



Autore: Francesco Marino
<http://www.francescomarino.net>
info@francescomarino.net

Esame di Stato (3)

ESAME DI STATO DI ISTITUTO PROFESSIONALE A.S. 2000/2001

Indirizzo: TECNICO DELLE INDUSTRIE ELETTRONICHE

Tema di: ELETTRONICA, TELECOMUNICAZIONI E APPLICAZIONI

Il candidato, formulando di volta in volta tutte le ipotesi aggiuntive che ritiene necessarie, risolva almeno due degli esercizi proposti.

Esercizio 1

La modulazione ad impulsi codificati riveste una particolare importanza nel campo della telefonia digitale. Il candidato, dopo aver illustrato sinteticamente i principali vantaggi dei sistemi digitali di comunicazione rispetto a quelli analogici:

1. illustri lo schema a blocchi di un codificatore/decodificatore PCM (CODEC), spiegando la funzione di ciascun blocco;
2. descriva, come esempio, l'impiego del CODEC nella realizzazione di un sistema TDM/PCM a 4 canali fonici;
3. determini, per un segnale PCM ottenuto campionando ogni 125 μ s un segnale analogico quantizzato su 128 livelli:
 - il numero di bit trasmessi per campione;
 - la velocità di trasmissione;
 - la frequenza più elevata consentita nello spettro del segnale analogico;
 - la banda passante minima richiesta al canale per la trasmissione del segnale PCM.

Esercizio 2

Si desidera effettuare una esperienza didattica di laboratorio per visualizzare su un oscilloscopio il campionamento di un segnale sinusoidale di frequenza 1500 Hz e di ampiezza 1 Vpp. A tale scopo, si impieghi:

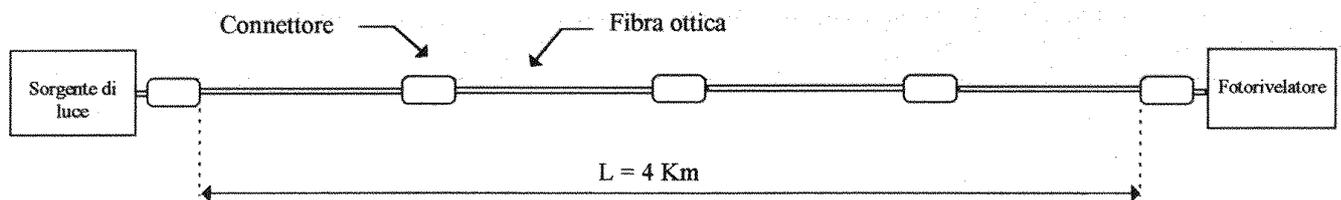
- un circuito Sample & Hold che, con un condensatore da 1 μ F, presenta un tempo di acquisizione $t_{ACQ} = 40$ ms;
- un generatore di impulsi per il comando dell'apertura e della chiusura dell'interruttore analogico del Sample & Hold.

Si tenga presente che il segnale campionato dovrà essere applicato, in una successiva esperienza, ad un convertitore analogico-digitale con tempo di conversione $t_{\text{CONV}} = 100 \mu\text{s}$.

Il candidato:

1. proponga uno schema circuitale per il dispositivo di campionamento, descrivendone il principio di funzionamento;
2. scelga valori appropriati di frequenza e di ciclo utile per il segnale di comando dell'interruttore analogico del circuito Sample & Hold;
3. illustri il criterio di dimensionamento degli elementi circuitali che costituiscono il generatore di impulsi.

Esercizio 3



Un collegamento in fibra ottica, realizzato secondo lo schema in figura, è caratterizzato dai seguenti dati:

- potenza prodotta dalla sorgente: $P_O = 0,5 \text{ W}$
- lunghezza d'onda della radiazione: $\lambda = 0,82 \mu\text{m}$
- attenuazione della fibra: $A_F = 2 \text{ dB/km}$
- attenuazione dei connettori: $A_C = 2 \text{ dB}$
- attenuazione trasmettitore-fibra: $A_{TF} = 15,6 \text{ dB}$
- attenuazione fibra-ricevitore: $A_{FR} = 0,4 \text{ dB}$
- responsività del fotorivelatore: $R = 0,65 \mu\text{A}/\mu\text{W}$

Il candidato, dopo aver illustrato sinteticamente i vantaggi dell'uso delle fibre ottiche nella trasmissione dei segnali:

1. calcoli l'attenuazione complessiva lungo tutta la linea;
2. calcoli la potenza che giunge al fotorivelatore, espressa in μW e in dB_m ;
3. calcoli la corrente all'uscita del fotorivelatore espressa in μA ;
4. proponga ed illustri una configurazione circuitale di principio per il blocco fotorivelatore.

SOLUZIONE

Esercizio 1

I vantaggi dei sistemi digitali di comunicazione rispetto a quelli analogici possono essere così riassunti:

- uniformità dell'informazione con conseguente possibilità di utilizzare un'unica rete integrata nei servizi per dati e audio-video;
- immunità a distorsione e rumore;
- assenza di interferenza tra canali in caso di multiplazione;
- uso di circuiteria integrata;
- gestione della commutazione mediante elaboratore;
- possibilità di criptare l'informazione in modo sicuro e senza perdita di qualità;
- possibilità di utilizzare le altissime capacità trasmissive raggiunte nei sistemi a fibra ottica.

Punto 1

Il CODEC rappresenta l'interfaccia tra la linea analogica a dell'utente e la linea numerica utilizzata dal lato rete di giunzione. Tale dispositivo, il cui schema è rappresentato in figura 1, necessita di una forchetta telefonica che realizzi il passaggio da due a quattro fili, facendo in modo che il segnale proveniente dalla linea U raggiunga la linea T e che il segnale proveniente dalla linea R raggiunga la linea U senza propagarsi in T. Lo schema a blocchi del CODEC comprende i seguenti blocchi funzionali:

1. codificatore PCM, a sua volta composto dai seguenti dispositivi:
 - filtro passa-basso antialea, con frequenza di taglio intorno ai 3,5 kHz: ha la funzione di eliminare le componenti di frequenza superiore a 3400 Hz evitando così il non rispetto della condizione di Shannon e la conseguente apparizione di componenti fantasma nei segnali riconvertiti in analogico (aliasing);
 - circuito sample and hold (S/H): ha la funzione di campionare e mantenere i segnali da convertire, in modo tale da fornire un valore costante all'ingresso del convertitore A/D per tutta la durata della conversione; è temporizzato da un clock con frequenza pari a 8 kHz (frequenza di campionamento);
 - convertitore analogico-digitale (ADC) a 12 bit con quantizzazione lineare: ha la funzione di associare al valore di ciascun campione una corrispondente sequenza binaria di 12 bit;
 - compressore numerico per l'ottenimento di un codice PCM a 8 bit con quantizzazione logaritmica;
 - registro PISO (Parallel Input Serial Output) per la serializzazione (presentazione su un'unica linea) dell'uscita del compressore.

2. decodificatore PCM, a sua volta composto dai seguenti dispositivi:

- registro SIPO (Serial Input Parallel Output) per la parallelizzazione su 8 linee del segnale seriale presente al suo ingresso;
- decompressore numerico per l'ottenimento di un codice PCM a 12 bit con quantizzazione lineare;
- convertitore digitale-analogico (DAC) a 12 bit: ha la funzione di associare a ciascuna sequenza di 12 bit un corrispondente livello di tensione;
- filtro di smoothing, con frequenza di taglio intorno ai 3,5 kHz: ha la funzione di eliminare dal segnale la scalettatura derivante dal processo di conversione D/A.

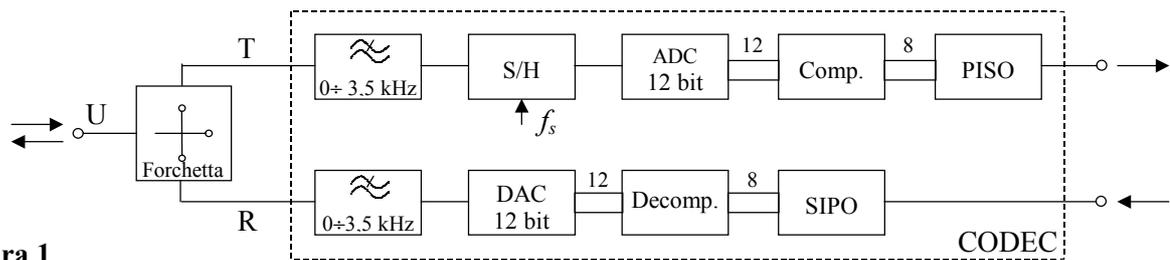


Figura 1

Punto 2

Per la realizzazione di un sistema TDM/PCM a 4 canali fonici (figura 2) è necessario utilizzare, da ciascun lato della trasmissione, 4 CODEC (comprensivi di forchetta telefonica), un moltiplicatore (MUX) a 4 ingressi per trasmettere e un demoltiplicatore (DEMUX) a 4 uscite per ricevere. Il MUX provvede a inserire nella trama TDM una parola di allineamento, utilizzata dal DEMUX per la corretta interpretazione del contenuto del multiplo TDM.

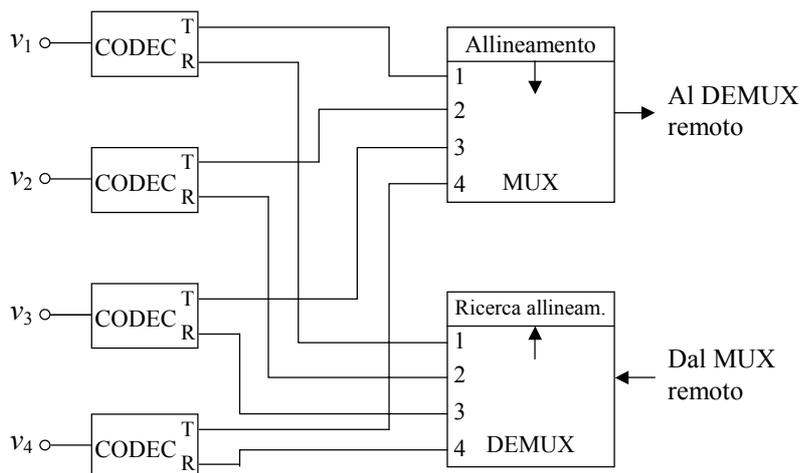


Figura 2

Punto 3

Poiché il segnale è quantizzato su 128 livelli, ad ogni campione sono associati $n = 7$ bit ($2^7 = 128$). La velocità di trasmissione f_k si ottiene dal prodotto tra la frequenza di campionamento $f_s = \frac{1}{125 \cdot 10^{-6}} = 8000$ Hz e il numero di bit per campione n : $f_k = 8000 \cdot 7 = 56000$ bit/s. La frequenza più alta f_M consentita in linea teorica nello spettro del segnale analogico è pari alla metà della frequenza di campionamento: $f_M = \frac{8000}{2} = 4000$ Hz (se fosse infatti presente nel segnale analogico una componente a frequenza maggiore di 4000 Hz campionando a 8000 Hz non sarebbe rispettata la condizione di Shannon). Il punto in cui è richiesto il calcolo della banda passante minima richiesta al canale può essere interpretato in due modi:

1. Si presume di voler trasmettere il segnale in formato binario NRZ; in questo caso, ipotizzando che il segnale attraversi un formatore che ne determina uno spettro a coseno rialzato con fattore di roll-off pari a 0,5, la banda occupata dal segnale, ovvero la banda passante minima richiesta al canale, si estende dalla continua fino alla frequenza $f_b = \frac{3}{4} f_k = 42$ kHz;
2. Si vuole determinare il limite teorico della banda passante del canale sulla base della formula di Shannon (presumendo di utilizzare una segnalazione a più di due stati per la trasmissione del segnale numerico); in questo caso si deve ipotizzare che il canale abbia un comportamento ideale con rumore gaussiano e si deve attribuire un valore al rapporto segnale/rumore, non specificato nella traccia; con un valore $S/N(\text{dB}) = 30$ dB (tipico di canali telefonici), pari a 1000 in unità non naturali, si ottiene

$$BW = \frac{f_k}{\log_2(S/N + 1)} = \frac{56000}{\log_2(1000 + 1)} = 5618 \text{ Hz}$$

Esercizio 3

I vantaggi nell'uso delle fibre ottiche nella trasmissione di segnali numerici possono essere così riassunti:

- la capacità trasmissiva, dell'ordine dei 10 - 100 Gbit/s nei casi migliori, è di uno o due ordini di grandezza maggiore rispetto ai sistemi su cavo metallico o ponte radio;
- a causa dei bassi valori di attenuazione raggiunti, il passo dei ripetitori, dell'ordine dei 100 km (1000 km con amplificatori ottici a fibra attiva), è sensibilmente maggiore rispetto ai sistemi su cavo metallico o ponte radio;
- la trasmissione ottica è totalmente immune da interferenze elettromagnetiche sia naturali (fulmini, rumore solare, ecc) sia industriali (linee di alta tensione, trasformatori, ecc);
- Il fenomeno della diafonia è trascurabile e di conseguenza un cavo ottico può riunire un numero molto alto di fibre (fino a qualche migliaia);
- risulta impossibile intercettare una comunicazione senza accedere fisicamente alla fibra, cosa che de-

termina un decadimento nelle prestazioni che viene immediatamente rivelato;

- le fibre hanno dimensioni e peso ridotti rispetto ai cavi metallici e resistono alle alte temperature e alle aggressione chimiche dell'ambiente;
- le fibre sono un mezzo di trasmissione sicuro negli ambienti infiammabili dato che, a differenza dei cavi metallici, non possono produrre scintille.

Punto 1

L'attenuazione complessiva in decibel si ottiene sommando le attenuazioni parziali, tenendo conto della presenza di 3 connettori (attenuazione di 6 dB) e dell'attenuazione della fibra, pari a $A_F \cdot 4 = 8$ dB:

$$A(\text{dB}) = 6 + 8 + 15,6 + 0,4 = 30 \text{ dB}$$

Punto 2

L'attenuazione di potenza in unità naturali è pari a

$$A = 10^{\frac{30}{10}} = 1000$$

e pertanto la potenza che giunge al fotorivelatore è pari a $P_F = \frac{P_0}{1000} = 500 \mu\text{W}$, ovvero $-3,01 \text{ dB}_m$ (avendo

utilizzato la relazione $P(\text{dB}_m) = 10 \log \frac{P}{P_0}$ con $P_0 = 1 \text{ mW}$).

Punto 3

La corrente all'uscita del fotorivelatore è pari al prodotto tra la sua responsività e la potenza giunta al trasduttore:

$$I = R \cdot P_F = 325 \mu\text{A}$$

Punto 4

Il blocco fotorivelatore deve essere in grado di produrre un livello alto di tensione, che assumeremo pari a 5 V, in presenza di impulso di luce e un livello zero in assenza di luce. A tal fine è sufficiente che la corrente di uscita del fotorivelatore, che può essere per esempio un diodo PIN, attraversi una resistenza $R_F = 15,4 \text{ k}\Omega$ (figura 3).

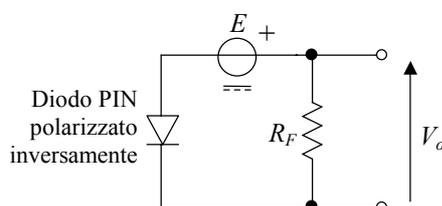


Figura 3