

Miei appunti (schematici) della prima parte dell'esame di sistemi di comunicazione.

► **TRASMISSIONE IN BANDA BASE**

sorgente → codifica di sorgente → codifica di canale → modulazione → trasmissione → canale
 destinazione ← decodifica di sorgente ← decodifica di canale ← demodulazione ← ricezione

$Q_K \rightarrow H_T \rightarrow s(t) \rightarrow H_C \rightarrow H_R \rightarrow e(t) \rightarrow \frac{X}{kT} \rightarrow \text{decisione}$

► **NYQUIST**

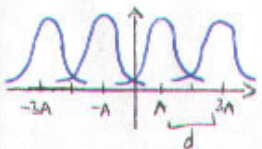
$f_c = 2 f_{max}$

► **FILTRO ADATTATO**

$H_R = G^*(f) e^{-j\omega t_0} \Leftrightarrow h_R(t) = g(t_0 - t)$
 Impulso $g(t)$ riversato nel tempo e ritardato di t_0

► **EFFETTI DEL RUMORE**

$\sigma_n^2 = N_0 B_{canale}$



$3A - 3A: P(E) = Q\left(\frac{d}{2\sigma_n}\right)$
 $A - A: P(E) = 2Q\left(\frac{d}{2\sigma_n}\right)$
 se $M = n^{\circ}$ livelli di $Q_K \Rightarrow P(E) = 2 \frac{M-1}{M} Q\left(\frac{d}{2\sigma_n}\right)$

► **CAPACITÀ DI UN CANALE (Th. Shannon)**

$C = B \log_2 \left[1 + \frac{P_s}{\sigma_n^2} \right] \Rightarrow$ in questo modo $P(E)$ nulla

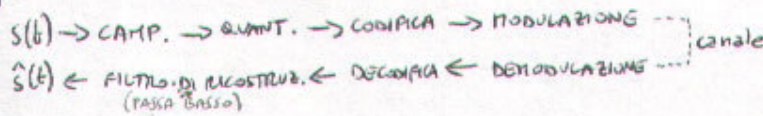
► **TRASM. MULTIPLEXA SU CANALE COMUNE**

- TDM (segn. digitali)** GSM: in ogni intervallo di campionamento T_c , il tempo è ripartito tra le sorgenti, e il canale trasmette in sequenza ciclica i campioni prelevati dalle N sorgenti. Si occupa di una banda N volte più grande e un tempo di trasmissione per ogni segnale N volte più lungo.
- FDM (digitali e analogici)** TACS: si trasmettono gli spettri in vari intervalli di frequenza. Ciò avviene con filtri passabanda e riconversione in banda base.
- ACCESSO A DIVISIONE** MCODE, UITS (e.m.c.b.t.): trasmetti insieme e nella stessa banda più segnali (CDMA) codificandoli in maniera diversa.

©2004.11 S1

TRASMISSIONE NUMERICA DI SEGNALI ANALOGICI (PCM)

Un segnale analogico di banda limitata B può essere convertito in forma numerica attraverso l'operazione di campionamento diventando una sequenza discreta di campioni che va poi quantizzata su un n° finito M di livelli



▶ QUANTIZZAZIONE

(Uniforme se tra livelli $-V$ e $+V$)

$$\Delta = \frac{2V}{M}$$

Errore quantizz. $P_q = E(\epsilon^2) = \frac{1}{12} \Delta^2 = \frac{V^2}{3M^2}$

$$\text{SNR}_q = \frac{P_s}{P_q} = M^2$$

▶ TRASMISSIONE PCM

~~P_{tot} = P_q + P_{can}~~ Rumore tot. in uscita $\rightarrow P_N = P_q + \text{errori in ricezione} = \frac{V^2}{3M^2} + \frac{4}{3} P(\epsilon) V^2$

$$\text{SNR}_{\text{out}} = \frac{M^2}{1 + 4P(\epsilon)M^2}$$

$$\text{SNR}_{\text{in rx}} = \frac{P}{N_{0B}} = \frac{P \cdot 2T_c}{N_0} \quad (\text{non dipende da } M)$$

Per ogni bit in più usata per la quant., il n° di livelli M raddoppia e il rumore quant. diventa 4 volte inferiore (6 dB)

TRASMISSIONE IN BANDA PASSANTE (segn. analogici)

► MODULAZIONE

Può essere in ampiezza; in fase; in frequenza; o alcuni di questi insieme

» modulazione d'ampiezza

segnale modulante a vibramento nullo $s(t)$ + onde portante $\cos(2\pi f_0 t)$

$$x(t) = [1 + m s(t)] \cos(2\pi f_0 t)$$

m = indice di modulazione

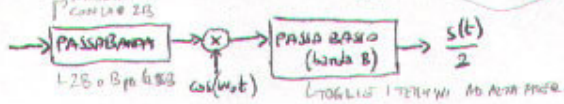
$$x(t) = s(t) \cos(2\pi f_0 t)$$

cioè traslo lo spettro $S(f)$ sulle portante $f_0 \Rightarrow X(f) = \frac{1}{2} [S(f-f_0) + S(f+f_0)]$

• In ricezione si moltiplica per la stessa portante (demodul. coerente)

$$x(t) \cos \omega_0 t = s(t) \cos^2 \omega_0 t = \frac{s(t)}{2} [1 + \cos(2\omega_0 t)]$$

Componente a $2f_0$ eliminata da un p. basso

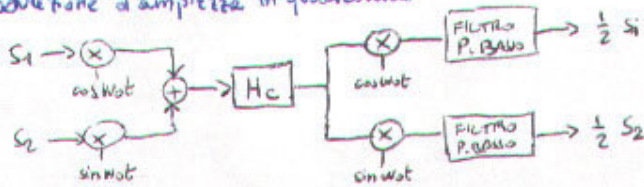


Se non è coerente ottengo $\frac{s(t)}{2} \cos \beta$ che per $\beta = \frac{\pi}{2}$ annulla tutto!

» banda laterale unica (SSB)

Usa una banda pari alle bande base B (e non 2B) - ~~Non~~ Non va bene per segnali con componenti impari tanto attorno alla frequenza nulla \times richiederebbe filtri troppo selettivi in demodulazione. In questi casi si usa la VSB (b. laterale parz. soppressa)

» modulazione d'ampiezza in quadratura



Le portanti (sen/cos) sono sfasate di $\frac{\pi}{2}$ quindi se tutto sincronizzato (demod. coerente) non si creano disturbi

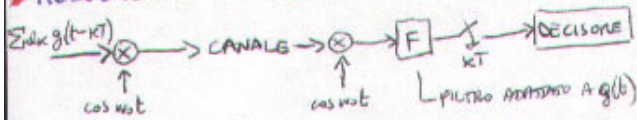
» ricezione ETERODINA

Porto il segnale modulato ad una freq. intermedia molto più bassa f_i dove amplifico e filtro più facilmente \Rightarrow la demodulo

manca la modulaz. di frequenza

TRASMISSIONE IN BANDA PASSANTE (segn. digitali)

MODULAZIONE D'AMPIEZZA

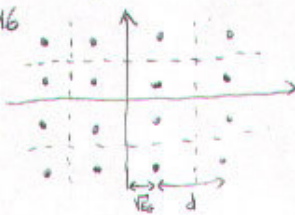


Tutto come per l'analogico -

Di importante rilevanza è modulazione d'ampiezza in quadratura:

modul. ampiezza in quadratura QAM

M=16



$$d = 2\sqrt{E_g}$$

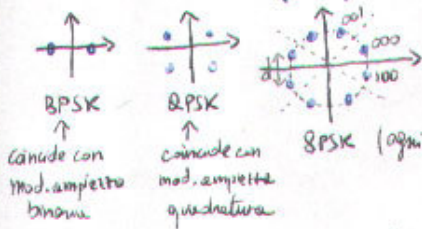
$$P(E) = 3Q\left(\frac{d}{2\sigma_n}\right) - \frac{3}{4}Q^2\left(\frac{d}{2\sigma_n}\right)$$

GENERALIZZAZIONE TRASCURVIBILE

prob. errore al simbolo

con M=4 (\Rightarrow 2 bit a simbolo) & $P_{bit}(E) = Q\left(\frac{d}{2\sigma_n}\right)$

MODULAZIONE DI FASE (PSK)



$$A \cos(\omega t + \theta_k) \quad \text{CARRIERE MODULATO}$$

8PSK (ogni punto sono $2^3=8$) 3 bit

Se confronti una NPSK con una NQAM assai che a pari potenza di picco (cioè a pari ampiezza max) ed a pari N, il crescere di N la distanza fra i punti in PSK è minore che in QAM.

La PSK va bene fino a N=8

Le vantaggi \times ampiezza costante \Rightarrow modulazione + robusta con cavi curvati