-ray ground-reflected*, articolata meglio l’analisi dell’involuppo complesso delle repliche per un segnale modulato generico, aggiunta la figura con il cambio di coordinate che trasforma il modulo con d.d.p. di Rayleigh in un valore di energia con d.d.p. esponenziale negativa; evidenziato che la densità di potenza “a vasca da bagno” nel caso di dispersione Doppler è in relazione a quella di ampiezza del processo armonico, qui assimilata all’effetto dello scattering isotropo; aggiunto esempio su come la tipologia di canale radiomobile influenzi i parametri di trasmissione; chiarito un passaggio nella combinazione di massimo rapporto; corretta la formula dell’apertura numerica nelle comunicazioni in fibra ottica;
- articolata la *terza parte* esponendo per prima la teoria dei sistemi di servizio orientati alla perdita ed al ritardo, quindi le reti a pacchetto come Internet e ATM, e poi quelle a

commutazione di circuito come PDH e SDH; infine, trasferite qui le sezioni sul broadcast analogico, come la “vecchia” TV, la radio FM, e le trasmissioni televisive satellitari.

La suddivisione del testo in parti distinte, abbinata all’urgenza di produrre un testo per i miei studenti¹, ha portato alla sua stampa in due volumi separati, dal titolo

- *TRASMISSIONE DEI SEGNALI*
- *SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONE*

mentre la versione integrale del testo è preservata unitaria nel formato PDF. Allo scopo di consentire il *funzionamento* del meccanismo dei riferimenti incrociati anche tra volumi diversi, per entrambi viene inserito l’indice completo, e mantenuta la stessa numerazione delle pagine. L’analisi del gradimento da parte dei lettori saprà dire se questa impostazione verrà mantenuta anche nelle future edizioni, o meno.

Alessandro Falaschi, Aprile 2017

¹Quest’anno ho cambiato il corso che impartisco al polo didattico di Latina, e sono sceso da quello di *Trasmissione numerica*, a quello di *Teoria dei segnali*: per questo motivo, probabilmente nelle prossime edizioni la prima parte riceverà una attenzione maggiore che in passato.