

**M149 - ESAME DI STATO DI ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE**

CORSO DI ORDINAMENTO

**Indirizzo:** ELETTRONICA E TELECOMUNICAZIONI**Tema di:** TELECOMUNICAZIONI**(Testo valevole per i corsi di ordinamento e per i corsi sperimentali del Progetto “SIRIO” – Elettronica e Telecomunicazioni)**

Si vuole campionare, digitalizzare e trasmettere su linea numerica seriale un segnale in tensione che passa ciclicamente da  $-2,5$  [V] a  $+2,5$  [V] con velocità non superiore a  $2,5$  [mV/  $\mu$ s].

È richiesto un rapporto segnale/rumore di quantizzazione non inferiore a 45 [dB]; si sa, inoltre, che al segnale è sovrapposto un rumore con andamento compreso tra le tensioni di  $-8$  [mV] e  $+8$  [mV].

Il candidato, fatte le ipotesi aggiuntive che ritiene opportune:

1. proponga lo schema a blocchi del sistema di acquisizione, trasmissione e ricostruzione del segnale, illustrando la funzione e le caratteristiche principali di ciascun blocco;
2. analizzi le caratteristiche spettrali essenziali del segnale;
3. valuti la velocità, in bit al secondo, necessaria per la trasmissione sulla linea numerica;
4. esamini la possibilità di migliorare ulteriormente la fedeltà del segnale ricostruito se non è possibile aumentare la velocità di trasmissione rispetto a quanto valutato al punto precedente;
5. spieghi come sia possibile trasmettere diversi segnali distinti, con caratteristiche identiche a quelle sopra citate, usando una sola linea numerica seriale e valuti quanti se ne potrebbero inviare su un collegamento che operi alla velocità di 256 [Kbit/s];
6. illustri, infine, i vantaggi delle trasmissioni di segnali analogici per via numerica.

---

Durata massima della prova: 6 ore.

È consentito l'uso di calcolatrici tascabili non programmabili.

Non è consentito lasciare l'Istituto prima che siano trascorse 3 ore dalla dettatura del tema.

## Esame di Stato di Istituto Tecnico Industriale

Indirizzo: Elettronica e Telecomunicazioni  
Tema di Telecomunicazioni

**Prof. Giampiero Redondi, ITIS L. Galvani Milano**  
**Prof. Umberto Torelli, ITIS G.Feltrinelli Milano**

Per rispondere ai quesiti proposti è necessario sviluppare preliminarmente la seguente analisi.

Ipotizzando, per semplicità, che il segnale che passa ciclicamente da  $-2,5$  [V] a  $+2,5$  [V] sia di tipo sinusoidale  $v = V \sin \omega t$ , differenziando si può calcolare la sua velocità di variazione  $\Delta v / \Delta t = \omega V \cos \omega t$ , il cui valore massimo è uguale a  $\omega V$ .

Si ricava pertanto:  $\omega = (\Delta v / \Delta t)_{\text{Max}} / V = 2,5 * 10^{-3} / 10^{-6} * 2,5 = 1000$  [rad/s], che corrisponde ad una frequenza di circa 160 Hz.

Sapendo che il rapporto segnale rumore di quantizzazione S/N deve essere superiore a 45 [dB] risulta che :

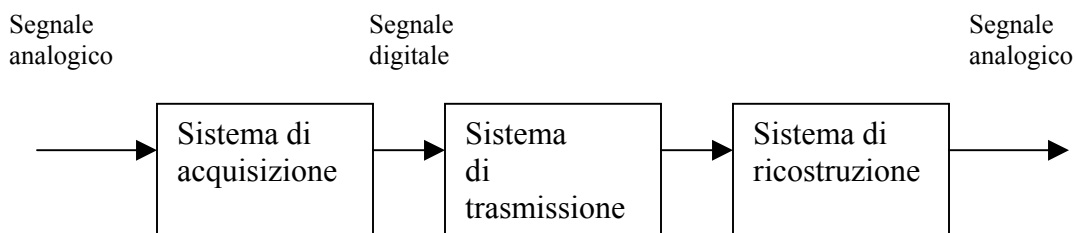
$$S/N = 6,02 * n + 1,76 \geq 45$$

da cui:  $6,02 * n \geq 45 - 1,76$   
ed  $n \geq (45 - 1,76) / 6,02 = 7,2$

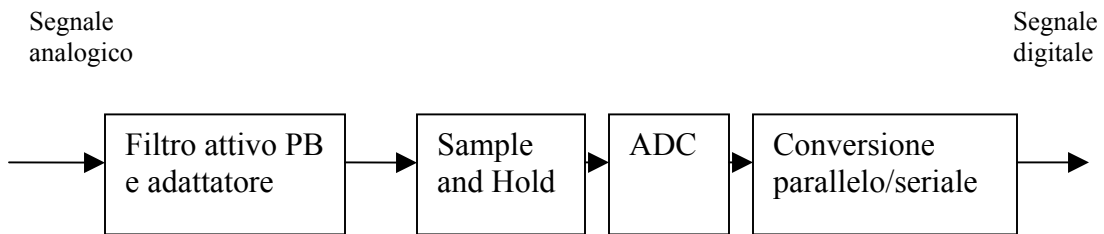
con  $n_{\text{min}} = 8$  per ridurre al minimo la velocità di trasmissione.

Il rumore, pari a  $\pm 8$  [mV], paragonato con l'errore di quantizzazione risulta ininfluente; infatti con una codifica ad 8 bit si ottengono 256 livelli quantici ed un intervallo quantico Q di  $5$  [V] /  $256 = 19,5$  [mV], maggiore di 16 [mV].

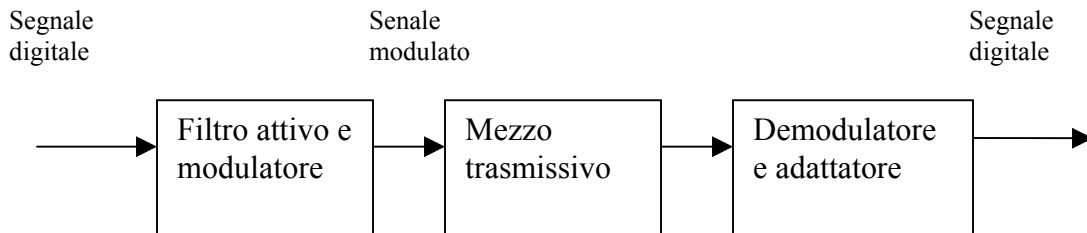
### 1. Schema a blocchi complessivo:



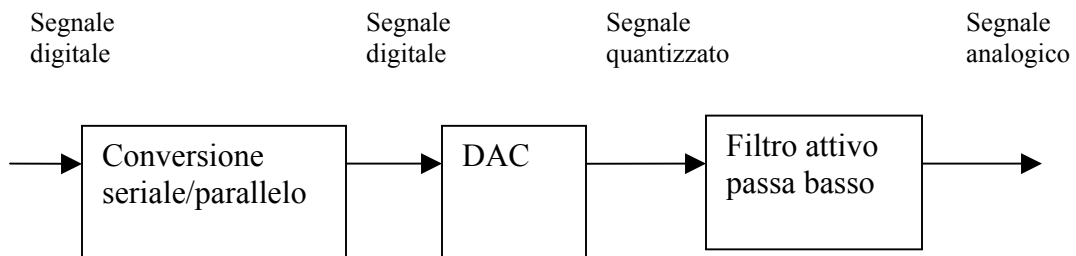
a- Sistema di acquisizione.



b- Sistema di trasmissione e ricezione.



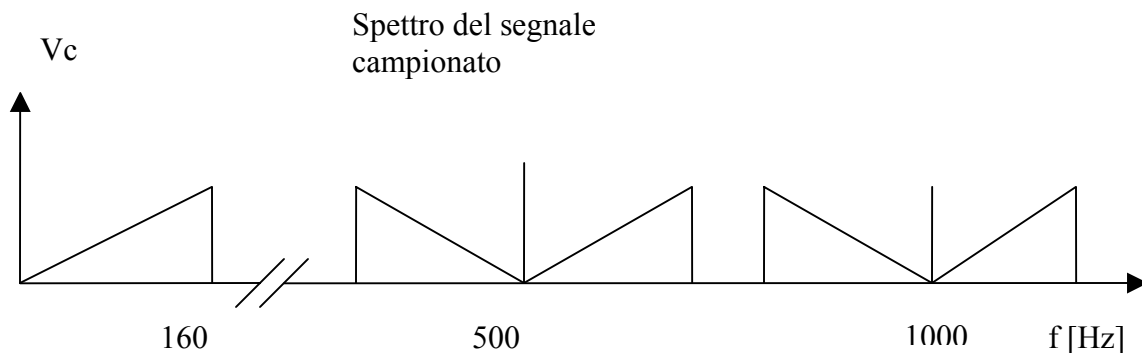
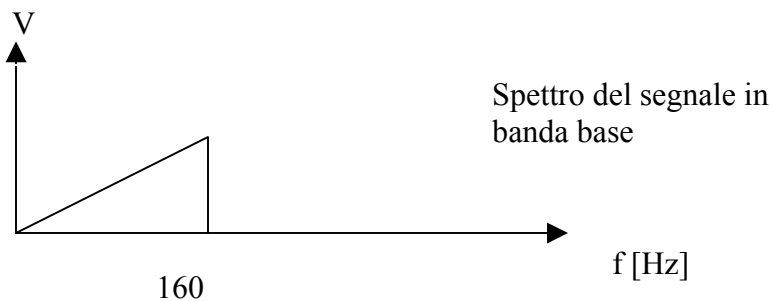
c- Sistema di ricostruzione



## 2. Spettri del segnale

L'analisi svolta inizialmente si riferiva ad un segnale sinusoidale che rappresenta la massima frequenza spettrale del segnale analogico vero e proprio, il cui spettro sarà invece continuo.

La frequenza di campionamento dovrà, per il teorema di Shannon/Nyquist, essere superiore al doppio della massima frequenza del segnale in banda base che risulta di 160 Hz. Si ipotizza una frequenza di campionamento pari a 500 Hz.



## 3. Velocità di trasmissione digitale

Avendo ipotizzato una frequenza di campionamento di 500 Hz, poichè il convertitore scelto per il requisito del rapporto segnale-rumore è a 8 bit, la velocità di trasmissione risulterà pari a  $500 * 8 = 4000$  bit/s.

## 4. Miglioramento della qualità di trasmissione

Per aumentare il rapporto segnale-rumore sarebbe necessario aumentare il numero di bit del convertitore AD. Questo comporterebbe un aumento della velocità di trasmissione non coerente con quanto richiesto dal quesito. Per mantenere inalterata la velocità di trasmissione, aumentando contemporaneamente il rapporto segnale-rumore, si può ricorrere a tecniche di compressione consistenti nel codificare, ad esempio con 12 bit, comprimendoli poi a 8.

Nel caso di codifica a 12 bit, compressa a 8, si trasmetterà sempre a 4000 bit/s, ma il rapporto segnale-rumore risulterà:

$$S/N = 6.02 * 12 + 1.76 = 74 \text{ dB}$$

In alternativa si può utilizzare un convertitore autocompresso, di tipo non lineare, caratterizzato da intervalli quantici in scala logaritmica.

La tecnica di compressione rende l'errore relativo percentuale di quantizzazione uguale per i vari livelli quantici.

### **5. Trasmissione di più segnali**

La tecnica utilizzabile è la multiplexione nel dominio del tempo.

Poiché il numero di bit/s per ogni canale è pari a 4K e la velocità disponibile è di 256 Kbit/s, risulta immediato determinare il numero di segnali trasmissibili:

$$N = 256K/4K = 64.$$

### **6. Vantaggi trasmissione digitale.**

La trasmissione digitale risente meno del rumore di trasmissione, consente la multiplexione nel dominio del tempo, l'uso delle fibre ottiche con minor attenuazione del segnale e maggiore lunghezza di tratta. I sistemi di trasmissione digitale consentono un utilizzo immediato di sistemi a calcolatore e di tutti i supporti software relativi.