

M286 - 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 del Progetto “SIRIO”)

Il candidato svolga, a sua scelta, una delle due tracce proposte.

TRACCIA N. 1

Si vuole realizzare un sistema che permetta di strutturare 20 canali informativi analogici in una trama PCM a 8 bit, prevedendo anche l’inserzione di un canale di sincronismo ed uno di servizio.

Le caratteristiche dei segnali in banda base sono:

- Larghezza di banda $BW = 0 \div 18$ kHz
- Range di tensione compreso tra 2,18 mV e 1,0547 V
- Livelli assoluti di tensione coincidenti con i livelli assoluti di potenza.

Il candidato, formulate le eventuali ipotesi aggiuntive:

1. determini la dinamica del segnale in banda base;
2. individui il numero “n” di bit necessari per ottenere un rapporto $(S/N)_{dB}$ di almeno 20 dB per i livelli più bassi della dinamica;
3. illustri un metodo, nel caso in cui risulti $n > 8$, che permetta la compressione da “n” bit a 8 bit;
4. calcoli la velocità di trasmissione della trama;
5. disegni lo schema a blocchi del sistema, descrivendo la funzione di ciascun blocco;
6. indichi un metodo di trasmissione ed il sistema che lo realizza, nel caso in cui si desideri trasmettere la trama PCM ad una stazione posta alla distanza di 20 km, motivando le scelte effettuate e descrivendo, in dettaglio, il tipo di modulazione che si intende utilizzare.

Soluzione traccia N. 1
(a cura del prof. Onelio Bertazioli)

Per la trattazione dettagliata delle tematiche inerenti il tema d'esame si rimanda al libro di testo

Onelio Bertazioli
Telecomunicazioni voll. A e B (2ª edizione)
Zanichelli

1. La dinamica (D) del segnale in banda base è data dalla differenza, espressa in dB, tra livello massimo e livello minimo assunto dal segnale (vedi vol. A pag 73). Essa è quindi calcolabile come:

$$D = L_{v \max} - L_{v \min} = 20 \log_{10} \left(\frac{(1,0547/\sqrt{2})}{V_{rif}} \right) - 20 \log_{10} \left(\frac{(0,00218/\sqrt{2})}{V_{rif}} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{1,0547}{0,00218} \right) \cong 53,7 \text{ dB}$$

2. Per i livelli bassi della dinamica si deve utilizzare un passo di quantizzazione uguale sia nel caso di quantizzazione uniforme sia nel caso di quantizzazione non uniforme (vedi vol. B Unità 14 par. 14.2.4). Per determinare in modo semplice i valori efficaci dei segnali in banda base, supponiamo poi di effettuare i calcoli considerando singole componenti sinusoidali.

E' quindi possibile fare il calcolo del numero di bit "n" supponendo di operare con quantizzazione uniforme e segnali sinusoidali.

In questo caso si può dimostrare che la potenza del rumore (o errore) di quantizzazione, calcolata su una $R=1 \Omega$ (resistenza normalizzata), è pari a : $N=q^2/12$, dove q è l'ampiezza del quanto uniforme.

Sapendo che ai livelli bassi della dinamica si deve avere almeno $(S/N)_{dB}=20$ è quindi possibile calcolare la minima potenza di segnale, S_{\min} , ammessa (sempre su una $R=1 \Omega$) e quindi quale deve essere la minima ampiezza del quanto q:

$$S_{\min} = \frac{(V_{\min}/\sqrt{2})^2}{1} ; \left(\frac{S_{\min}}{N} \right)_{dB} = 10 \log_{10} \frac{(V_{\min}/\sqrt{2})^2}{q^2/12} = 20 ; 20 = 10 \log_{10} \frac{(0,00218/\sqrt{2})^2}{q^2/12}$$

$$10^{20/10} = \frac{(0,00218/\sqrt{2})^2}{q^2/12} ; q^2 = \frac{12(0,00218/\sqrt{2})^2}{100} ; q = \sqrt{\frac{12(0,00218/\sqrt{2})^2}{100}} = 0,000534$$

L'ampiezza massima ammessa (valore di picco) è legata al passo di quantizzazione dalla seguente relazione [per la semionda positiva i quanti sono numerati da 0 a $(2^n-1)/2$]:

$$V_{p \max} = \frac{q(2^n - 1)}{2}$$

sostituendo è quindi possibile calcolare il numero di bit "n" necessari per avere ai livelli bassi di segnale l'S/N specificato:

$$1,0547 = \frac{0,000534(2^n - 1)}{2} \quad 2^n = \frac{1,0547 \cdot 2}{0,000534} + 1 = 3951 \rightarrow n = 12$$

sono quindi necessari almeno **n=12 bit/campione** per la codifica (si assume il valore intero più vicino $2^{12}=4096$).

Esistono anche formule che danno direttamente il legame tra “n” e $(S/N)_{dB}$ ai livelli più bassi della dinamica (D), come la seguente:

$$(S/N)_{dB}=1,8+6n-D \rightarrow n=(20+53,7-1,8)/6 \approx 12$$

3. Per passare da 12 bit/campione a 8 bit/campione è possibile utilizzare un compressore PCM con legge A (vedi Unità 14 par 14.2.4).
4. Il segnale in banda base ha una frequenza massima di 18 kHz. Si può quindi supporre che si tratti di un segnale audio ad alta qualità (tipo CD). La frequenza di campionamento deve quindi essere maggiore di 36 kHz.

Per semplicità di calcolo assumiamo una $f_c=40$ kHz (si potrebbe anche prendere la frequenza di campionamento usata per la digitalizzazione dei segnali musicali, CD, che è pari a 44,1 kHz).

Determinata la frequenza di campionamento è così possibile calcolare il bit rate che viene originato dalla digitalizzazione (con compressione) di un segnale:

$$R_s=f_c \cdot n=40000 \cdot 8=320 \text{ kbit/s}$$

In totale vi sono 22 canali multiplexati per cui il bit rate totale, cioè la velocità di trasmissione, risulta pari a

$$R_{\text{stot.}}=320000 \cdot 22=7,04 \text{ Mbit/s.}$$

Il calcolo poteva anche essere fatto determinando il tempo di trama, la durata di un timeslot (TS) e la durata di un bit:

$$\Delta t_{\text{trama}}=1/f_c=25 \mu\text{s}; \text{TS}=\Delta t_{\text{trama}}/22=1,136 \mu\text{s}; t_{\text{bit}}=\text{TS}/8=0,142 \mu\text{s}; \\ V_{\text{TX}}=R_{\text{stot}}=1/t_{\text{bit}}=7,04 \text{ Mbit/s}$$

5. Il sistema può essere visto come costituito da 20 CODEC con le caratteristiche di f_c e R_s sopra determinate (per lo schema e la sua descrizione si veda la fig. 14.3 di pag 417) le cui uscite sono prelevate da un multiplexatore TDM il cui schema equivalente è riportato nella figura 15.1 a pag. 437. Oltre ai CODEC il multiplexatore deve avere l'ingresso per il canale di servizio e deve inserire i bit per la sincronizzazione (o allineamento).
6. Vista la distanza si potrebbe pensare di utilizzare un ponte radio digitale¹ che opera con una modulazione QAM, per esempio con una 64 QAM. In questo caso si ha una velocità di modulazione pari a $V_m=R_s/\log_2 64=1,173$ Msimboli/s (o MBaud), per cui è necessaria una banda di almeno 1,2 MHz (per la QAM è necessaria una banda di valore almeno uguale alla velocità di modulazione, vedi Unità 8 pag. 195).
Per la descrizione della modulazione QAM e dei ponti radio si veda l'Unità 8. In alternativa si potrebbe utilizzare come mezzo trasmissivo una coppia di doppi (TX; RX) che operano in banda base con codice HDB3 (si veda l'Unità 7). In questo caso, però, vista la velocità di trasmissione piuttosto elevata si dovrebbe prevedere la rigenerazione intermedia su distanze di qualche km. Si potrebbe anche pensare di utilizzare una fibra ottica, con trasmissione in banda base con codice mB-nB (Unità 7), anche se i costi sarebbero più alti.

¹ Per le frequenze utilizzabili dai ponti radio digitali si consulti il sito www.comunicazioni.it ricercando il Nuovo Piano Nazionale di Ripartizione delle Frequenze.