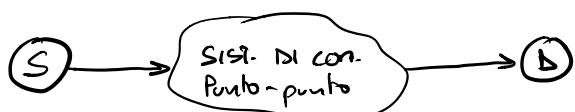


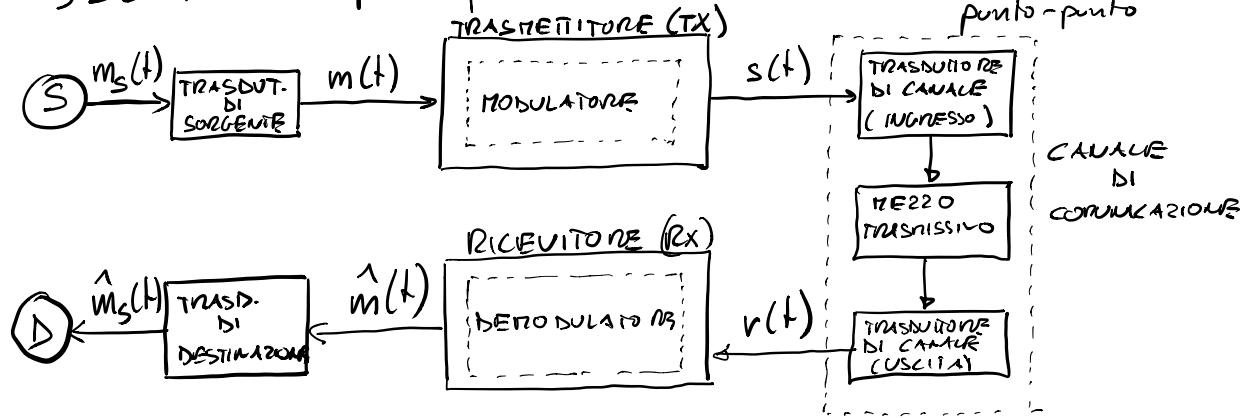
SISTEMI DI COMUNICAZIONE

.) Sistema di comunicazione : è un sistema capace di trasferire informazioni da una o più sorgenti ad un o più destinatari

.) Sistema di comunicazione punto-punto



.) Schema di principio di un sistema di comunicazione punto-punto



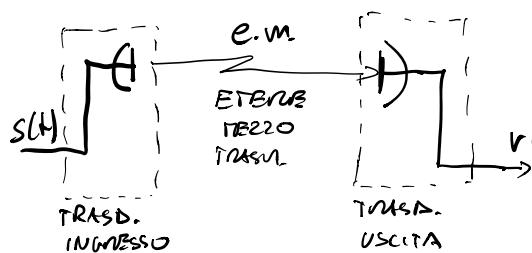
$m_s(t)$ = segnale fisico (es. la voce)

TRASD. DI SORGENTE : es. il microfono

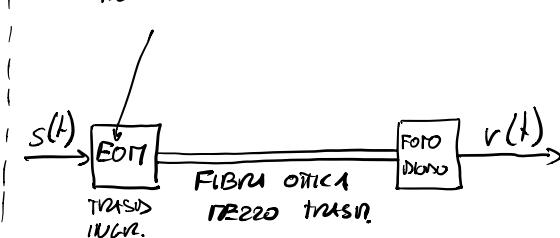
$m(t)$ = segnale trasdotto , elettrico

trasmettitore : converte il segnale elettrico $m(t)$ in un segnale idoneo al canale di comunicazione a disposizione

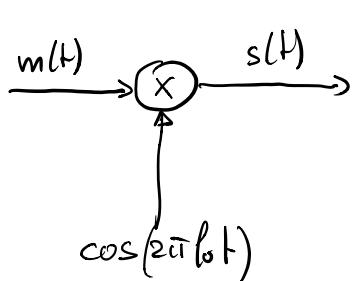
TRASDUTTORI DI CANALE : esempi



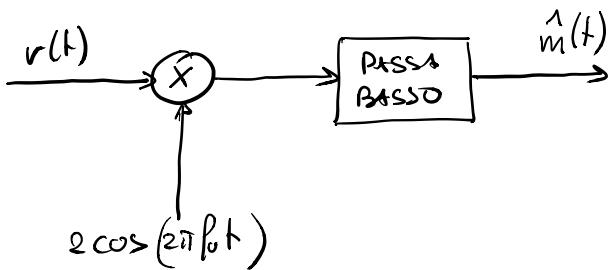
Electro Optic
Modulator



MODULAZIONE



DEMODULAZIONE



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

$r(t)$ = segnale ricevuto

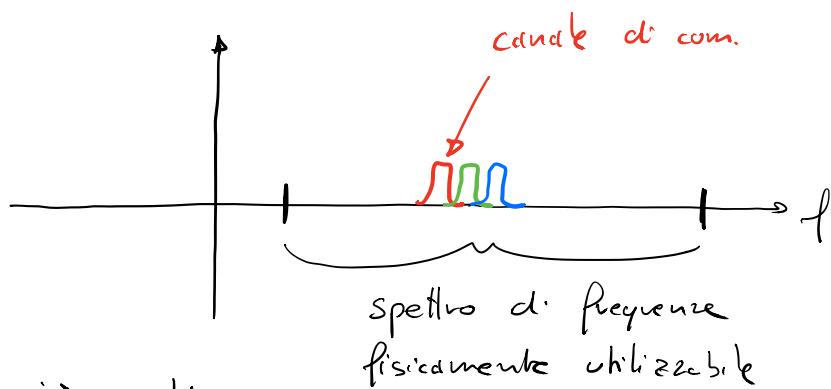
$\hat{m}(t)$ = segnale demodulato

CALCULO DI COMUNICAZIONE

) Banda del canale di comunicazione

→ limite fisico

→ limite di conoscibilità



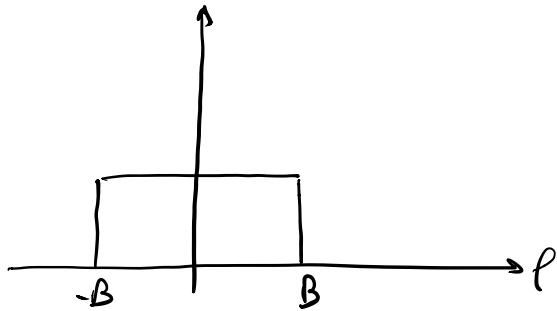
) posso allocare più canali
di comunicazione, a bande limitate,
sullo stesso mezzo trasmissivo

CONOSCIMENTO + DIVISIONE

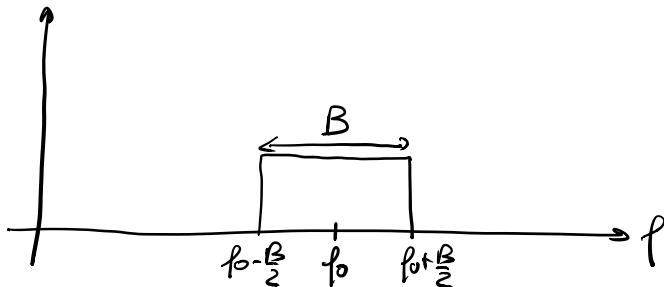
DI FREQUENZA

) In genere non considereremo il canale di comunicazione
come una porzione di spettro intorno alla freq. f_0 e di
banda B .

$f_0 = 0 \Rightarrow$ BANDA PISSA



$f_0 \neq 0 \Rightarrow$ BANDA PASSANTE



B = larghezza di banda (o banda)

f_0 = freq. centrale

CANALE DI COMUNICAZIONE

→ A BANDA LARGA

→ A BANDA SINGOLA

E' un concetto RELATIVO

BANDA LARGA $\Rightarrow f_0 \leq 2B$

BANDA SINGOLA $\Rightarrow f_0 > 2B$ ($f_0 \gg 2B$)

nella
pratica

Esempi:

→ TELEFONO : CANALE TELEFONICO SU DOPPIO

BANDA PASSANTE : 300 Hz → 4 kHz

$$B = 4000 - 300 = 3700 \text{ Hz}$$

$$f_0 = \frac{4000 + 300}{2} = 2150 \text{ Hz}$$

$$\frac{f_0}{2B} = \frac{2150}{2 \cdot 3700} < 1 \Rightarrow f_0 < 2B$$

BANDA LARGA

→ CANALE DVB-T (Digital Video Broadcast)
T = Terrestre

$$f_0 = 500 \text{ MHz}$$

$$B = 8 \text{ MHz}$$

$$\frac{f_0}{2B} \gg 1 \Rightarrow f_0 \gg 2B \quad \begin{matrix} \text{BANDA} \\ \text{STRETTA} \end{matrix}$$

→ CANALE RADIO

- È sempre un canale passa-banda
- È tipicamente un canale a banda stretta
- I trasduttori sono distinte

$$\frac{s(t)}{P} \xrightarrow{\text{e.m.}} P_T < P$$

D = dimensione dell'antenna

$$D \geq \frac{\lambda}{10}$$

λ = lunghezza d'onda

$$\lambda = \frac{c}{f_0}, \quad f_0 = \text{frequenza centrale}$$

Spettro

LF (Low - frequency)	30 - 300 kHz	↓ Decade
	1 - 10 Km	
MF (Medium - freq.)	300 - 3000 kHz	↓ Decade
	100 - 1000 m	
HF (High - freq.)	3 - 30 MHz	↓
	10 - 100 m	
VHF (Very high freq.)	30 - 300 MHz	↓
	1 - 10 m	
UHF (Ultra high freq.)	300 - 3000 MHz	↓
	10 - 100 cm	
SHF (Super High freq.)	3 - 30 GHz	μ-onde
	1 - 10 cm	

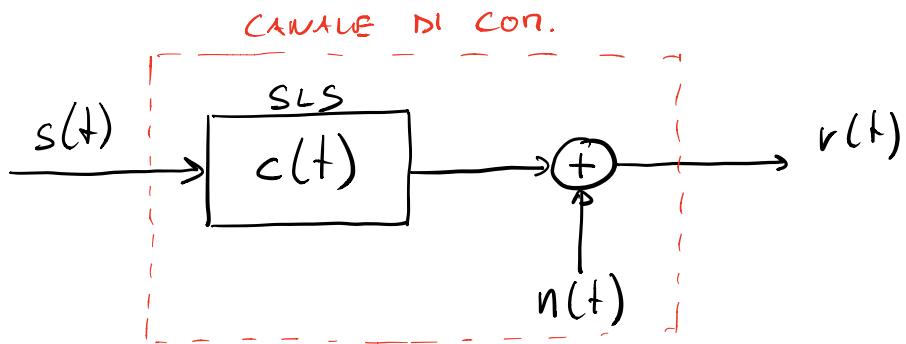
.) MODELLIZZAZIONE DEL CANALE



CANALE DI COMUNICAZIONE

.) Distorsione lineare di $s(t)$

.) Aggiungi rumore



$c(t)$ = risposta impulsiva del canale

$n(t)$ = rumore additivo (processo estetologico additivo)

$$r(t) = \underbrace{s(t) \otimes c(t)}_{\text{componente utile}} + \underbrace{n(t)}_{\text{componente di rumore}}$$

CANALE IDEALE

$$\left. \begin{array}{l} \Rightarrow c(t) = \delta(t) \\ \Rightarrow n(t) = 0 \end{array} \right\} r(t) = s(t)$$

SISTEMI DI COMUNICAZIONE

→ ANALOGICI

→ NUMERICI

→ ANALOGICO

→ $m(t)$, e quindi anche $\hat{m}(t)$ sono segnali analogici



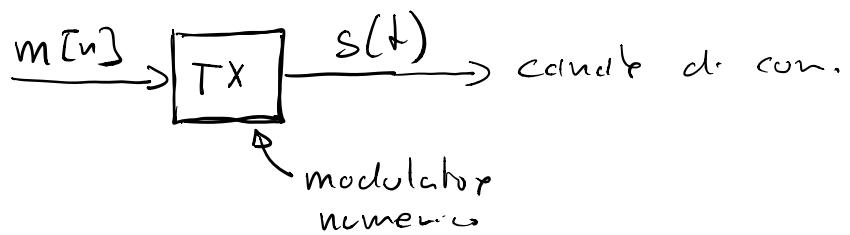
⇒ $s(t)$, $r(t)$ sono sempre analogici
(indipendentemente dalla
tipologia del sist di com.)

valoro sul supporto
fisico

→ NUMERICO

$m[n]$, $\hat{m}[n]$



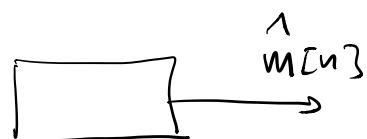
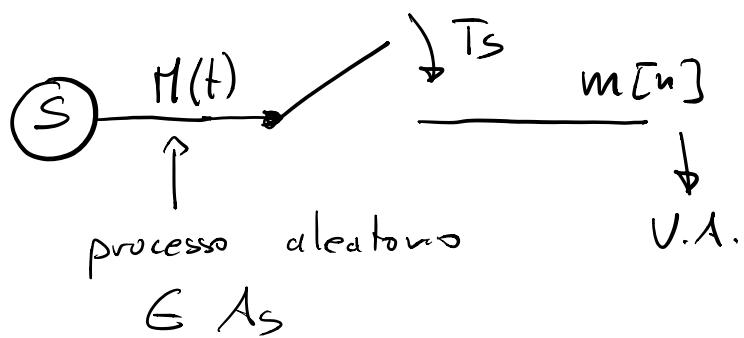


S $m[n]$
 T_S → periodo di segnalazione della
sorgente

$m[n] \Rightarrow$ simboli

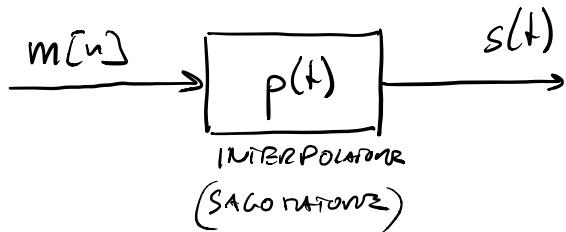
$$m[n] \in A_S = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n\}$$

$n \geq 2$



$\hat{m}[n]$ è una V.A. $\neq m[n]$

• TRASFORMAZIONE DI SEQUENZE DI V.I.
A SEGNALI ALCALTI



$$s(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} m[n] p(t - n T_s)$$

T_s delle sorgenti

R_s = tasso di erogazione delle sorgenti

$$\boxed{R_s = \frac{1}{T_s}}$$

nel caso di alfabeto binario

$$A_s = \{\alpha_0, \alpha_1\}$$

→ rappresentabili con

R_s = bit rate

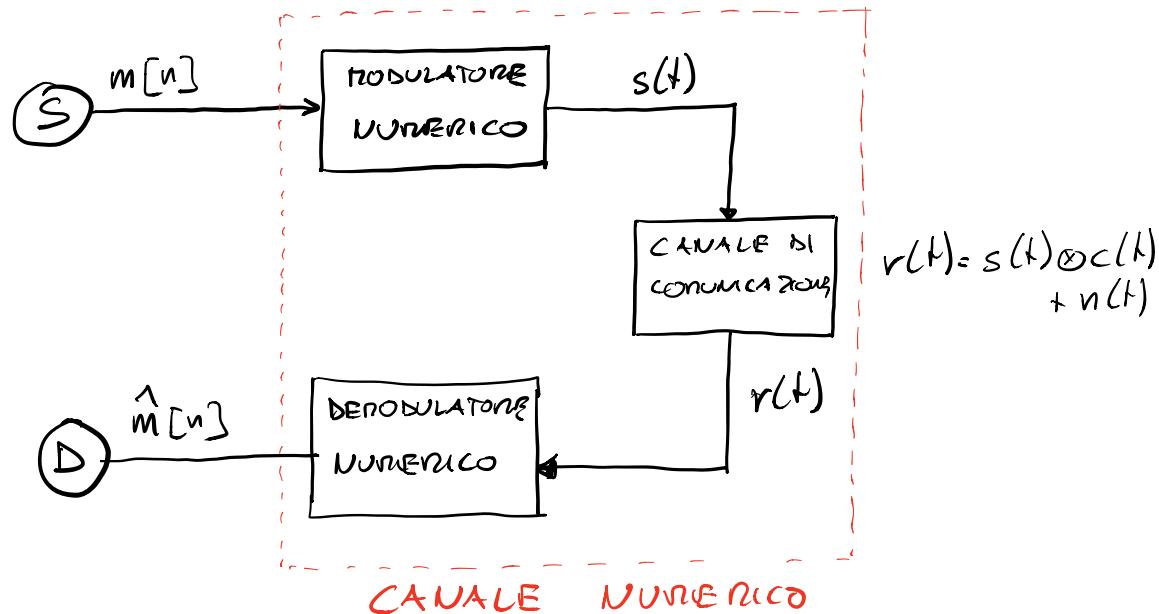
1 bit

$$T_s = T_b \Rightarrow R_s = R_b = \frac{1}{T_b}$$

$$A_s = \{\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_{n-1}\} \quad M = 2^n$$

$$\boxed{R_b = \frac{\log_2 M}{T_s}}$$

.) SCRIBA FUNZIONALITÀ DI UN SISTEMA DI COMUNICAZIONE NUMERICO



CANALE NUMERICO IDEALE:

$$\hat{m}[n] = m[n] \quad \forall n$$

\Rightarrow In pratica un canale numerico non è mai ideale

\Rightarrow PROBABILITÀ DI TRANSIZIONE

$$P\{i|j\} \triangleq P\{\hat{m}[n] = \alpha_i \mid m[n] = \alpha_j\}$$

Un canale numerico è statisticamente caratterizzato quando sono note tutte le $P\{i|j\} \quad \forall i, j$

\Rightarrow CASO binario

S	0	1
0	$P(0 0)$	$P(0 1)$
1	$P(1 0)$	$P(1 1)$

$P\{i|j\}$ in generale possono dipendere da "n"

Se $P\{i|j\}$ non dipendono da "n"
↓
canale numerico stazionario

→ CANALE IDEALE

$$\rightarrow P\{i|j\} = 0 \quad \forall i \neq j$$

$$\rightarrow P\{i|i\} = 1 \quad \forall i$$

⇒ Le $P\{i|j\}$ non dipendono solo dal canale di comunicazione, ma anche dalle coppi "n" modulatore/demodulatore.

↓
è importante progettare in modo efficace sia il modulatore che il demodulatore.

→ MISURA DELLE PRESTAZIONI DI UN SISTEMA DI COMUNICAZIONE NUMERICO

→ Probabilità di errore sul simbolo

$$P_E \stackrel{\uparrow}{=} P\{\hat{m}[n] \neq m[n]\}$$

cardinalità dell'alfabeto

Se $P_E(n)$ non dipende da "n" allora il sistema di com. numerico e' stazionario

.) QUALITY OF SERVICE (QoS)

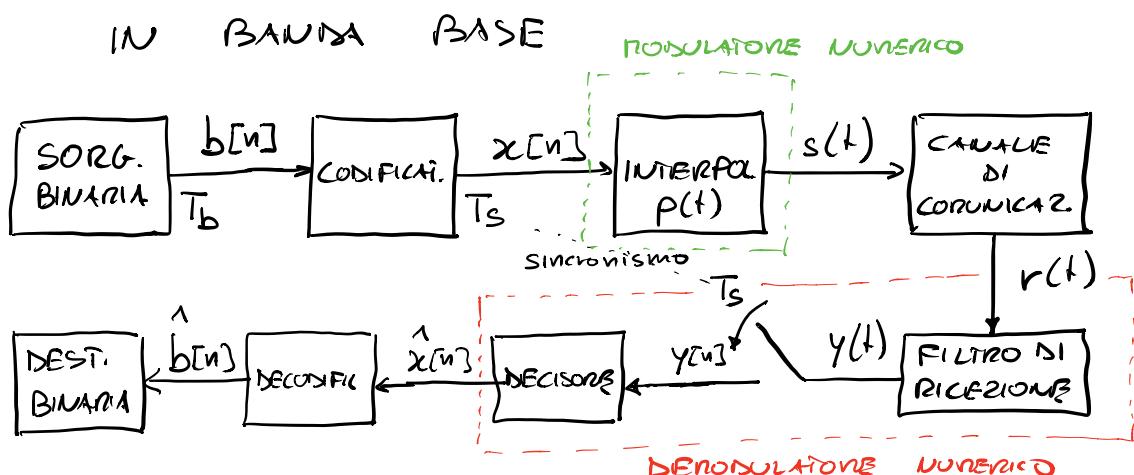
$$P_E(n) \leq P_{\max}$$

esempio

$$\rightarrow \text{voce} \Rightarrow P_{\max} \approx 10^{-3}$$

$$\rightarrow \text{dati} \Rightarrow P_{\max} = 10^{-6} / 10^{-7}$$

.) SISTEMI DI COMUNICAZIONE NUMERICI



$M = \text{card. dell'alfab. } (n = 2^k)$

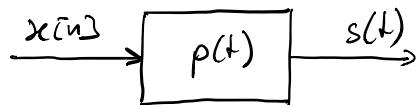
$$T_s = \log_2 M \cdot T_b$$

$$R_s = \frac{1}{\log_2 M \cdot T_b}$$

$$s(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} x[n] p(t - nT_s)$$

→ Filtro di ricezione: serve ad eliminare/ottenere
l'effetto dannoso del rumore e a bilanciare
eventuali effetti distorsivi introdotti dal canale

⇒ INTERPOLAZIONE



$p(t)$ = funzione interpolatrice



impulso segnatrice (nei sistemi di comunicazione)

$p(t)$ $\xrightarrow{\text{bande}} P(f) \Rightarrow$ Banda

$$p(t) \xrightarrow{\text{energia}} \Rightarrow E_p = \int_{-\infty}^{+\infty} p^2(t) dt = \int_{-\infty}^{+\infty} |P(f)|^2 df$$

$x[n] \Rightarrow$ V.A. $\Rightarrow s(t)$ è un processo aleatorio



stazionario

$$R_S(\gamma), S_S(f)$$

auto-correlazione

DSF

$$P_S = \int_{-\infty}^{+\infty} S_S(f) df = R_S(0)$$

E_b = energia media per bit

$$E_b = \frac{T_s P_s}{\log_2 M} = \frac{E_s}{\log_2 M}$$