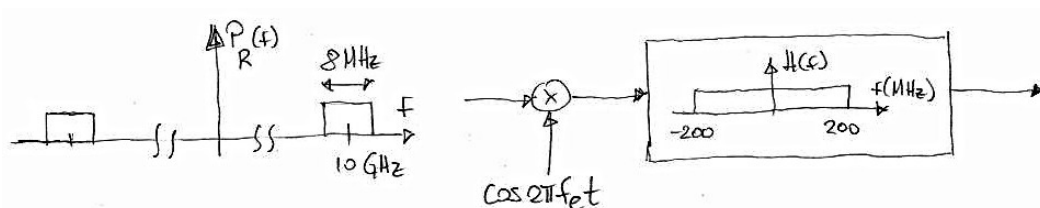


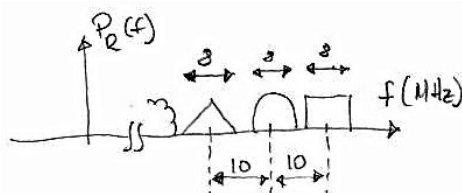
Prova di esame di Teoria dei Segnali II modulo

Prima Parte

Candidato: _____



1. Descrivere la funzione dello schema riportato sopra, e disegnare la densità di potenza presente in uscita, quando in ingresso è presente il segnale descritto in figura, e $f_e = 9,9$ GHz. Al posto di quello mostrato, che tipo di filtro sarebbe necessario per sintonizzare una tra le diverse trasmissioni a divisione di frequenza disposte come mostrato sotto?



2. Descrivere il fenomeno della dispersione temporale nella trasmissione in fibra ottica, ed illustrare come questa determini la massima velocità di trasmissione
3. Quale soluzione è possibile adottare per ridurre l'occupazione di banda di un segnale dati $x(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n g(t - nT_s)$ generato a partire da un segnale numerico binario descritto da una frequenza f_b prefissata? Al diminuire della banda occupata, che conseguenza si viene a determinare?
4. Confrontare i modi di trasferimento dell'informazione a commutazione di circuito e di pacchetto nei termini dell'impegno delle risorse di rete e della qualità del servizio; quindi, discutere di come realizzare una rete a commutazione di pacchetto, in modalità circuito virtuale oppure mediante datagrammi
5. Descrivere la tecnica della modulazione di frequenza per segnali analogici, dal punto di vista del metodo di mo-demodulazione, e delle prestazioni

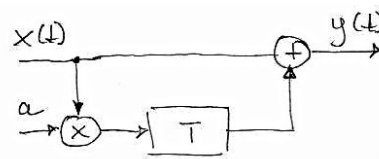
Prova di esame di Teoria dei Segnali II modulo

Seconda Parte

Candidato: _____

Esercizio A

Un collegamento radio è affetto da una eco, descritta dallo schema circuitale di figura. Determinare:



1. la risposta impulsiva $h(t)$ risultante, e disegnarla
2. l'espressione di $|H(f)|^2$ risultante, e disegnarla
3. ponendo $T = 0.5 \mu\text{sec}$ e $0 < a < 1$, per quale valore di f_0 (con $13 < f_0 < 15 \text{ MHz}$) si ottiene $|H(f_0)|^2 = \text{max}$?
4. ponendo $a = 0.95$, qual'è il guadagno di potenza se in ingresso è posta una sinusoide a frequenza f_0 ?

Nel caso in cui $x(t)$ sia un segnale modulato che occupa una banda $B = 1 \text{ MHz}$ centrata attorno ad f_0 , determinare

5. la massima distorsione di ampiezza in dB nella banda di segnale
6. la risposta in frequenza $G(f)$ di un filtro che abbia la capacità di equalizzare la distorsione lineare causata dall'eco

Esercizio B

Un autoveicolo si muove a 120 Km/h ed effettua una trasmissione numerica con potenza $W_T = 20 \text{ dBm}$ a velocità di 10 Mbps e con un fattore di attività del 5% (nel senso che, statisticamente, trasmette solo per 50 msec per ogni secondo). La trasmissione avviene a frequenza portante di 6 GHz , con antenna omnidirezionale, ed il ricevitore è posto lungo la strada, con antenna di guadagno $G_R = 10 \text{ dB}$, e sensibilità $W_{dRMin} = -102,5 \text{ dBm}$. Considerando la presenza di una attenuazione supplementare $A_s (\text{dB}) = \alpha + 15 \cdot \log_{10} d (\text{Km})$, con $\alpha = 35 \text{ dB}$, calcolare

1. la quantità di dati trasmessi (mediamente) in un secondo
2. la minima energia per bit E_b che occorre ricevere
3. la massima distanza tra autoveicolo e antenna ricevente
4. la durata del tempo utile a trasmettere, tra quando l'autoveicolo entra nel raggio di ricezione, e quando ne esce

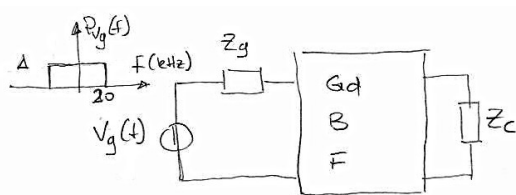
- la quantità di dati (media) che possono essere trasmessi durante il tempo utile

Se il termine α che compare nella definizione di A_s (dB) non è più una costante, ma una variabile aleatoria con densità di probabilità esponenziale negativa e con valor medio pari a 35 dB, determinare

- il valore di α (dB) superato con una probabilità del 10%

Esercizio C

Allo stadio di ingresso di un ricevitore, è presente un generatore di segnale a temperatura $T_g = 80$ °K, con densità di potenza uniforme $P_{V_g}(f) = A \cdot \text{rect}_{2W}(f)$, (con $A = 5 \cdot 10^{-10} \frac{V^2}{Hz}$ e $W = 20$ kHz) ed impedenza interna $Z(f) = 50 \Omega$. Determinare



- la potenza di segnale del generatore
- la potenza disponibile del generatore
- la densità di potenza disponibile del generatore, espressa in $\frac{dBm}{Hz}$

Lo stadio di ingresso del ricevitore è costituito da un filtro-amplificatore con ingresso e uscita adattati per il massimo trasferimento di potenza, e caratterizzato da un guadagno disponibile $G_d = 40$ dB, un fattore di rumore $F = 2$ dB, ed una banda di rumore (a frequenze positive) $B = 1$ MHz. Determinare

- la potenza disponibile del segnale all'uscita del filtro
- la potenza disponibile del rumore all'uscita del filtro
- il valore di SNR sul carico
- nel caso in cui Z_c non sia adattata per il massimo trasferimento di potenza con l'uscita del filtro, l' SNR cambia?

Riposte alla prima parte

Facendo riferimento alla edizione 0.98 (febbraio 2009) del testo

1. il funzionamento del demodulatore eterodina è descritto a pag 257, ed ha l'effetto di traslare la frequenza zero a $\pm f_e$; quindi, il segnale centrato ad f_0 si ritrova centrato invece a $f_0 - f_e = 100$ MHz. Per sintonizzare la diverse trasmissioni, occorre un filtro passa banda a *media frequenza* (ovvero la differenza tra f_0 e f_e a cui decidiamo di far lavorare il circuito a valle) e con larghezza di banda pari alla spaziatura tra canali (nel nostro caso, 10 MHz)
2. la trattazione è svolta alle pagine 355-358
3. la trasmissione multilivello è trattata a pag. 66, ed il peggioramento di P_e all'aumentare del numero di livelli è discusso alle pagg 137-143
4. i modi di trasferimento a commutazione di circuito e di pacchetto, e per quest'ultimo, a circuito virtuale e datagramma, sono illustrati alle pagg. 173-175. La comm. di circuito determina un impegno permanente di risorse fisiche, ma garantisce una continuità di servizio ed un basso ritardo, che invece la commutazione di pacchetto non può garantire, a causa delle code di lunghezza variabile, e della possibilità di perdita di pacchetti.
5. un segnale FM può essere generato mediante un VCO, come indicato a pag. 259, e lo stesso (quando inserito in un PLL, pag. 260) può riprodurre il segnale modulante a partire da quello modulato. Le prestazioni sono discusse a pag. 279-284.

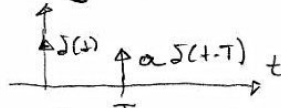
Riposte alla seconda parte

Svolgimento della prova di Teoria dei Segnali II modulo

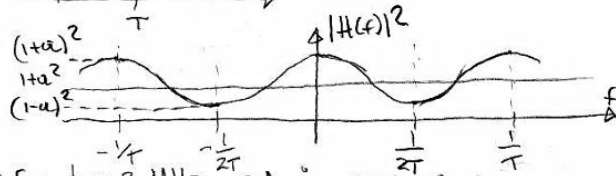
10 Luglio 2009

Esercizio (A)

1) $u(t) = \delta(t) + a \delta(t-T)$



2) $|H(f)|^2 = 1 + a^2 + 2a \cos 2\pi f T$



3) con $T = 0,5 \mu\text{sec}$ la distanza

tra due massimi è pari a $\Delta f = \frac{1}{T} = 2 \text{ MHz}$, ed i massimi si trovano a multipli interi di 2 MHz , dunque

$|H(f_0)|^2 = \max$ con $f_0 = 14 \text{ MHz}$

4) Una sinusoidale di ampiezza A possiede una potenza pari a $A^2/2$, e quando attraversa il filtro, la sua ampiezza si amplifica di un fattore pari a $|H(f_0)| = 1+a$, dunque la nuova potenza risulta pari a $\frac{A^2(1+a)^2}{2}$, e pertanto il guadagno di potenza risulta pari a $(1+a)^2 = (1,95)^2 = 3,8$

5) alle frequenze $f = 13,5$ e $14,5 \text{ MHz}$ si ha la massima attenuazione nella banda di segnale, dato che per tali valori di f risulta

$|H(f)|^2 = 1 + a^2 = 1 + (0,95)^2 \approx 1,9$, dunque il guadagno di potenza

si riduce di un fattore pari a $10 \log_{10} \frac{|H(f)|^2_{\max}}{|H(f)|^2_{\min}} = 10 \log_{10} \frac{3,8}{1,9} = 3 \text{ dB}$

6) un filtro in grado di equalizzare il segnale dovrebbe avere una risposta in frequenza reciproca di $H(f)$, in modo che $H(f) \cdot G(f) = 1$. Dato che $H(f) = 1 + a e^{-j2\pi f T}$, otteniamo $G(f) = \frac{1}{1 + a e^{-j2\pi f T}}$, che riconosciamo essere la risposta in frequenza di un filtro digitale a risposta impulsiva infinita del primo ordine, con coefficiente $a = -0,95$

Esercizio (B)

1) In un secondo si trasmette il 5% della quantità nominale, ossia

$10 \cdot 10^6 \cdot 0,05 = 500 \text{ kbit}$

2) $E_b = \frac{w_{nr}}{f_b} = \frac{10^{-10,25}}{10 \cdot 10^6} = 10^{-10,25} \cdot 10^{-7} = 10^{-17,25} \text{ in Joule}$

3) Il guadagno di sistema risulta pari a

$G_s = w_T - w_{R2} = 20 \text{ dBm} + 102,5 \text{ dBm} = 122,5 \text{ dB}$

è questo è il valore della massima attenuazione totale

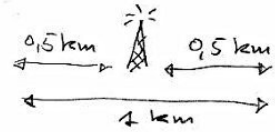
$122,5 = G_s = A_d + A_s = 32,4 + 20 \log_{10} f(\text{MHz}) + 20 \log_{10} d(\text{km}) - G_T - G_R + \alpha + 15 \log_{10} d(\text{km})$

$= 32,4 + 20 \log_{10} 6 \cdot 10^3 + 35 \log_{10} d_{\text{km}} - 0 - 10 + 35$

$= 57,4 + 75,6 + 35 \log_{10} d_{\text{km}}$ quindi

$-10,5 = 35 \cdot \log_{10} d_{\text{km}} \Rightarrow \log_{10} d_{\text{km}} = \frac{-10,5}{35} = -0,3$ ovvero $d_{\text{km}} = 10^{-0,3} = 0,95 \text{ km}$

- 4) Il autoveicolo può trasmettere per un chilometro. Viaggiando a
 $120 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{120}{60} = 2 \text{ km/min}$, per percorrere
 1 km impiega 30 secondi



- 5) Se come abbiamo visto in 1), in un secondo possono essere trasmessi 500 kbit, in 30 secondi vengono trasmessi
 $5 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 10 = 15 \cdot 10^6 = 15 \text{ Mbit} = 1,875 \text{ Mbyte}$

- 6) Consideriamo che per una v.a. esponenziale negativa risulta
 $P_R(d > d_0) = 0,1 = e^{-d/d_0}$ con $d = \frac{1}{m_R} = \frac{1}{35}$; dunque

$$\lg_{10} 0,1 = -\frac{d_0}{35} \Rightarrow d_0 = -35 \lg_{10} 0,1 = -35 \cdot (-23) = 80,6 \text{ dB}$$

Valore di d superato con prob. 0,1

Esercizio (C)

- 1) La potenza di segnale si ottiene integrandone la densità, e dato che questa è uniforme, l'operazione si riduce al calcolo dell'area del rettangolo

$$P_{\text{sig}} = \int_{-\infty}^{\infty} P_{\text{sig}}(f) df = A \cdot 2W = 5 \cdot 10^{-10} \cdot 4 \cdot 10^4 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ W}^2$$

2) $W_{\text{sig}} = \frac{P_{\text{sig}}}{4R_g} = \frac{2 \cdot 10^{-5}}{4 \cdot 50} = 10^{-7} \text{ Watt}$

- 3) $W_{\text{sig}}(f) = \frac{W_{\text{sig}}}{2W} \cdot \text{rect}_{2W}(f) \left[\frac{\text{W}}{\text{Hz}} \right]$

La potenza (disponibile) complessiva si distribuisce uniformemente su tutta la banda

$$\downarrow$$

$$10 \lg_{10} W_{\text{sig}}(f) = 10 \lg_{10} \left[\frac{10^{-7}}{4 \cdot 10^4} \right] = 10 \lg_{10} (2,5 \cdot 10^{-12}) = -116 \frac{\text{dBW}}{\text{Hz}} = -96 \frac{\text{dBm}}{\text{Hz}} \quad (\text{dato che } \emptyset_{\text{dBW}} = 30 \text{ dBm})$$

4) $W_{\text{sig}} = W_{\text{sig}} \cdot G_d = 10^{-7} \cdot 10^4 = 10^{-3} \text{ Watt} = 1 \text{ mW} = \emptyset \text{ dBm}$

- 5) Occorre prima calcolare la densità di potenza disponibile di rumore equivalente in ingresso, poi riportarla in uscita, e quindi integrarla sulla banda di rumore del filtro:

$$W_{\text{dNi}}(f) = \frac{1}{2} k T_e i \quad \text{con } T_e i = T_g + T_{g,r} = T_g + T_0 (F-1) = 80 + 290(10^2 - 1) \approx 250 \text{ °K}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 250 = 1,72 \cdot 10^{-23} = 1,72 \cdot 10^{-21} \frac{\text{W}}{\text{Hz}}$$

$$W_{\text{dNo}} = W_{\text{dNi}}(f) \cdot 2B = W_{\text{dNi}}(f) \cdot G_d \cdot 2B = 1,72 \cdot 10^{-21} \cdot 10^4 \cdot 2 \cdot 10^6 = 3,44 \cdot 10^{-13} \approx -125 \text{ dBW}$$

6) $\text{SNR} = \frac{W_{\text{sig}}}{W_{\text{dNo}}} = \frac{10^{-3}}{3,44 \cdot 10^{-13}} = 2,9 \cdot 10^9 = 94,6 \text{ dB}$

- 6b) No, se Z_c non è adattata per massimo trasferimento di potenza, l'SNR non cambia, dato che sia segnale che rumore, si riducono in egual misura