

Control de Comunicacions Òptiques

Grup 10 - 1 de juny de 2005

Temps : 1h

Nom:

TEST (6 punts)

Marqueu la resposta correcta. Cada resposta correcta suma 0,4 punts mentre que cada resposta errònia resta 0,1 punts.

1. El principi físic en el que es basa un fotodetector és:
 - a. L'emissió espontània
 - b. L'emissió estimulada
 - c. L'absorció espontània
 - d. L'absorció estimulada**
2. Comparant el fotodetector APD amb el PIN:
 - a. La responsivitat és major però l'ample de banda és inferior**
 - b. La responsivitat és inferior però l'ample de banda és major
 - c. Tant la responsivitat com l'ample de banda són superiors
 - d. Tant la responsivitat com l'ample de banda són inferiors
3. El número de fotons que arriben al fotodetector (assumint llum coherent i potència òptica constant) en un temps d'integració T segueix una estadística de:
 - a. Bose-Einstein
 - b. Poisson**
 - c. Gauss
 - d. Planck
4. En un procés de fotodetecció emprant un PIN:
 - a. Sempre domina el soroll tèrmic
 - b. Sempre domina el soroll shot
 - c. Quan la potència òptica del senyal és elevada domina el soroll tèrmic mentre que quan la potència és reduïda domina el soroll shot
 - d. Quan la potència òptica del senyal és reduïda domina el soroll tèrmic mentre que quan la potència és elevada domina el soroll shot**
5. En un procés de fotodetecció emprant un APD:
 - a. Si el factor multiplicatiu (M) creix, es redueix la influència del soroll shot mentre que la influència del soroll tèrmic augmenta
 - b. Si el factor multiplicatiu (M) creix, es redueix la influència del soroll tèrmic mentre que la influència del soroll shot augmenta**
 - c. Si el factor multiplicatiu (M) creix, es redueix la influència del soroll tèrmic mentre que la influència del soroll shot es manté
 - d. Si el factor multiplicatiu (M) creix, es redueix la influència del soroll shot mentre que la influència del soroll tèrmic es manté
6. Considerant un fotodetector APD amb eficiència quàntica unitat, sense soroll tèrmic, corrent de fosc nul i un factor de soroll F, la relació senyal a soroll (assumint llum coherent i potència òptica constant) és:
 - a. El número mitjà de fotons per bit dividit pel factor de soroll**
 - b. El número mitjà de fotons per bit multiplicat pel factor de soroll
 - c. El número mitjà de fotons per bit dividit pel factor de soroll al quadrat
 - d. El número mitjà de fotons per bit multiplicat pel factor de soroll al quadrat
7. La relació senyal a soroll en una detecció homodina és:
 - a. 6 dB superior a la detecció heterodina
 - b. 6 dB inferior a la detecció heterodina
 - c. 3 dB superior a la detecció heterodina**
 - d. 3 dB inferior a la detecció heterodina
8. La detecció coherent en els sistemes actuals de transmissió per fibra òptica:
 - a. És una tecnologia comercial i molt estesa
 - b. És una tecnologia amb greus limitacions pràctiques**
 - c. És una tecnologia poc estudiada
 - d. És una tecnologia obsoleta

9. En un procés de fotodetecció d'un senyal NRZ emprant un PIN ideal, la sensibilitat per una probabilitat d'error 10^{-9} és (en fotons promig per bit):
- 36 fotons/bit
 - 20 fotons/bit
 - 18 fotons/bit
 - 10 fotons/bit**
10. En un procés de fotodetecció estàndard:
- La variància dels "1" és major que la variància dels "0"**
 - La variància dels "1" és menor que la variància dels "0"
 - La variància dels "1" és igual que la variància dels "0"
 - La variància dels "0" és zero
11. Assumint una estadística Gaussiana, la relació entre el factor de qualitat Q i la relació senyal a soroll és:
- $Q^2 = \text{SNR}$ quan domina el soroll shot i $Q^2 = \text{SNR}/4$ quan domina el soroll tèrmic**
 - $Q^2 = \text{SNR}$ quan domina el soroll tèrmic i $Q^2 = \text{SNR}/4$ quan domina el soroll shot
 - $Q^2 = \text{SNR}$ sempre
 - $Q^2 = \text{SNR}/4$ sempre
12. La sensibilitat d'un sistema PSK respecte un ASK és:
- 3 dB millor en el cas heterodí i 6 dB millor en el cas homodí
 - 3 dB millor en el cas homodí i 6 dB millor en el cas heterodí
 - 3 dB millor**
 - 3 dB pitjor
13. Quan sobre un fotodiode PIN incideixen $3 \cdot 10^{11}$ fotons amb una longitud d'ona $\lambda = 0.85 \mu\text{m}$, es recullen en els terminals del dispositiu un promig de $1.2 \cdot 10^{11}$ electrons. Determineu la responsivitat del fotodiode a aquesta longitud d'ona:
- 0.68 W/A
 - 0.68 A/W
 - 0.27 W/A
 - 0.27 A/W**
14. L'eficiència quàntica d'un fotodiode d'allau de Silici és del 80 % per a la detecció de radiació òptica a una longitud d'ona de $0.9 \mu\text{m}$. Quan la potència òptica incident és de $0.5 \mu\text{W}$, el corrent a la sortida és de $11 \mu\text{A}$. Determineu el factor de multiplicació sota aquestes condicions:
- $M=380$
 - $M=38$**
 - $M=3.8$
 - $M=0.38$
15. La sensibilitat d'un receptor ideal (amb eficiència quàntica unitat i sense soroll tèrmic) operant a $\lambda = 0.87 \mu\text{m}$ és $S = -76$ dBm. Quina és la sensibilitat a $1.3 \mu\text{m}$ si la velocitat de transmissió es manté constant ?:
- 77.74 dBW
 - 74.26 dBW
 - 77.74 dBm**
 - 74.26 dBm
-

PROBLEMA (4 punts)

Per a detectar un senyal NRZ ideal es disposa d'un receptor el fotodetector del tipus PIN amb eficiència quàntica unitat i corrent de foscort menyspreable. Treballant amb una probabilitat d'error de 10^{-9} , el receptor presenta una variància del soroll tèrmic 100 vegades superior a la de soroll shot.

- Aplicant les aproximacions que considereu justificades, determineu el nombre de fotons promig rebuts per bit.
 - Si es substitueix el PIN per un APD amb factor de soroll $F(M)=M$, quan val la M òptima (deduïu l'expressió general) ?.
-

Resolució

- Assumint estadística Gaussiana s'ha de complir $BER = 10^{-9} \rightarrow Q=6$, on

$$Q = \frac{\mu_1 - \mu_0}{\sigma_1 + \sigma_0}$$

El valor mitjà i la variància dels "1" i dels "0" són (prenent $\sigma_T^2 = 100\langle n \rangle$):

$$\mu_1 = \langle n \rangle$$

$$\sigma_1^2 = \langle n \rangle + \sigma_T^2 = 101\langle n \rangle \approx 100\langle n \rangle$$

$$\mu_0 = 0$$

$$\sigma_0^2 = \sigma_T^2 = 100\langle n \rangle$$

Per tant,

$$Q = \frac{\mu_1 - \mu_0}{\sigma_1 + \sigma_0} = \frac{\langle n \rangle}{2\sqrt{100\langle n \rangle}} = \frac{\sqrt{\langle n \rangle}}{20} = 6 \rightarrow \langle n \rangle = 14400 \frac{\text{fotons}}{\text{bit "1"}}$$
$$\langle n_a \rangle = 7200 \frac{\text{fotons}}{\text{bit}}$$

- Partint de la de definició de SNR per al APD,

$$SNR_{APD} = \frac{\left(\eta \frac{q}{hf} P \right)^2}{2qB \left(\eta \frac{q}{hf} P + I_D \right) M^x + \frac{1}{M^2} 4 \frac{KT}{R_L} BF_A}$$

I ara derivant respecte de M i igualant a zero per tal de trobar el màxim de la funció,

$$\frac{\partial}{\partial M} (SNR_{APD}) = \frac{- \left(\eta \frac{q}{hf} P \right)^2 \left[x 2qB \left(\eta \frac{q}{hf} P + I_D \right) M^{x-1} - \frac{2}{M^3} 4 \frac{KT}{R_L} BF_A \right]}{\left[2qB \left(\eta \frac{q}{hf} P + I_D \right) M^x + \frac{1}{M^2} 4 \frac{KT}{R_L} BF_A \right]^2} = 0$$

$$x \cancel{q} B \left(\eta \frac{q}{hf} P + I_D \right) M^{x-1} = \frac{\cancel{4}}{M^3} 4 \frac{KT}{R_L} \cancel{B} F_A \rightarrow M^{x+2} = \frac{4 \frac{KT}{R_L} F_A}{xq \left(\eta \frac{q}{hf} P + I_D \right)}$$

$$M_{OPT} = \left[\frac{4 \frac{KT}{R_L} F_A}{xq \left(\eta \frac{q}{hf} P + I_D \right)} \right]^{\frac{1}{x+2}}$$

Arreglant l'expressió,

$$M_{OPT} = \left[\frac{4 \frac{KT}{R_L} F_A}{xq \left(\eta \frac{q}{hf} P + I_D \right)} \right]^{\frac{1}{x+2}} = \left[\frac{4 \frac{KT}{R_L} B F_A}{xq B \left(\eta \frac{q}{hf} P + I_D \right)} \right]^{\frac{1}{x+2}} = \left[\frac{\sigma_T^2}{\frac{x}{2} \sigma_S^2} \right]^{\frac{1}{x+2}}$$

Finalment substituint,

$$x = 1, \sigma_T^2 = 100 \sigma_S^2 \rightarrow M_{OPT} = \left[2 \frac{100 \cancel{\sigma_S^2}}{\cancel{\sigma_S^2}} \right]^{\frac{1}{3}} = 200^{1/3}$$