

Tecniche di modulazione per la trasmissione dati

Modulazioni ASK – FSK – PSK –
QAM - TCM

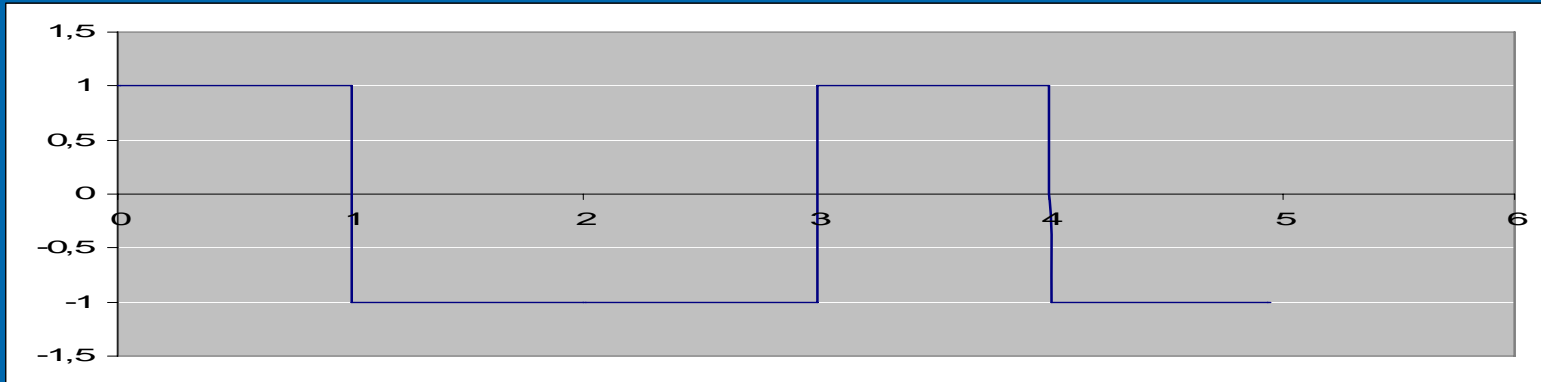
Modulazione ASK (Amplitude Shift Keying)

- Portante fonica sinusoidale
- Modulante digitale bipolare (o unipolare)
- Segnale modulato: $V_o(t) = m(t) \cdot \sin \omega_p t$
- L'ampiezza della modulante è negativa in presenza di un bit uguale a zero (inversione di segno della portante)
- Modulazione del tipo DSB-SC

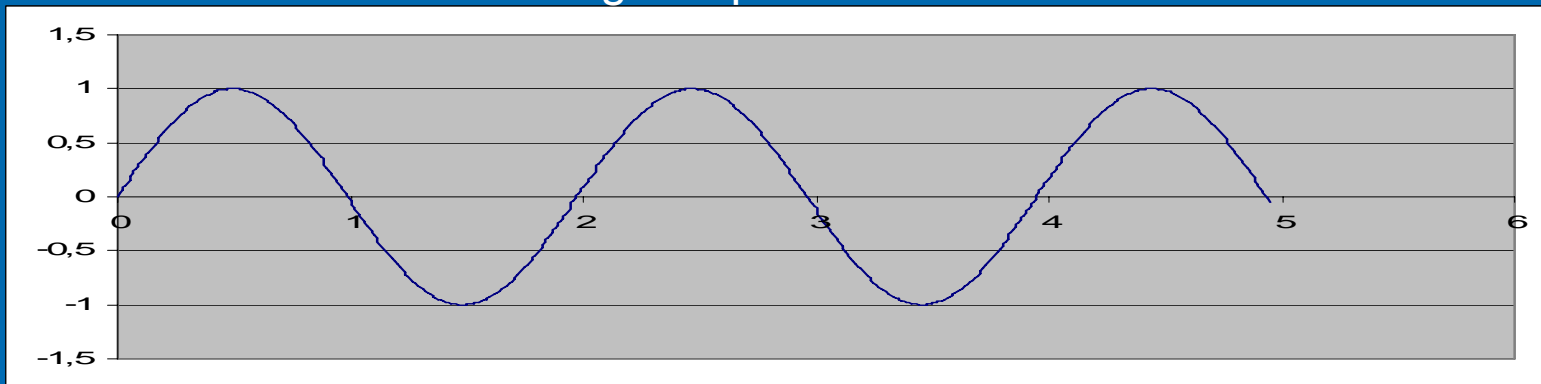
Modulazione ASK bipolare



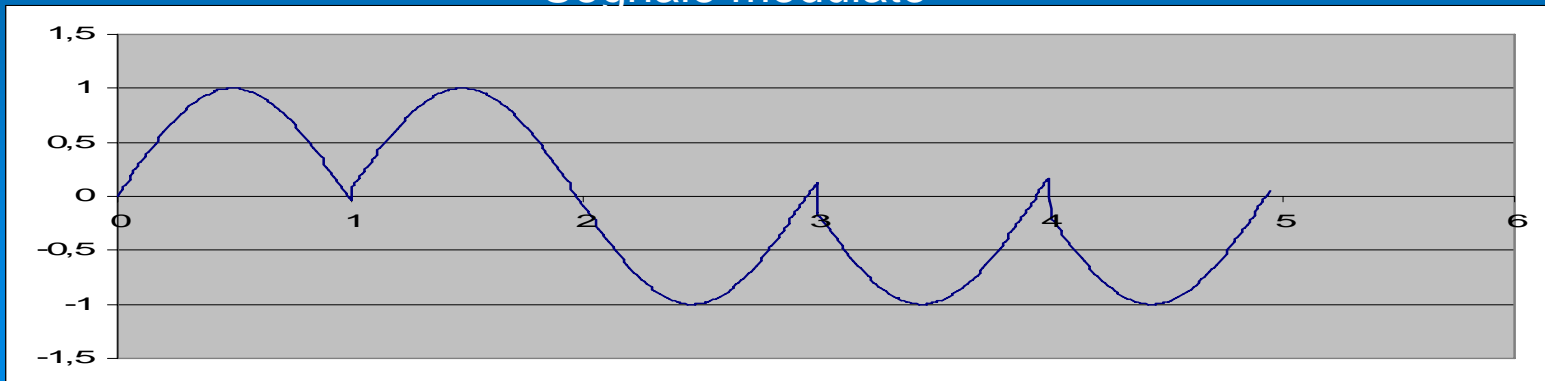
Segnale digitale modulante



Segnale portante



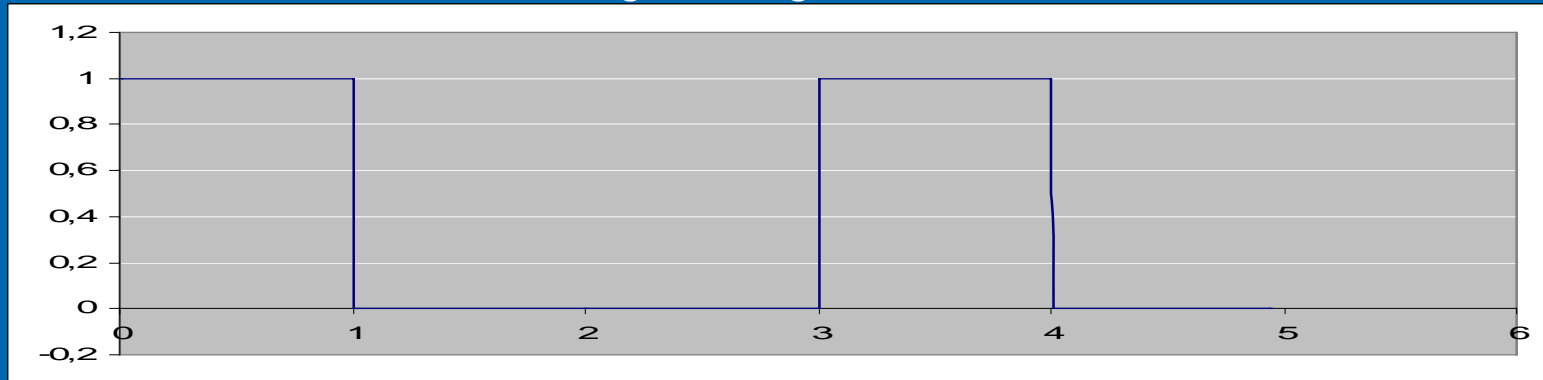
Segnale modulato



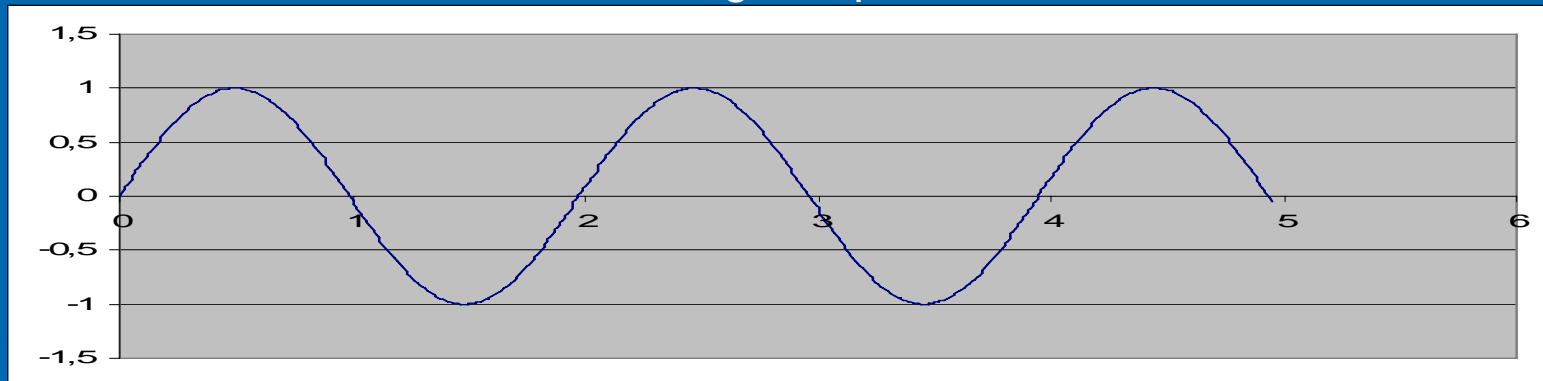
Modulazione ASK unipolare



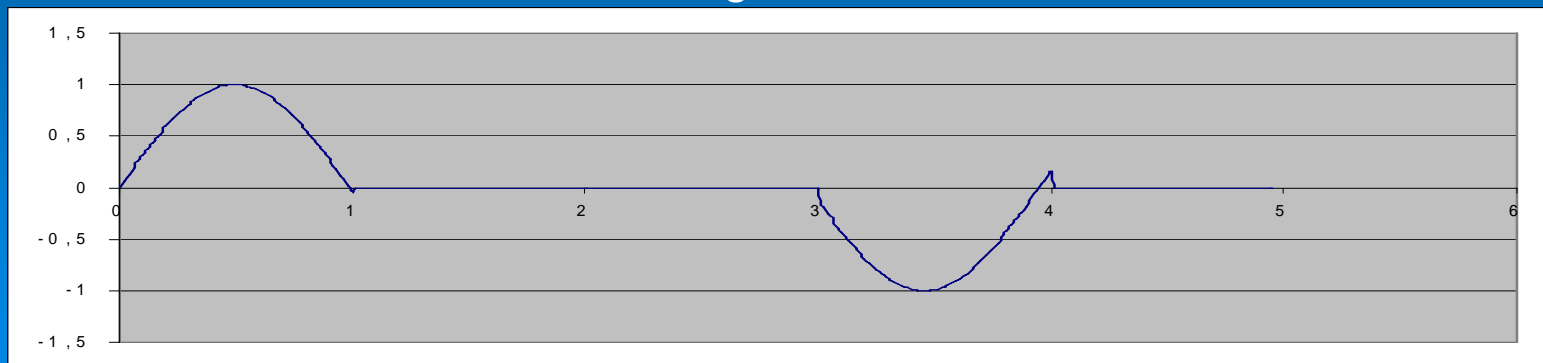
Segnale digitale modulante



Segnale portante



Segnale modulato





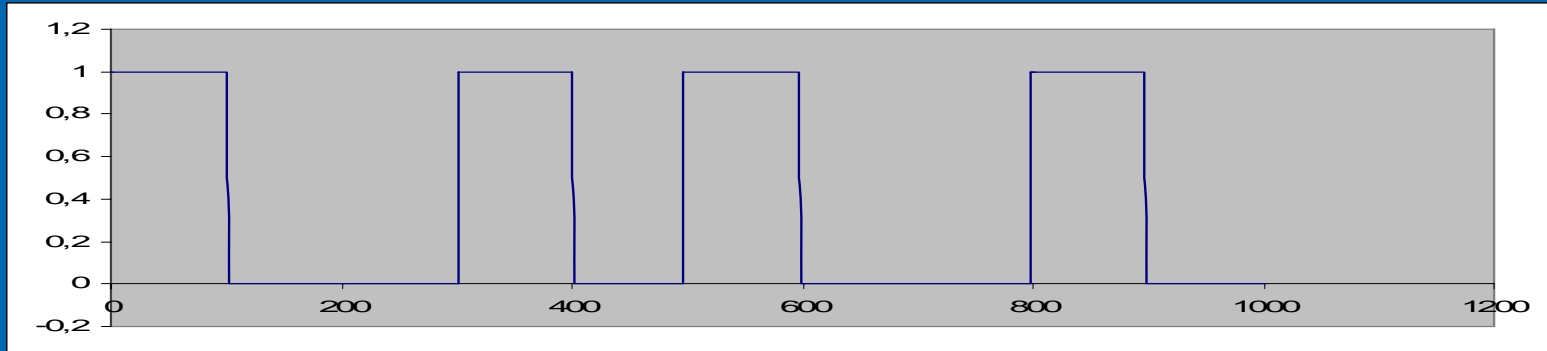
Modulazione FSK (Frequency Shift Keying)

- Assegnazione di 2 frequenze (di manipolazione) in corrispondenza ai bit 0 e 1, appartenenti alla banda del canale telefonico
- Non si parla di portante ma di frequenza centrale: $f_0 = \frac{f_L + f_H}{2}$
- Deviazione di frequenza: $\Delta f = \frac{f_L - f_H}{2} \Rightarrow f_L = f_0 - \Delta f; f_H = f_0 + \Delta f$
- Segnale modulato: $V_0 = A_p \cos\left(2\pi f_0 t + K_f \int_0^t m(t) dt\right)$
- Larghezza di banda (formula di Carson): $B_f = 2(\Delta f + f_{\max})$
- La frequenza f_{\max} è la massima frequenza significativa della modulante

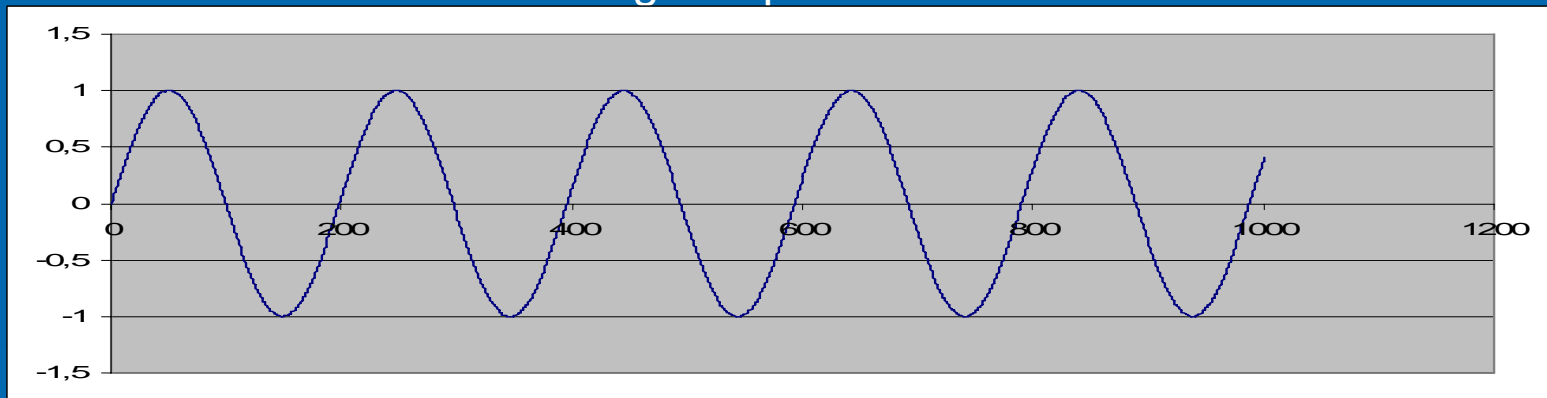
Modulazione FSK



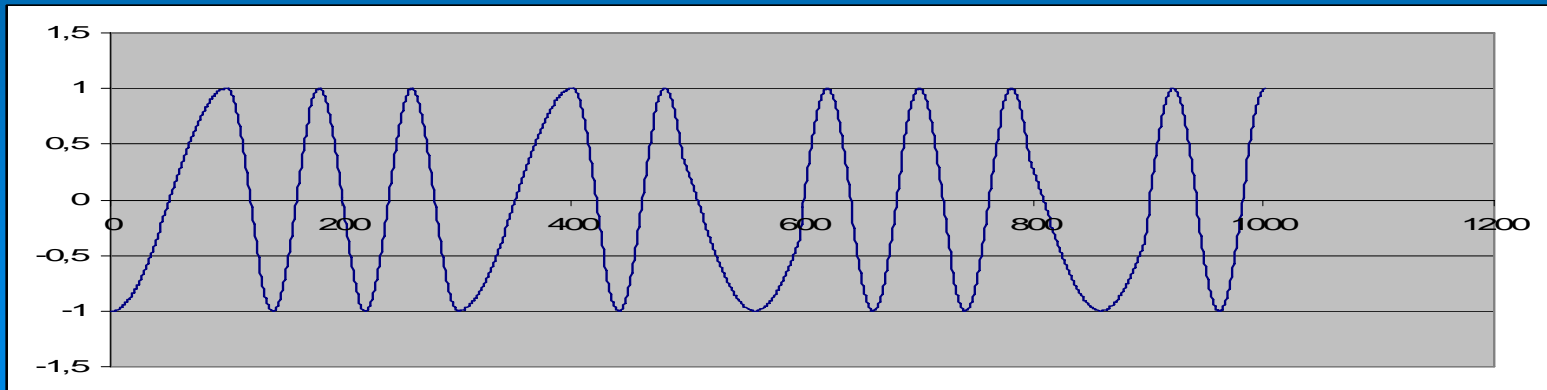
Segnale digitale modulante



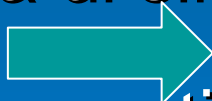
Segnale portante



Segnale modulato



Modulazione PSK (Phase Shift Keying)

- A parità di frequenza aumenta la velocità di trasmissione rispetto alla FSK (uso di codifica multisimbolo)
- Modulazione di fase (2PSK, 4PSK, 8PSK) rispetto alla portante fonica
- Uso di codifica multisimbolo: codici Gray
- Frequenza di cifra (f_c in bit/s, velocità di trasmissione) e frequenza di simbolo (f_s in baud, velocità di modulazione)  $f_c = Nf_s$, dove N è il numero di simboli raggruppati
- L'informazione binaria è contenuta nel valore del salto di fase della portante

Modulazione QAM (Quadrature Amplitude Modulation)

- Modulazione mista di fase e ampiezza
- Permette di aumentare la velocità di trasmissione
- Costruzione dei quadri-bit (16 stati diversi)
- Portanti in quadratura a 1700Hz (centro della banda telefonica) per favorire la propagazione delle armoniche superiori
- Modulazione del tipo DSB-SC

Modulazione TCM (Trellis Coded Modulation)

- Si basa sulla modulazione QAM
- Si utilizza codifica ridondante per evitare l'aumento della probabilità di errore dovuta all'aumentare del numero di stati
- Non tutte le sequenze di simboli sono ammesse
- Possibilità di correzione dell'errore (MLSE)
- Tecnica utilizzata nei modem V.90 a 56 kbit/s