

Formule Fondamentali

Analisi dei Segnali

$$f \lambda = v \quad (\text{relazione frequenza-lunghezza d'onda})$$
$$B = f_{\text{max}} - f_{\text{min}} \quad (\text{larghezza di banda})$$

Teorema di Nyquist (canale senza rumore)

$$R_{\text{max}} = 2B \log_2(V) \text{ [bps]}$$

- B: larghezza di banda (Hz)
- V: numero di livelli discreti
- Determina velocità massima teorica

Teorema di Shannon (canale con rumore)

$$C = B \log_2(1 + S/N) \text{ [bps]}$$

- S/N: rapporto segnale-rumore (lineare)
- C: capacità del canale

Conversioni SNR

$$\text{SNR(dB)} = 10 \log_{10}(S/N)$$
$$S/N = 10^{(\text{SNR(dB)})/10}$$

Teorema del Campionamento

$$f_s \geq 2f_{\text{max}}$$

Modulazioni Digitali

$$V = 2^n \quad (\text{livelli vs bit})$$
$$\text{Bit rate} = \text{Baud rate} \times n \quad (n = \text{bit per simbolo})$$
$$B_{\text{FSK}} = 2\Delta f + R_b \quad (\text{banda FSK})$$

Codifiche di Linea - Regole

NRZ (Not Return to Zero)

- Bit '1' → livello alto
- Bit '0' → livello basso
- **Problema:** lunghe sequenze stesso bit → perdita sincronismo

RZ (Return to Zero)

- Bit '1' → alto prima metà, zero seconda metà
- Bit '0' → sempre zero
- **Problema:** lunghe sequenze '0' → perdita sincronismo

Manchester IEEE 802.3

- Bit '1' → transizione basso-alto a metà periodo
- Bit '0' → transizione alto-basso a metà periodo
- **Vantaggio:** sempre transizioni → auto-sincronizzante

Differential Manchester

- Bit '1' → **nessuna** transizione all'inizio bit
- Bit '0' → transizione all'inizio bit
- Sempre transizione a metà per sincronismo
- **Vantaggio:** immune a inversioni polarità

Modulazioni Digitali - Caratteristiche

ASK (Amplitude Shift Keying)

- Modifica ampiezza portante
- OOK: '1'=portante presente, '0'=assente
- **Svantaggio:** sensibile al rumore

FSK (Frequency Shift Keying)

- '1' → frequenza f_1 , '0' → frequenza f_0
- **Vantaggio:** più robusta di ASK

PSK (Phase Shift Keying)

- BPSK: '1' → 0° , '0' → 180°
- **Vantaggio:** ampiezza costante, robusta

DPSK (Differential PSK)

- '1' → inversione fase, '0' → mantiene fase
- **Vantaggio:** no sincronizzazione fase assoluta

QAM (Quadrature Amplitude Modulation)

- Combina ampiezza e fase
- 16-QAM: 4 bit/simbolo, coordinate (I,Q)
- **Vantaggio:** alta efficienza spettrale

Metodologie di Risoluzione

Per Teorema di Nyquist

1. Identificare B (banda) e V (livelli)
2. Applicare: $R_{\max} = 2B \log_2(V)$
3. Se richiedi livelli: $V = 2^{(R_{\max}/(2B))}$

Per Teorema di Shannon

1. Convertire SNR da dB a lineare se necessario
2. Applicare: $C = B \log_2(1 + S/N)$
3. Per trovare SNR: $S/N = 2^{(C/B)} - 1$

Per Campionamento

1. $f_s \geq 2f_{\max}$ (evitare aliasing)
2. $f_{\max} \leq f_s/2$ (frequenza massima ammissibile)

Per Codifiche di Linea

1. Dividere sequenza bit per bit
2. Applicare regole specifiche codifica
3. Mantenere continuità segnale
4. Verificare transizioni per sincronismo

Per Modulazioni

1. Determinare bit per simbolo: $n = \log_2(M)$
2. Creare mappatura bit → simboli
3. Calcolare durata: $T_{\text{totale}} = N_{\text{simboli}} \times T_{\text{simbolo}}$
4. Per QAM: usare costellazione e codice Gray

Scelta Tecnica Ottimale

Criteri Decisione Modulazione

- **Alta efficienza:** QAM (ma serve buon SNR)
- **Robustezza:** PSK/DPSK
- **Semplicità:** ASK/FSK
- **No sincronizzazione:** DPSK

Criterio Banda vs Velocità

- Nyquist: limite teorico (no rumore)
- Shannon: limite pratico (con rumore)
- **Sempre:** $\text{Shannon} \leq \text{Nyquist}$ in presenza rumore

Trade-off Fondamentali

- \uparrow Livelli $\rightarrow \uparrow$ Velocità ma \uparrow Sensibilità rumore
- \uparrow Banda $\rightarrow \uparrow$ Capacità ma \uparrow Costo
- \uparrow SNR $\rightarrow \uparrow$ Modulazioni complesse possibili