

Codifiche di Linea

Esercizio 1: Decodifica NRZ

Problema: Decodificare segnale NRZ dato

Soluzione Step-by-Step:

1. **Identificazione:** Il segnale NRZ ha livelli costanti per ogni bit
2. **Regola:** Alto = '1', Basso = '0'
3. **Lettura:** Seguire il segnale da sinistra a destra
4. **Risultato:** 10110010

Concetto: NRZ è la codifica più semplice, ma problematica per sincronizzazione.

Esercizio 2: Codifica NRZ e Problematiche

Problema: Codificare "11010001" in NRZ e identificare problemi

Soluzione:

1. **Mappatura:** '1'→alto, '0'→basso
2. **Disegno:** Seguire sequenza bit per bit
3. **Problema identificato:** Tre '0' consecutivi creano livello costante
4. **Conseguenza:** Ricevitore perde sincronizzazione clock

Ragionamento: Senza transizioni, il ricevitore non sa quando inizia/finisce un bit.

Esercizio 3: Decodifica RZ

Problema: Decodificare segnale RZ

Soluzione:

1. **Regola RZ:** '1'→alto poi zero a metà, '0'→sempre zero
2. **Lettura:** Osservare prima metà di ogni periodo
3. **Se alto→'1', se basso→'0'**
4. **Risultato:** 10110010

Vantaggio RZ vs NRZ: Elimina problema lunghe sequenze '1', ma non '0'.

Esercizio 4: Codifica RZ e Problematiche

Problema: Codificare "00101100" in RZ e identificare limiti

Soluzioni e Problemi:

1. **Doppia larghezza banda:** Ogni '1' ha transizione intermedia→frequenza doppia
2. **Efficienza energetica:** Solo metà periodo utilizzato per informazione
3. **Lunghi zeri:** Due '0' iniziali e finali→nessuna transizione→perdita sincronismo

Conclusione: RZ parzialmente migliore di NRZ ma non risolve tutto.

Esercizio 5: Decodifica Manchester (3 versioni)

Problema: Decodificare stesso segnale con 3 codifiche Manchester

Soluzione Sistemica:

1) Manchester IEEE 802.3:

- Regola: '1'→transizione ↗, '0'→transizione ↘
- Lettura a metà ogni bit
- Risultato: 10110010

2) Manchester Thomas:

- Regola opposta: '1'→transizione ↘, '0'→transizione ↗
- Stessa lettura, regole inverse
- Risultato: 01001101

3) Differential Manchester:

- Regola: '1'→nessuna transizione inizio, '0'→transizione inizio
- Sempre transizione metà per sincronismo
- Risultato: 11101011

Concetto chiave: Stessa forma d'onda, interpretazioni diverse secondo convenzione.

Esercizio 6: Codifica Manchester (3 versioni)

Problema: Codificare "10001100" in 3 versioni Manchester

Approccio Metodico:

1) IEEE 802.3:

- Bit per bit: $1 \rightarrow \nearrow$, $0 \rightarrow \searrow$, $0 \rightarrow \searrow$, $0 \rightarrow \searrow$, $1 \rightarrow \nearrow$, $1 \rightarrow \nearrow$, $0 \rightarrow \searrow$, $0 \rightarrow \searrow$
- Collegare mantenendo continuità

2) Thomas:

- Regole opposte: $1 \rightarrow \searrow$, $0 \rightarrow \nearrow$
- Applicare stesso metodo

3) Differential Manchester:

- Partire da stato noto (preambolo termina basso)
- Per ogni bit: $1 \rightarrow$ mantieni, $0 \rightarrow$ cambia all'inizio
- Sempre transizione a metà

Nota cruciale: Il preambolo stabilisce stato iniziale per Differential Manchester.

Modulazioni Digitali

Esercizio 7: Modulazione ASK

Problema: ASK binaria, bit='1' \rightarrow 5V, bit='0' \rightarrow 0V, $f=3\text{kHz}$, durata bit=1ms, sequenza="11010010"

Soluzione Completa:

1) Forma d'onda:

- Calcolo periodo portante: $T = 1/f = 1/3000 = 0.333\text{ms}$
- Cicli per bit: $1\text{ms} / 0.333\text{ms} = 3$ cicli
- Disegno: '1' \rightarrow sinusoide presente, '0' \rightarrow assenza segnale

2) Cicli nei bit '1': 3 cicli completi per ogni bit '1'

3) Durata totale: $8 \text{ bit} \times 1\text{ms} = 8\text{ms}$

Concetto: ASK = On-Off Keying nella versione più semplice.

Esercizio 8: Modulazione FSK

Problema: FSK binaria, $f_1=4\text{kHz}$ (bit '1'), $f_0=2\text{kHz}$ (bit '0'), durata bit=1ms, sequenza="1011001"

Soluzione Dettagliata:

1) Forma d'onda: Sinusoide con frequenza variabile secondo bit

2) Oscillazioni per bit:

- Bit '1': $1\text{ms} \times 4000\text{Hz} = 4$ oscillazioni
- Bit '0': $1\text{ms} \times 2000\text{Hz} = 2$ oscillazioni

3) Durata totale: $7 \text{ bit} \times 1\text{ms} = 7\text{ms}$

4) Larghezza banda:

- $\Delta f = (4000-2000)/2 = 1000\text{Hz}$
- $R_b = 1/0.001 = 1000 \text{ bps}$
- $B = 2 \times 1000 + 1000 = 3000\text{Hz} = 3\text{kHz}$

Ragionamento banda: FSK necessita spazio per entrambe le frequenze più margine per bit rate.

Esercizio 9: Modulazione BPSK

Problema: BPSK, $f=2\text{kHz}$, $A=1\text{V}$, $T_b=1\text{ms}$, sequenza="10110"

Analisi Completa:

1) Forma d'onda:

- '1' $\rightarrow \cos(2\pi f t)$ (fase 0°)
- '0' $\rightarrow -\cos(2\pi f t)$ (fase 180°)
- Cambiamenti fase visibili come "salti" nel segnale

2) Differenza segnali:

- Stessa ampiezza, frequenza diversa solo per fase
- '1' e '0' sono opposti in fase (180° differenza)

3) Cicli per bit: $f \times T_b = 2000 \times 0.001 = 2$ cicli

4) Vantaggio PSK vs ASK:

- PSK: ampiezza costante \rightarrow meno sensibile rumore ampiezza
- ASK: informazione in ampiezza \rightarrow più vulnerabile

Esercizio 10: Modulazione DPSK

Problema: DPSK, $f=1\text{kHz}$, sequenza="101100", fase iniziale= 0°

Soluzione Sistemática:

1) Calcolo fasi:

- Inizio: 0°
- Bit '1': inversione $\rightarrow 180^\circ$
- Bit '0': mantieni $\rightarrow 180^\circ$
- Bit '1': inversione $\rightarrow 0^\circ$
- Bit '1': inversione $\rightarrow 180^\circ$
- Bit '0': mantieni $\rightarrow 180^\circ$
- Bit '0': mantieni $\rightarrow 180^\circ$

2) Forma d'onda: Sinusoide con cambi fase solo per bit '1'

3) Vantaggio decodifica:

- Non serve conoscere fase assoluta
- Basta confrontare simboli consecutivi
- Più semplice implementazione ricevitore

4) DPSK vs PSK:

- **DPSK pro:** No sincronizzazione fase assoluta, ricevitore più semplice
- **DPSK contro:** Leggermente più sensibile a errori (errore si propaga)
- **PSK pro:** Più robusta al rumore
- **PSK contro:** Richiede sincronizzazione fase precisa

Esercizio 11: Modulazione 16-QAM

Problema: 16-QAM, 4 bit/simbolo, $f=10\text{kHz}$, $A=1\text{V}$, $I, Q \in \{-3A, -A, +A, +3A\}$, sequenza="0100 1101 0001 1010"

Soluzione Completa:

1) Numero simboli: $16 \text{ bit} \div 4 \text{ bit/simbolo} = 4 \text{ simboli}$

2) Mappatura coordinate (usando codice Gray standard):

- "0100" $\rightarrow (+3A, +A) = (+3, +1)$

- "1101" $\rightarrow (+A, -A) = (+1, -1)$
- "0001" $\rightarrow (+A, +3A) = (+1, +3)$
- "1010" $\rightarrow (-3A, -3A) = (-3, -3)$

3) Piano I-Q: Costellazione 4×4 con punti mappati

4) Durata trasmissione: 4 simboli \times 1ms = 4ms

5) Vantaggi QAM:

- **Efficienza spettrale:** 4 bit/simbolo vs 1 bit/simbolo (PSK/ASK)
 - **Flessibilità:** Adattabile a condizioni canale (4/16/64/256-QAM)
 - **Bilanciamento:** Sfrutta sia ampiezza che fase
 - **Contro:** Maggiore complessità, sensibilità a rumore fase e ampiezza
-

Esercizio 12: Demodulazione 16-QAM

Problema: Demodulare simboli ricevuti (-1,3), (-3,1), (3,-3), (1,-1) con 16-QAM Gray

Procedura Demodulazione:

1) Mappatura inversa (da costellazione standard):

- (-1,3) \rightarrow "0011"
- (-3,1) \rightarrow "0110"
- (3,-3) \rightarrow "1000"
- (1,-1) \rightarrow "1101"

2) Sequenza ricevuta: "0011 0110 1000 1101"

3) Gestione errori:

- Simbolo distorto (2.8,-3.2) \approx (3,-3)
- Criterio minima distanza euclidea
- Decodifica come "1000"

4) Vantaggio codice Gray:

- Simboli adiacenti differiscono solo 1 bit
 - Errore simbolo \rightarrow errore singolo bit (non multiplo)
 - Minimizza Bit Error Rate (BER)
-

Canali di Trasmissione

Esercizio 1: Teorema Nyquist Base

Problema: $B=4\text{kHz}$, $V=2$ livelli, calcolare R_{max}

Soluzione:

$$R_{\text{max}} = 2B \log_2(V) = 2 \times 4000 \times \log_2(2) = 2 \times 4000 \times 1 = 8000 \text{ bps}$$

Ragionamento: Con 2 livelli (binario), ogni simbolo = 1 bit. Frequenza simboli massima = $2B$.

Esercizio 2: Calcolo Livelli Necessari

Problema: $B=5\text{kHz}$, velocità richiesta= 30kbps , trovare V

Procedura:

1. **Formula inversa:** Da $R = 2B \log_2(V)$ ricavo $\log_2(V) = R/(2B)$
2. **Calcolo:** $\log_2(V) = 30000/(2 \times 5000) = 3$
3. **Risultato:** $V = 2^3 = 8$ livelli

Significato pratico: Ogni simbolo deve trasportare 3 bit per raggiungere velocità richiesta.

Trade-off: 8 livelli \rightarrow maggiore velocità ma maggiore sensibilità rumore.

Esercizio 3: Simboli Multi-bit

Problema: $B=2\text{MHz}$, 4 bit/simbolo, calcolare R_{max} e baud rate

Soluzione:

1. **Livelli:** 4 bit/simbolo $\rightarrow V = 2^4 = 16$ livelli
2. **Bit rate:** $R_{\text{max}} = 2 \times 2 \times 10^6 \times \log_2(16) = 4 \times 10^6 \times 4 = 16 \text{ Mbps}$
3. **Baud rate:** $16 \times 10^6 \div 4 = 4 \times 10^6$ simboli/secondo

Concetto: Baud rate (simboli/s) \neq Bit rate (bit/s) quando simbolo trasporta >1 bit.

Esercizio 4-5: Teorema Campionamento

Problema 4: $f_{\text{max}}=4\text{kHz}$, trovare f_{s} minima **Problema 5:** $f_{\text{s}}=10\text{kHz}$, trovare f_{max} senza aliasing

Soluzioni:

- **Problema 4:** $f_{\text{s}} \geq 2 \times 4000 = 8\text{kHz}$
- **Problema 5:** $f_{\text{max}} \leq 10000/2 = 5\text{kHz}$

Principio: Teorema Nyquist-Shannon per campionamento corretto.

Esercizio 6: Teorema Shannon

Problema: $B=3\text{kHz}$, $\text{SNR}=30\text{dB}$, calcolare capacità

Procedura Completa:

1. **Conversione SNR:** $S/N = 10^{(30/10)} = 10^3 = 1000$
2. **Formula Shannon:** $C = B \log_2(1 + S/N)$
3. **Calcolo:** $C = 3000 \times \log_2(1001) \approx 3000 \times 9.97 = 29910 \text{ bps}$

Significato: Rumore limita capacità rispetto al caso ideale Nyquist.

Esercizio 7: SNR da Capacità

Problema: $C=1\text{Mbps}$, $B=200\text{kHz}$, trovare SNR in dB

Soluzione Inversa:

1. **Da Shannon:** $\log_2(1 + S/N) = C/B = 10^6/(2 \times 10^5) = 5$
2. **Calcolo S/N:** $1 + S/N = 2^5 = 32 \rightarrow S/N = 31$
3. **Conversione dB:** $\text{SNR} = 10 \log_{10}(31) \approx 14.91 \text{ dB}$

Metodo: Partire da Shannon e invertire per trovare SNR richiesto.

Esercizio 8: Verifica Fattibilità

Problema: Trasmettere 100kbps su $B=10\text{kHz}$ con $\text{SNR}=10\text{dB}$. È possibile?

Verifica:

1. **Conversione:** $S/N = 10^{(10/10)} = 10$

2. **Capacità Shannon:** $C = 10000 \times \log_2(11) \approx 34590$ bps
3. **Confronto:** $34590 < 100000 \rightarrow$ **NON POSSIBILE**

Conclusione: Capacità canale insufficiente per velocità richiesta. Serve migliore SNR o maggiore banda.

Metodologia Generale Risoluzione

Identificazione Tipo Problema

1. **Codifiche:** Riconoscere tipo da regole/forma d'onda
2. **Modulazioni:** Identificare parametro modulato (ampiezza/frequenza/fase)
3. **Teoremi:** Distinguere Nyquist (senza rumore) vs Shannon (con rumore)

Approccio Sistematico

1. **Estrarre dati** dal testo
2. **Identificare formula** appropriata
3. **Convertire unità** se necessario
4. **Applicare calcoli** step-by-step
5. **Verificare dimensioni** risultato
6. **Interpretare significato** fisico/pratico