29 Ottobre 2010

Prova di esame di Teoria dei Segnali II modulo

Prima Parte

Candidato: ____

1. Descrivere i passi necessari a produrre un segnale dati $x(t)$ di banda base a partire da una sequenza binaria a velocità f_b, nel caso in cui si desideri mantenere la banda B di $x(t)$ limitata a $B \leq f_b/10$.

2. Descrivere i casi in cui può essere usato il *demodulatore di inviluppo*, disegnarne lo schema circuitale, e indicare i possibili *effetti collaterali* legati a questi casi

3. Dopo aver mostrato l'espressione analitica di un segnale modulato angolarmente, discutere le modalità realizzative di un modulatore FM, e come possa essere usato per ottenere una modulazione PM. Infine, illustrare la differenza tra i due tipi di modulazione, per quanto riguarda il rumore presente dopo demodulazione

29 Ottobre 2010

Prova di esame di Teoria dei Segnali II modulo

Seconda Parte

Candidato: ____

Esercizio A Un collegamento radiomobile adotta la tecnica di modulazione AM-BLD-PS con portante $f_0 = 100$ MHz e potenza di trasmissione $W_{dT} = 100$ mWatt, ed è impiegato per trasmettere un segnale modulante $m(t)$ con banda $\pm W = \pm 500$ KHz. Determinare

1. la sensibilità del ricevitore qualora si desideri un SNR dopo demodulazione pari a 50 dB, ed al punto di ricezione sia presente una densità di potenza di rumore equivalente $W_{dN}(f) = 10^{-15}\ {}^{mW}/_{Hz}$
2. la massima portata in condizione di visibilità, nel caso in cui si adottino antenne con guadagno $G_T = 6$ dB e $G_R = 0$ dB
3. la nuova portata nel caso in cui la trasmissione avvenga in ambito urbano, con un *path loss* pari a $30\log_{10} d\,(km) + 40$ dB
4. il valore della attenuazione supplementare che *non è superato* per il 95% del tempo, nel caso in cui sia presente uno *slow-fading* caratterizzato da un valore $\sigma^2_{SF} = 7$ dB
5. la nuova portata entro la quale viene mantentuta la qualità di servizio richiesta la punto 1), tenendo in considerazione i punti 3) e 4).

Esercizio B Un collegamento in cavo lungo 5 Km presenta costanti primarie il cui valore è tale da soddisfare le condizioni di Heaviside, determinando una costante di propagazione $\gamma(f) = 2\cdot 10^{-3} + j5\cdot 10^{-5}f$. All'ingresso del cavo viene posto un segnale $x(t) = A\cos 2\pi 10^3 t$ Volt mediante un generatore con impedenza interna $Z_g(f) = 10^3\ \Omega$. Determinare

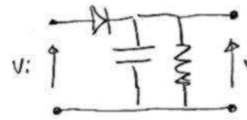
1. l'ampiezza A qualora $P_{Vg} = 10\,V^2$
2. la potenza disponibile del generatore
3. l'attenuazione disponibile del cavo alla frequenza di ingresso, e la corrispondente rotazione di fase prodotta in uscita
4. l'attenuazione supplementare dovuta al mancato adattamento di impedenza in ingresso, sapendo che $g = 10^{-6}\ {}^{\Omega^{-1}}/_{m}$
5. la potenza disponibile in uscita al cavo, e l'espressione del segnale presente ai capi di un carico adattato

Risposte alla prova di esame di Teoria dei Segnali II modulo - 29 ottobre 2010

Prima parte

1) Occorre innanzitutto scegliere un impulso dati $g(t)$ limitato in banda, ad esempio con caratteristica di Nyquist a coseno Rialzato e roll-off ad es 1. In questo caso la banda occupata sarebbe pari a $B = \frac{f_b}{2}(1+\gamma) = f_b$. Per occupare invece $B \le f_b/10$ occorre ridurre il periodo di simbolo raggruppando M bit alla volta per produrre simboli con $L=2^M$ livelli, ed occupando una banda $B = \frac{f_b}{M}$. Pertanto occorre effettuare una trasmissione con $L = 2^{10} = 1024$ Livelli, oppure con 512 se scegliamo $\gamma = 0$.

2) Il demodulatore inviluppo é usato per demodulare i segnali AM-BLD-PI, oppure per i segnali FM, ma in questo caso é preceduto da uno squadratore e seguito da un derivatore.



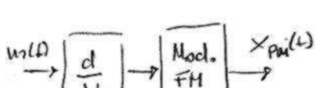
Gli effetti collaterali di AM-BLD-PI sono che la potenza usata per soddisfare le condizioni di portante intera non partecipa al valore di SNR, e dunque l'efficienza della trasmissione é fortemente penalizzata.
Per l'FM invece, é preferibile adottare un demodulatore a PLL, per il quale si ottiene un valore di soglia più basso per quanto riguarda le prestazioni in presenza di basso SNR.

3) $x(t) = a \,\mathrm{sen}\left(2\pi f_0 t + \underbrace{2\pi k_f \int_{-\infty}^{t} m(\tau)\,d\tau}_{\alpha(t)}\right)$

$\underline{x}(t) = a\, e^{j\alpha(t)}$

$= a\cos\alpha(t) + j a\,\mathrm{sen}\,\alpha(t) = x_c(t) + j x_s(t)$

- si può usare un modulatore in fase e quadratura a partire dalle c.a. di b.f.
- si può usare un VCO
- Un modulatore FM realizza una modulazione PM se parte non dal segnale modulante, ma dalla sua derivata



- Nel caso della modulazione FM il rumore assume un andamento parabolico, a causa della operazione di derivazione necessaria ad ottenere $m(t)$ a partire da $\alpha(t)$. Nel caso PM, invece, il rumore dopo demodulazione é bianco.

Seconda parte

Esercizio A1

1) La sensibilità è il valore di potenza che è necessario ricevere per ottenere le prestazioni desiderate, espresso ad es. in termini di SNR.

Per l'AM-BLD-PS si ha $SNR = SNR_0 = \frac{W_{dr}}{N_0 W}$ quindi

$W_{dr_{min}} = SNR_0 \cdot N_0 W$ in cui $N_0 = 2 W_{AN}(f) = 2 \cdot 10^{-15}$ mW/Hz

$= 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-15} \cdot 5 \cdot 10^5 = 10^{10} \cdot 10^{-15} \cdot 10 = 10^{-4}$ mW $\rightarrow -40$ dBm

2) La portata di un collegamento rappresenta la distanza massima entro la quale sono soddisfatti i requisiti desiderati, ossia l'SNR, e viene valutata come quella che determina una attenuazione disponibile non maggiore del guadagno di di sistema. Pertanto, otteniamo prima

$$G_s = W_{dT}^{dB} - W_{dr}^{dB} = \frac{W_{dT}}{W_{dR}} = \frac{10^2}{10^{-4}} = 10^6 \text{ volte} \rightarrow \text{pari a } 60 \text{ dB}$$

e dunque troviamo d_{Max}:

$$G_s = 60 = A_d = 32.4 + 20 \lg_{10} f(MHz) + 20 \lg_{10} d(km) - G_T - G_R$$

$$60 = 32.4 + \underbrace{20 \lg_{10} 100}_{40} + 20 \lg_{10} d_{km} - 6$$

$$60 - 32.4 - 40 + 6 = 20 \lg_{10} d_{km} \rightarrow \lg_{10} d_{km} = -\frac{6,4}{20} = -0,32$$

pertanto $d = 10^{-0,032} = 0,928$ km $= 928$ metri

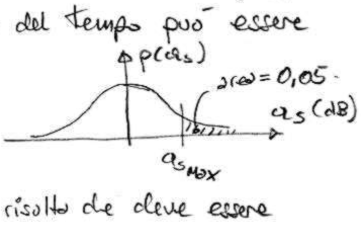
3) in questo caso occorre eseguire lo stesso conto, ma utilizzando l'espressione del path loss al posto di $20 \lg_{10} d_{km}$, e cioè

$$G_s = 60 = A_d = 32.4 + 20 \lg_{10} f(MHz) + 30 \lg_{10} d(km) + 40 - 6$$

$$60 - 32.4 - 40 - 40 + 6 = 30 \lg_{10} d_{km} \rightarrow \lg_{10} d_{km} = \frac{-46,4}{30} = -1,54$$

pertanto $d = 10^{-0,154} = 0,7 = 700$ metri

4) lo slow fading comporta l'insorgenza di una attenuazione supplementare $a_s(dB)$ aleatoria a distribuzione gaussiana con media nulla e varianza σ_{SF}^2. Il valore di $a_{s_{Max}}$ che non è superato per il 95% del tempo può essere ottenuto mediante la funzione erfc{ } calcolata con un argomento normalizzato, e cioè



$$P_r\{a_s > a_{s_{Max}}\} = 0,05 = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left\{\frac{a_{sMax}}{\sqrt{2}\,\sigma_{SF}}\right\}$$

$$10^{-1} = \operatorname{erfc}\{\ \}$$ e consultando le curve risulta che deve essere

$$\frac{a_{sMax}}{\sqrt{2}\,\sigma_{SF}} = 1,2 \text{ e quindi } a_{s_{Max}} = 1,2 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{7} = 1,2 \cdot 1,41 \cdot 2,64 = 4,48 \text{ dB}$$

e questo è il margine che occorre prevedere per mantenere la stessa portata

5) Vale lo stesso conto 3), tranne che ora G_s deve eguagliare $A_d + A_s$, e quindi

$$G_s = 60 = A_d + A_s = 32.4 + 40 + 40 - 6 + 4,48 = 30 \lg_{10} d_{km}$$

$$\lg_{10} d_{km} = \frac{1}{30}(-50,88) = -1,696 \rightarrow d = 10^{-0,169} = 0,677 = 677 \text{ metri}$$

Esercizio B

1) $P_x = \frac{A^2}{2} = 10\,V^2 \rightarrow A = \sqrt{2P_x} = \sqrt{2\cdot 10} = 4{,}47$ Volt

2) $W_{dg} = \frac{P_x}{4R_g} = \frac{10}{4\cdot 10^3} = 2{,}5$ mW

3) $A_d = e^{2d\sqrt{rg}} = e^{2d\,Re\{\gamma(f)\}} = e^{2\cdot 5\cdot 10^3\cdot 2\cdot 10^{-3}} = e^{20} = 4{,}85\cdot 10^{8}$

ovvero $A_d = 86{,}85$ dB

L'uscita ad $f = 10^3$ subisce una rotazione di fase pari alla fase della risposta in frequenza, ossia

$\Delta\varphi = d\, Im\{\gamma(f)\} = 5\cdot 10^3\cdot 5\cdot 10^{-5}\cdot 10^3 = 25\cdot 10 = 250$ radianti

$\downarrow$ modulo 2π

39,8 radianti

4) Dato che $\alpha = \sqrt{rg} \Rightarrow rg = \alpha^2 \Rightarrow r = \frac{\alpha^2}{g}$

e questo valore di r può essere sostituito in $Z_0 = \sqrt{\frac{r}{g}}$, ottenendo

$Z_0 = \sqrt{\frac{r}{g}} = \sqrt{\frac{\alpha^2}{g^2}} = \frac{\alpha}{g} = \frac{2\cdot 10^{-3}}{10^{-6}} = 2\cdot 10^3\,\Omega$

Dato che $Z_g = 10^3\,\Omega \neq Z_0$, non si determina il massimo trasferimento di potenza, ed il guadagno disponibile del cavo si riduce della quantità

$\frac{4R_g R_i}{|Z_g + Z_i|^2} = \frac{4\cdot 10^3\cdot 2\cdot 10^3}{(10^3 + 2\cdot 10^3)^2} = \frac{8\cdot 10^6}{9\cdot 10^6} = 0{,}88$ volte

$\downarrow$

$A_S = 0{,}5$ dB

5) $W_{du} = W_{dg}\cdot G_d\cdot \frac{1}{A_S} = 2{,}5\cdot 10^{-3}\cdot 4{,}85\cdot 10^{-8}\cdot 0{,}88 = 10{,}67\cdot 10^{-11}$ Watt

$\downarrow$

si trasferisce tutta al carico, in quanto adattato. Ai suoi capi è quindi presente una $P_{V_u} = 4R_0 W_{d_u} = 4\cdot 2\cdot 10^3\cdot 10{,}67\cdot 10^{-11}$

$= 85.36\cdot 10^{-8}\ (\text{Volt})^2 \Rightarrow V_{u_{eff}} = 9{,}2\cdot 10^{-4}$ Volt

il segnale ai capi del carico ha quindi espressione

$y(t) = \frac{V_{eff}}{2}\cos(2\pi 10^3 t + \Delta\varphi) = 4{,}6\cdot 10^{-4}\cos(2\pi 10^{-3} t + 39{,}8)$ Volt