

---

# Trasmissione numerica A

## Finalità

Il corso si propone di presentare i fondamenti teorici dei moderni sistemi di trasmissione numerica e gli elementi necessari alla loro progettazione.

## Programma

### **Tecniche di codifica per il controllo degli errori**

Schemi di rivelazione e correzione degli errori - Schemi di richiesta automatica di ritrasmissione (ARQ). Schemi di correzione diretta degli errori (FEC). Codici a ripetizione. Codici a controllo di parità. Guadagno e costo della codifica. Interlacciamento di bit. Vettori di codice e distanza di Hamming. Capacità di controllo degli errori di un dato codice. Tasso di codifica e ridondanza. Analisi delle prestazioni di sistemi FEC. Procedure di ritrasmissione ARQ. Analisi delle prestazioni di sistemi ARQ. Cenno sui sistemi ARQ ibridi.

Codici a blocchi - Codici lineari sistematici a blocchi. Rappresentazione matriciale di un codice lineare a blocchi. Codici di Hamming. Decodifica a sindrome a massima verosimiglianza. Esempio di decodifica di un codice di Hamming (7,4). Codici ciclici. Scorrimento ciclico e polinomi di codice. Polinomio generatore di un codice ciclico. Codici sistematici. Codifica e decodifica come resto di una divisione fra polinomi. Esempio di un codice di Hamming (7,4). Realizzazione circuitale di codificatori e decodificatori per codici ciclici. Cenno sui codici BCH e CRC. Cenno sui codici M-ari e di Reed e Solomon.

Codici convoluzionali - Diagrammi ad albero, a traliccio e di stato di un codice convoluzionale. Polinomi generatori. Distanza libera. Funzione di trasferimento e distribuzione dei pesi di un codice convoluzionale. Stima della probabilità d'errore. Guadagno di codifica. Decodifica di codici convoluzionali. Decodifica di Viterbi. Decodifica sequenziale. Cenni sulla decodifica a logica di maggioranza. Cenni sui codici traforati (punctured). Decodifica basata su "decisioni continue" (soft-decision decoding). Esempi di codici convoluzionali e relative prestazioni.

Tecniche avanzate - Cenni sui codici concatenati e turbo.

### **Modulazioni numeriche in banda passante**

Formati di modulazione e relativa densità spettrale di potenza - Modulazioni di ampiezza (ASK) e relativa efficienza spettrale. Modulazioni di ampiezza in quadratura (QAM) e relativa efficienza spettrale. Modulazione PAM-VSB. Modulazioni di fase (PSK) e relativa efficienza spettrale. Esempi di costellazioni PSK (QPSK e 8-PSK). Modulazione QPSK sfalsata (OQPSK). Modulazioni di frequenza (FSK) e relativa efficienza spettrale. Esempio di modulazione binaria. FSK M-arie a segnali ortogonali. FSK a fase continua (CPFSK).

Rivelazione coerente di modulazioni binarie in banda passante - Tecniche di rivelazione coerente e non coerente di modulazioni numeriche. Ricevitore ottimo e probabilità d'errore. Analisi di prestazione delle modulazioni OOK e BPSK. Analisi di prestazione della modulazione FSK binaria. Cenni sulla sincronizzazione di simbolo e di fase.

Rivelazione non coerente di modulazioni binarie in banda passante - Distribuzione dell'involuppo di una sinusoide affetta da rumore. Analisi di prestazione della OOK non coerente. Analisi di prestazione della FSK non coerente. Codifica e rivelazione differenziale della PSK differenziale (DPSK). Analisi comparata delle prestazioni di sistemi di trasmissione binari.

Modulazioni M-arie in quadratura - Analisi delle prestazioni della QPSK. Cenni sull'estrazione del sincronismo di fase mediante dispositivi non lineari. Analisi delle prestazioni della M-PSK. PSK con codifica e rivelazione differenziale (M-DPSK). Analisi delle prestazioni della M-QAM. Analisi comparata delle prestazioni di sistemi di trasmissione M-ari in banda passante: efficienza energetica e spettrale.

Modulazioni codificate a traliccio (TCM) - Principi della modulazione codificata TCM.

## Attività d'esercitazione

Le esercitazioni consistono nella risoluzione di compiti a casa assegnati precedentemente.

## Modalità d'esame

Per coloro che seguono il corso: valutazione complessiva sulla base di verifiche scritte (intermedia e finale) ed eventuale prova orale.

Per tutti: valutazione sulla base di prove scritta e orale.

## Propedeuticità

E' consigliata la propedeuticità di "Comunicazioni elettriche A".

## Testi consigliati

A. Bruce Carlson, Paul B. Crilly, and Janet C. Rutledge: Communication systems, 4th edition, McGraw Hill, 2002.