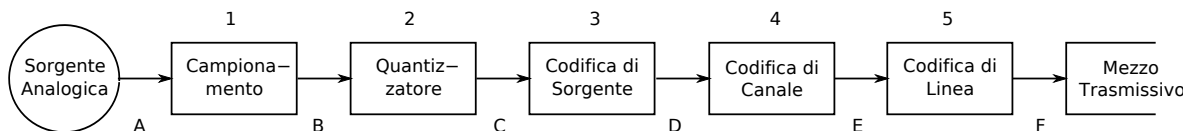


Prova di esame di Teoria dei Segnali II modulo

Prima Parte

Candidato: _____

1. Identificare le condizioni che la risposta in frequenza $H(f)$ di un sistema fisico deve rispettare, affinché i segnali che lo attraversano *NON* subiscano fenomeni di distorsione lineare. Nel caso in cui viceversa questi si verificano, indicarne le conseguenze e le eventuali contromisure nei casi di
 - a) segnali analogici di banda base
 - b) segnali numerici di banda base
 - c) segnali modulati
2. Discutere gli scopi ed i principi di funzionamento delle tecniche di moltiplicazione a divisione di frequenza e di tempo
3. La figura che segue rappresenta una sequenza di 5 operazioni che a partire da un segnale tempo-continuo al punto A ne genera un'altro al punto F.
 - a) illustrare le funzioni dei diversi elementi, i suoi parametri caratteristici, il tipo di segnale in ingresso ed in uscita, e la rispettiva banda o velocità
 - b) indicare in quale punto può essere collocato il confine di canale numerico
 - c) approfondire il funzionamento del codificatore di linea, descrivendo almeno una delle alternative di progetto relative alla riduzione di
 - i. banda occupata
 - ii. interferenze tra simboli
 - iii. tasso di errore



Svolgimento della prova del 20/11/2009

1) Deve risultare $|H(f)| = H_0$ (costante) e $\arg\{H(f)\} = \alpha \cdot f$ (fase lineare)
 a cui corrisponde una risposta impulsiva $h(t) = H_0 \delta(t - \tau)$ con $\tau = \frac{\alpha}{2\pi}$

Infatti, in tal caso $H(f) = \mathcal{F}\{h(t)\} = H_0 e^{-j2\pi f \tau} = H_0 e^{j\alpha f}$.

In caso contrario:

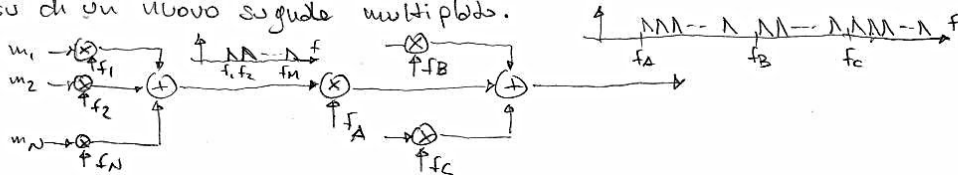
a) lo spettro di densità (di energia, o potenza, o ampiezza) si deforma, dalle due componenti energetiche risultano esaltate o attenuate rispetto all'originale. Nel caso di segnali audio, le alterazioni dello spettro di fase non sono percettivamente rilevabili - la contromisura consiste in un

b) procedimento di equalizzazione, ovvero l'attraversamento di un filtro con risposta in frequenza $G(f) = \frac{1}{H(f)}$

b) Un segnale numerico $x(t) = \sum_n a_n g(t - nT_s)$ può subire fenomeni di interferenza intersimbolica, in quanto l'impulso elementare risultante $g'(t) = g(t) * h(t)$ può perdere le caratteristiche di Nyquist, come ad esempio nel caso di impulsi a durata limitata, la cui durata si accresce della estensione temporale di $h(t)$, invadendo l'intervallo temporale riservato invece al simbolo seguente. Oltre all'equalizzazione, un'altra contromisura consiste nell'adozione di un periodo di simbolo di durata sufficientemente maggiore di quello di $h(t)$.

c) Nel caso di segnali modulati, il fenomeno di distorsione lineare si differenzia a seconda se la componente a frequenze positive di $H(f)$ sia o meno simmetrica coniugata rispetto alla portante di modulazione f_0 , ovvero equivalentemente, il suo inviluppo complesso (valutato rispetto f_0) sia reale o meno. Infatti risulta $y(t) = \frac{1}{2} x(t) * h(t)$ e, nel caso $h(t)$ sia complesso, insorge il fenomeno di intermodulazione tra componenti analogiche di bassa frequenza, che non può essere contrastato ricorrendo ad una equalizzazione in bassa frequenza, ma solo a radiofrequenza.

2) Le tecniche di multiplexing hanno lo scopo di rendere possibile l'uso contemporaneo di uno stesso mezzo trasmissivo da parte di più di una comunicazione. La tecnica a divisione di frequenza opera modulando ogni comunicazione su di una diversa frequenza portante, e può essere realizzata in forma gerarchica se, dopo aver sommato tra loro le diverse portanti modulate, il risultato viene nuovamente modulato su di un nuovo segnale multiplex.



(1)

La moltiplicazione e divisione di frequenza viene altresì adottata nei sistemi di trasmissione broadcast, in cui diverse emittenti trasmettono occupando ognuna un diverso canale in diretta relazione alle frequenze portanti utilizzate. Infine, è una delle tecniche adottate nei sistemi di accesso come ad esempio la telefonia cellulare o i sistemi WiFi.

La moltiplicazione e divisione di tempo si applica invece al caso di trasmissioni numeriche, per le quali il contenuto informativo è rappresentabile da una sequenza di cifre binarie e consiste essenzialmente nel trasmettere in modo alternato i bit provenienti da più tributari, ad una velocità maggiore della somma delle velocità. L'alternanza tra le diverse sorgenti può avvenire in forma deterministica, come nel caso dell'adozione di una struttura di trama, oppure in forma statistica, come nel caso delle trasmissioni a pacchetto. Le differenze tra i due casi determinano sostanziali differenze per ciò che riguarda la rete (commutazione, altro versamento, instradamento), oltre che l'approccio alla sincronizzazione (plesiocrono o sincrono), ma in tutti i casi può essere realizzata una gerarchia di segnali multiplexati a velocità sempre maggiori.

- 3) a) -1 L'operazione di campionamento opera su di un segnale $x(t)$ limitato in banda $\pm W$ determinando i suoi valori $x(t_k)$ valutati ad istanti multipli del periodo di campionamento $T \leq \frac{1}{2W}$, che ne rappresenta quindi il suo parametro. L'uscita quindi, è di tipo tempo-discreto, a valori continui, prodotti a frequenza $f_c = \frac{1}{T} \geq 2W$.
- 2 Per ogni valore campionato, il quantizzatore emette un gruppo di M bit che ne codificano il valore in accordo ad una tabella di corrispondenza che può essere di tipo lineare o meno (come nel caso ad es del PCM legge A o legge μ). Il parametro è il numero di bit/campione M , ed in uscita osserviamo una frequenza binaria $f_b = M \cdot f_c$.
- 3 La codifica di sorgente ha lo scopo di rimuovere la ridondanza informativa presente nel segnale, e può essere con perdite o senza, a seconda se non sia possibile (oppure lo sia) ricostruire esattamente il segnale originario a partire dalla sua forma codificata. Trascurando il caso di perdite di informazione, l'operazione di compressione tipicamente avviene adottando un numero variabile di bit di uscita, per blocchi di bit di dimensione fissa in ingresso. Pertanto, il parametro caratteristico è un rapporto, (es. 3:1) che esprime quanti bit entrano per ognuno che esce, e quindi anche la nuova velocità binaria di uscita.
- 4 La codifica di canale svolge un ruolo in qualche modo opposto al precedente, aggiungendo altri bit a quelli in ingresso in modo da creare una dipendenza tra gli stessi, rendendo quindi possibile

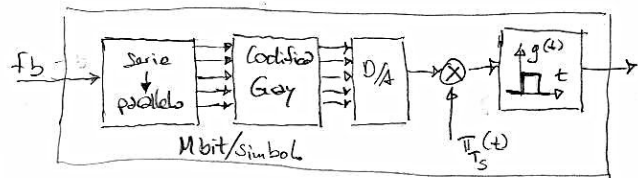
(2)

al ricevitore di rilevare e correggere gli errori introdotti dal canale. Anche qui il parametro caratteristico è il rapporto tra la velocità binaria in ingresso e quella in uscita

-5 il codificatore di linea ha il compito di produrre un segnale analogico, idoneo quindi ad essere trasmesso su di un mezzo fisico, a partire da una sequenza numerica, simbolica o binaria. Come vedremo più avanti, i suoi parametri sono di diversa natura, da cui in definitiva dipende la banda del segnale di uscita.

b) Il confine del codice numerico può essere colto col f_b il codificatore di canale ed il codificatore di linea -

c) Il codificatore di linea può essere analizzato in accordo alla figura, i cui M bit di ingresso sono raggruppati



per produrre un unico simbolo con uno tra $L=2^M$ possibili valori, ad una frequenza di simbolo $f_s = \frac{f_b}{M}$. Il codificatore di Gray è un elemento opzionale, ed opera come una tabella di corrispondenza tra le possibili configurazioni degli M bit di ingresso e gli M bit di uscita, e permette di ridurre ad 1 il numero dei bit errati per ogni simbolo per cui si è verificato un errore. Il convertitore D/A produce un valore continuo che corrisponde al numero rappresentato dagli M bit in ingresso, e che determina l'area di uno degli impulsi ottenuti in uscita dal moltiplicatore. Ognuno di questi impulsi quindi produce, in uscita dal filtro successivo, una forma d'onda eguale alla risposta impulsiva $g(t)$, producendo così un segnale analogico di banda pari a quella di $G(f)$. La scelta di $g(t)$ determina quindi se il segnale prodotto sia a banda infinita o finita, nonché quanto questo sia resistente ai fenomeni di interferenza intersimbolica. In particolare l'interferenza può essere evitata adottando una $g(t)$ che soddisfi le condizioni di Nyquist, ossia tale da passare da zero per t multiplo del periodo di simbolo.

Per completare la risposta 3a-5, possiamo dire che i parametri caratteristici dello codificatore di linea sono il numero di bit/simbolo M , l'adozione del codice di Gray, ed il tipo di impulso $g(t)$ utilizzato; la banda di uscita varia tra la minima $B = \frac{f_b}{2M}$ ed almeno 10 volte tanto per impulsi a durata finita.

Dimenticavo: tra le operazioni svolte dallo codificatore di linea c'è anche (3) lo scrambling, che contrasta gli errori a burst.