

1.Ejercicio de test

- 1) Si un enlace monofibra de 10 km permite un ancho de banda óptico de 3,784 GHz, ¿qué longitud aproximada de esa misma fibra ensancha los pulsos 0,02 ns?
a) 1 km b) 2 km c) 3 km d) 4 km
- 2) Si la longitud de la zona activa de un diodo láser aumenta, se verifica que
a) el nivel de transparencia aumenta b) la corriente umbral aumenta
c) las pérdidas por unidad de longitud aumentan d) ninguna de las anteriores
- 3) La dispersión cromática (del material) de una fibra óptica depende de
a) la longitud de onda b) el índice de refracción del núcleo
c) la anchura espectral de la fuente d) todo lo anterior
- 4) A un fotodiodo PIN le llegan 2000 fotones para el bit "1" en un mensaje NRZ. La relación señal-ruido para una situación de límite cuántico será igual a
a) 27 dB b) 30 dB c) 33 dB d) 36 dB
- 5) Respecto al parámetro de calidad Q, se puede afirmar que
a) aumenta con la longitud del enlace b) es igual a la SNR
c) aumenta con la velocidad de transmisión d) ninguna es cierta
- 6) Sobre el ancho de banda unitario de una fibra óptica multimodo se puede afirmar que
a) aumenta si disminuye la apertura numérica b) aumenta con la distancia
c) mejora con la potencia transmitida d) todas son correctas
- 7) En un láser polarizado por encima del umbral, en régimen estacionario,
a) la densidad volumétrica de electrones en la cavidad es proporcional al volumen de la misma
b) la densidad volumétrica de electrones es proporcional a la corriente inyectada
c) la densidad volumétrica de electrones es independiente de la corriente inyectada
d) la corriente umbral decrece con el aumento de temperatura
- 8) Si un láser semiconductor recibe un escalón de corriente tal que $I_{ON} > I_{OFF} > I_{TH}$
a) la potencia óptica emitida no varía con I_{ON}
b) el tiempo de respuesta depende del tiempo de vida del electrón
c) el tiempo de respuesta es del orden de los nanosegundos
d) el tiempo de respuesta disminuye si aumenta el escalón de corriente
- 9) En un amplificador óptico semiconductor se verifica que
a) el bombeo es óptico
b) se consigue amplificación dopando el semiconductor con iones de Erbio
c) está polarizado por encima del umbral láser
d) ninguna de las afirmaciones anteriores es correcta
- 10) Determinar cuál de las siguientes afirmaciones no es correcta
a) un fotodiodo de Silicio es útil para la detección en tercera ventana
b) los fotodiodos se polarizan en inversa
c) en un fotodiodo APD la responsividad es de decenas de A/W
d) la fuente de ruido dominante en detección heterodina es el ruido shot

2.Ejercicio de test

Considérese un láser semiconductor simétrico en el cual son nulos el nivel de transparencia y las pérdidas de scattering (α_s). En estas condiciones, responder a las siguientes cuestiones.

1. Sobre la corriente de efecto láser se verifica que
 - a) es proporcional al volumen de la cavidad óptica
 - b) es máxima
 - c) no depende de la longitud de la cavidad
 - d) ninguna de las anteriores es cierta
2. Sobre la potencia del modo fundamental se puede afirmar que
 - a) aumenta si disminuye la longitud de la cavidad
 - b) no varía si aumenta la longitud de la cavidad
 - c) disminuye si aumenta la longitud de la cavidad
 - d) son ciertas a) y c)
3. Se sabe que para $R=0,3$ la corriente umbral vale 12 mA. Si por razones de envejecimiento las reflectividades aumentasen al doble, ¿qué le ocurriría a la corriente umbral?
 - a) aumenta al doble
 - b) se aumenta hasta un 42,43% respecto de la inicial
 - c) se reduce hasta un 42,43% respecto de la inicial
 - d) disminuye a la mitad
4. Si el láser es modulado digitalmente con $I_{ON} = 5I_{Th}$ e $I_{OFF} = 0$, ¿cuánto vale el tiempo de retardo si el tiempo de vida del portador es de 1 ns?
 - a) 0,332 ns
 - b) 0,320 ns
 - c) 0,252 ns
 - d) 0,223 ns

A un fotodiodo PIN con eficiencia cuántica 0,75 y corriente de oscuridad despreciable le llega un formato NRZ ideal de tal forma que los pulsos de corriente presentan desviaciones típicas (adimensionales) que verifican $\sigma_1 = 3\sigma_0$.

5. ¿Cuánto vale σ_0 si se exige $P(\epsilon) = 10^{-9}$?
 - a) 1
 - b) 2
 - c) 3
 - d) 4
6. ¿Cuánto vale el número de fotoelectrones para el bit "1"?
 - a) 36
 - b) 72
 - c) 108
 - d) 144
7. ¿Cuál es la sensibilidad, $\langle n_s \rangle$, para este receptor?
 - a) 96
 - b) 72
 - c) 48
 - d) 24

Si en un sistema de transmisión por fibra óptica en 3ª ventana (0,15 dB/km) con detección homodina se sustituye una modulación PSK por una ASK,

8. ¿en cuánto disminuye la longitud máxima del enlace para obtener la misma probabilidad de error?
 - a) 10 km
 - b) 15 km
 - c) 20 km
 - d) 25 km

3.Ejercicio de test

1. Cuanto menor es la apertura numérica de una fibra multimodo:
 - a) mayor es la potencia óptica inyectada en ella por una fuente láser.
 - b) presenta menor dispersión intramodal.
 - c) mayor es su ancho de banda.
 - d) todas las anteriores son ciertas.
2. Suponiendo la unión de una fibra multimodo que propaga 100 modos de propagación con una fibra monomodo de iguales índices de refracción, las pérdidas introducidas por la unión, considerando la iluminación de sección uniforme, son
 - a) > 18 dB
 - b) > 15 dB
 - c) Depende de la ventana de transmisión de la fuente óptica empleada
 - d) Faltan datos
3. Un receptor opera en el límite cuántico con una SNR = 14 dB. ¿Cuál es la probabilidad de error?.
 - a) $5.6 \cdot 10^{-9}$
 - b) $7.3 \cdot 10^{-10}$
 - c) $6.2 \cdot 10^{-12}$
 - d) Ninguna de las anteriores
4. Un láser de AsGa ($n=3.7$) operando a 850 nm tiene una longitud de 350 μm , pérdidas totales de 3200 m^{-1} y un factor de confinamiento ideal. Si su ganancia del material por unidad de longitud se puede expresar por $g_m(I) = 5000 * e^{\frac{-(I-I_p)^2}{2s^2}} \text{ m}^{-1}$ y la anchura espectral a ganancia mitad es de 75 nm, ¿cuántos modos pueden oscilar en esta cavidad láser?
 - a) 268 modos
 - b) 215 modos
 - c) 537 modos
 - d) 430 modos
5. En un receptor de comunicaciones ópticas, se puede afirmar que
 - a) el ruido para un "1" es siempre mucho mayor que para un "0"
 - b) cuando domina el ruido térmico el parámetro Q es igual a la $(\text{SNR})^{1/2}$
 - c) el uso de un APD no es siempre beneficioso
 - d) ninguna es cierta
6. Una fuente LED se acopla a una fibra óptica multimodo de salto de índice. Si la dispersión en la fibra aumenta en un factor $\sqrt{2}$ ¿cómo se modifican las pérdidas de acoplo LED/fibra?
 - a) Se multiplican por 2
 - b) Se multiplican por $\sqrt{2}$
 - c) Se reducen a la mitad
 - d) Se reducen por $\sqrt{2}$
7. Se utiliza un amplificador óptico semiconductor como repetidor para compensar las pérdidas en el tramo de fibra óptica que le precede cuya longitud es 100 km y atenuación 0.2 dB/km. Si la ganancia neta del amplificador óptico es $110,17 \text{ cm}^{-1}$ determinar su longitud.
 - a) 0.5225 mm
 - b) 0,418 mm
 - c) 5,225 mm
 - d) 4.18 mm

8. Se dispone de un diodo láser monomodo modulado a 2 Gbit/s que acopla los pulsos emitidos a cierta fibra óptica cuya dispersión es 2.5 ps/km. ¿Cuál es la máxima longitud de la fibra para que ésta no limite el ritmo de bit?
- a) 200 km b) 150 km c) 100km d) 50 km
9. Determinar la máxima longitud de un enlace óptico con receptor ideal para mantener una probabilidad de error de 10^{-9} en un sistema de modulación de intensidad a 1 Gb/s, detección directa y $\lambda=1,55 \mu\text{m}$ cuando la pérdida total en la fibra es de 0,2 dB/km y la señal a la entrada del enlace es NRZ ideal con potencia óptica para el bit "1" de 2mW.
- a) 444 km b) 309 km c) 294 km d) 235 km
10. ¿Cuál es la máxima dispersión por unidad de longitud que puede tener la fibra utilizada en el enlace del ejercicio anterior?.
- a) 2,26 ps/km b) 1,81 ps/km c) 1.72 ps/km d) 1,2 ps/km
11. De las fibras de gradiente de índice se puede afirmar que:
- a) Su finalidad es reducir la dispersión intramodal.
b) Son siempre multimodo.
c) El perfil de índice más habitual es el triangular.
d) Su comportamiento monomodo es independiente de la frecuencia a la que opera.
12. Un láser semiconductor tiene una cavidad de longitud $300 \mu\text{m}$, factor de confinamiento unidad, reflectividades de 0.3 y un coeficiente de pérdidas de scattering $a_s = 1 \text{ mm}^{-1}$. Si la reflectividad de una de sus caras aumenta al valor 0,8, ¿cómo variará la ganancia del material necesaria para seguir obteniendo oscilación láser?
- a) disminuye un 32.4% b) disminuye un 67.6%
c) aumenta un 32.4% d) aumenta un 67.6%
13. En un láser polarizado por encima del umbral y en régimen estacionario
- a) La densidad volumétrica de portadores en la cavidad se incrementa de forma proporcional a la corriente inyectada.
b) La densidad volumétrica de portadores se mantiene constante, independientemente de la corriente inyectada.
c) La corriente umbral es directamente proporcional al tiempo de vida del portador.
d) La corriente umbral es inversamente proporcional al tiempo de vida del fotón.
14. Sobre un amplificador óptico semiconductor sabemos que:
- a) La varianza de ruido depende del parámetro de emisión espontánea y del nivel de señal
b) Presenta saturación de ganancia.
c) Amplifica por emisión estimulada de fotones
d) Todas son correctas

4.Ejercicio de test

1. Si a cierto láser semiconductor con una corriente umbral de 20 mA se le inyecta un escalón de corriente con $I_{ON} = 50.83$ mA e $I_{OFF} = 0$, se obtiene un tiempo de retardo en la conmutación de 0.25 ns. ¿Cuánto vale el tiempo de vida del portador?
a) 0.30 ns b) 0.40 ns c) 0.50 ns d) 0.60 ns
2. Un tramo de fibra óptica de 2 Km de longitud ensancha los pulsos transmitidos τ ns. ¿Qué ancho de banda se transmitirá con una sección de 100 Km del mismo tipo de fibra?
a) $7.496/\tau$ MHz b) $11.244/\tau$ MHz c) $7.496/\tau$ GHz d) $11.244/\tau$ GHz
3. Para el diseño de un enlace por fibra óptica se dispone de: a) un amplificador óptico monomodo de ganancia 20 dB y parámetro de emisión espontánea igual a 2; y b) de dos tramos idénticos de fibra óptica de 50 Km de longitud con 0.2 dB/Km de atenuación. Si el amplificador se coloca en el centro del enlace, ¿cuántos fotones de emisión espontánea llegarán al receptor?
a) 20 b) 40 c) 80 d) 100
4. Si a la entrada del enlace anterior un láser monomodo inyecta 10 mW de potencia, ¿qué potencia de señal llegará al receptor?
a) 5 mW b) 10 mW c) 15 mW d) 20 mW
5. Se trata de imaginar un futuro sistema por fibra óptica totalmente ideal capaz de transmitir una señal NRZ con una probabilidad de error inferior a 10^{-11} . ¿Qué número mínimo de fotones (bit 1) deberá recibir el receptor?
a) 21 b) 23 c) 25 d) 27
6. Considérese una señal óptica NRZ ideal y un receptor con un fotodiodo PIN, con ruido térmico y sin corriente de oscuridad. ¿Cuántas veces debe ser mayor la varianza de ruido shot respecto a la de ruido térmico para que el factor Q sea $\sqrt{3}$ veces menor que el factor Q sin ruido térmico?
a) 16 b) 12 c) 8 d) 3

5.Ejercicio de test

A un receptor óptico ($\eta=0,75$) le llegan pulsos de luz de potencias P_1 (bit "1") y $P_0 = 0$. La transmisión se realiza en tercera ventana (1.55 μm) a un ritmo de 5 Gbit/s y se exige una probabilidad de error de 10^{-9} . Considerando la presencia de ruido térmico y corriente de oscuridad nula, contéstese a las siguientes cuestiones:

1ª - ¿Cuál es la relación entre el umbral de decisión óptimo y la varianza térmica?

- a) $U_{\text{opt}}^2 = 36 \cdot \sigma_0^2$ b) $U_{\text{opt}}^2 = 6 \cdot \sigma_0^2$ c) $U_{\text{opt}} = 36 \cdot \sigma_0^2$ d) $U_{\text{opt}} = 6 \cdot \sigma_0^2$

2ª - Si $\sigma_0^2 = 900$, ¿cuál es la potencia óptica del bit "1"?

- a) 212,6 nW b) 278,8 nW c) 338,5 nW d) 414,2 nW

3ª - ¿Cuál es el valor del umbral óptimo en electrones/(seg·Hz)?

- a) 180 b) 200 c) 240 d) 360

6.Ejercicio de test

Sea un receptor óptico con fotodetector PIN ($\eta=1$) en el que domina el ruido térmico.

1. ¿Cuál de las siguientes estrategias permite mejorar la SNR?
 - a. Utilizar un láser con la misma potencia óptica pero mayor anchura espectral.
 - b. Utilizar un fotodiodo APD.
 - c. Situar un preamplificador óptico tras la etapa de fotodetección.
 - d. Todas las anteriores.

2. ¿Cuándo se puede afirmar que la SNR es directamente proporcional al cuadrado de la potencia óptica incidente?
 - a. Siempre
 - b. Cuando domina el ruido Shot
 - c. Cuando el ruido térmico tiende a infinito
 - d. Nunca

Se sustituye el PIN por un APD con eficiencia cuántica perfecta, factor de ruido de multiplicación $F(M)=M$ y corriente de oscuridad despreciable.

3. Supóngase un APD optimizado. Cuál debe ser el valor de la ganancia de multiplicación (M) para que esta SNR sea 13 dB inferior a la que se tendría en una situación de límite cuántico.
 - a. 6,6
 - b. 13,3
 - c. 19,8
 - d. Ninguna de las anteriores

4. Si en la situación anterior la potencia óptica aumenta al doble, ¿cómo varía la SNR?
 - a. Aumenta en 6 dB
 - b. Aumenta en 3 dB
 - c. Disminuye en 6 dB
 - d. No varía

De cierto láser semiconductor se conocen los siguientes parámetros:

Tiempo de vida del portador: 0,5 ns

Tiempo de vida del fotón: 4/3 ps

Reflectividades: 1/3

Longitud de onda central: 1,55 micras

Longitud de la cavidad: 150 micras

Pérdidas de scattering: $26,76 \text{ cm}^{-1}$

En medidas de laboratorio se comprueba que el láser emite 3,08 mW (si $I=30$ mA) y 4,62 mW (si $I=35$ mA). Contéstese a las siguientes cuestiones:

5. Si para el modo fundamental la ganancia del material es 400 cm^{-1} , ¿cuánto vale el factor de confinamiento?
a) 0,3 b) 0,28 c) 0,2 d) 0,25
6. ¿Cuál es el valor del índice de refracción de la zona activa?
a) 4 b) 3,8 c) 3,6 d) 3,4
7. ¿A partir de qué corriente se obtiene efecto láser?
a) 34 mA b) 31 mA c) 24 mA d) 20 mA
8. ¿Cuál sería el valor de la ganancia en pasada única si fuese $R=0,2$?
a) 1,5 b) 2,5 c) 5 d) 10
9. Si los valores dados de corriente corresponden a una modulación IM-DD, se ha medido un tiempo de respuesta de 36,45 ps. ¿Qué tiempo de conmutación tendríamos para niveles de corriente de 30 y 100 mA?
a) 22 ps b) 30ps c) 34 ps d) 38 ps
10. Se aplica un escalón de corriente $I(t)=I_0\cdot u(t)$. ¿Qué valor de I_0 nos daría un tiempo de retardo mitad del tiempo de vida del portador?
a) 64,82 mA b) 60,14 mA c) 50,83 mA d) 31,64 mA
11. Una fibra óptica presenta una dispersión modal de 20 ps/km y un coeficiente de dispersión intramodal de 10 ps/(km·nm). Si la fuente óptica tiene una anchura espectral $\Delta\lambda=1\text{nm}$, la longitud máxima del enlace para transmitir una señal NRZ de 500Mbps será de:
a) 16,76 Km b) 23,85 Km c) 47,4 Km d) 53,52 Km
12. Las pérdidas que se generan al unir dos fibras ópticas de diferentes núcleos ($2a_1=100$ micras y $2a_2=25$ micras) son:
a) 0 dB b) 12 dB c) 14 dB d) 28 dB
13. A un receptor ideal le llegan bits con $P_1=0,2$ mW y $P_0=0$ mW. ¿Cuál debe ser el mínimo tiempo de bit para obtener una BER de 10^{-9} ?
a) $10^5 hf$ s b) $2\cdot 10^5 hf$ s c) $3\cdot 10^5 hf$ s d) $4\cdot 10^5 hf$ s

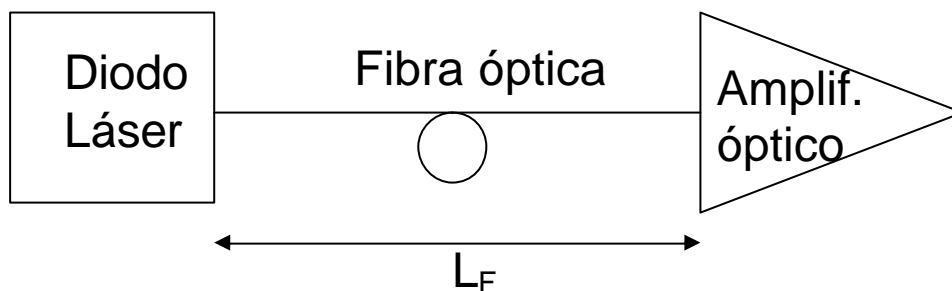
Se dispone de un amplificador óptico de ganancia 20 dB y parámetro de emisión espontánea 3. A su entrada le llega una señal NRZ ideal de 2,5 Gbit/s en tercera ventana. Si la potencia del bit "1" es de 0,1 mW, contestar a las siguientes cuestiones:

14. ¿Qué potencia de emisión espontánea genera este amplificador?
a) 16 nW b) 39 nW c) 66 nW d) 99 nW
15. ¿Cuál es aproximadamente la SNR a la salida del amplificador?
a) 47 dB b) 41 dB c) 35 dB d) 29 dB

Ejercicio 1

Considérese un diodo láser monomodo de longitud L_{DL} , reflectividad de sus caras iguales de valor R y ancho de banda f_f (GHz). Se pide:

- Describir breve y cualitativamente su comportamiento dinámico cuando se somete a un escalón de corriente.
- Se dispone, por un lado, de un amplificador óptico de onda progresiva que presenta un coeficiente de ganancia neta por unidad de longitud igual al del diodo láser. Y, por otro, de una fibra óptica de atenuación α (dB/km) que ensancha los pulsos T (ns/km). La luz emitida por el diodo láser se acopla a la fibra y ésta al amplificador óptico según el esquema de la figura.



La longitud de la fibra, L_F , es la máxima permisible para no recortar el ancho de banda del láser. ¿Cuál debe ser la longitud del amplificador óptico para que su ganancia compense exactamente la atenuación en la fibra?. Expresar el resultado en función de los parámetros dados del láser y de la fibra.

Ejercicio 2

Los sistemas receptores ópticos estaban basados inicialmente en un fotodiodo PIN y la electrónica correspondiente. En esta situación, cuando la señal recibida es muy débil, se puede considerar que el ruido dominante es el ruido térmico.

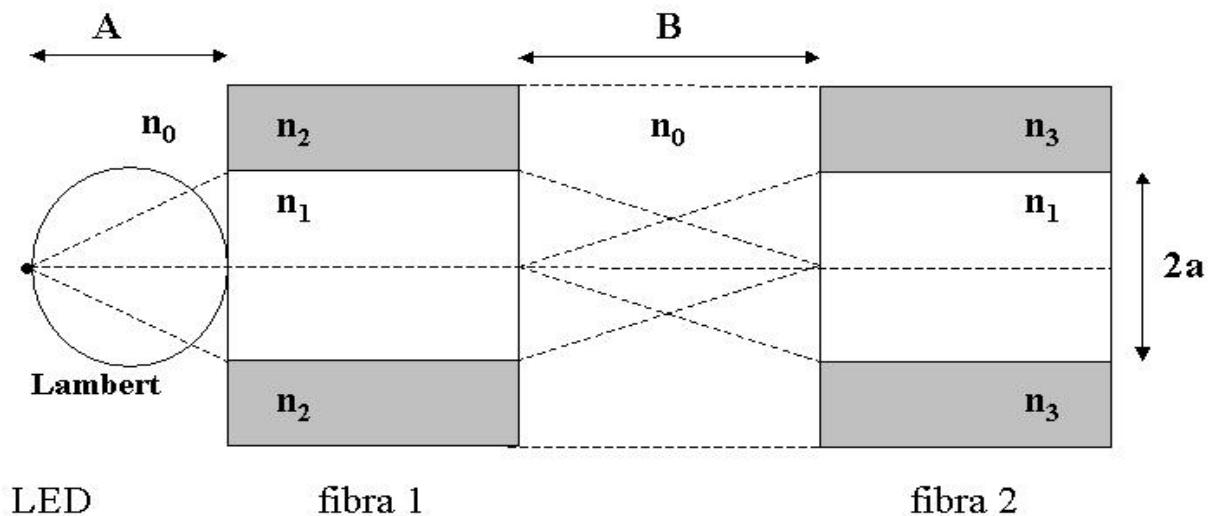
Si el PIN es sustituido por un APD el ruido dominante pasa a ser el ruido shot (siempre y cuando el factor de ganancia sea lo suficientemente elevado). En ausencia de corriente de oscuridad y considerando una señal NRZ, se pide:

- Determinar la expresión de la SNR (considerando el ruido térmico despreciable y la eficiencia cuántica unidad) en función de la SNR en el límite cuántico.
- Deducir de manera clara y concisa la condición que debe cumplir el factor de ruido del APD para mejorar la sensibilidad del receptor con un PIN.

Ejercicio 3

Considérese el conjunto: LED + fibra 1 + fibra 2 de la figura. Se pide:

- La fracción de potencia óptica inyectada a la fibra 1 respecto la potencia óptica total radiada por la fuente (eficiencia de acoplamiento) en función de la distancia A. Tómese la fuente como puntual y con un diagrama de radiación de Lambert.
- Deducir las pérdidas existentes en la unión entre la fibra 1 y la fibra 2 sabiendo que están separadas una distancia B y que presentan distintos índices de refracción del revestimiento.



Ejercicio 4

Un sistema de transmisión por fibra óptica que transmite una señal NRZ ideal emplea un diodo láser semiconductor que inyecta dentro de la fibra una potencia óptica de $730 \mu\text{W}$ (bit "1") a una longitud de onda de $1,3 \mu\text{m}$. El enlace presenta una atenuación total de $0,4 \text{ dB/km}$ incluyendo pérdidas en uniones. El receptor es un APD que requiere un número de fotones incidentes en el bit "1" de 1200 para tener una determinada probabilidad de error. Se pide:

- Encontrar y representar gráficamente la expresión de la longitud máxima de transmisión (limitada por atenuación) en función del ritmo de bit.
- Calcular la dispersión máxima de la fibra para que la longitud de transmisión siga siendo la del apartado (a) para un ritmo de bit de 10 Gb/s .

Exercici 5

- Dedueix l'angle d'acceptació extern de la fibra òptica. ¿Què passaria si $n_1 = 1$?
- Traça la corba d'atenuació en λ d'una fibra òptica convencional marcant les causes que l'afecten.
- Dedueix la dependència del número de modes emesos per un làser amb el factor parabòlic de corbatura del guany del material.

Exercici 6

Un enllaç per fibra òptica està caracteritzat per:

- Font làser que emet 2 mW a tercera finestra
- Format de modulació NRZ a 2.5 Gb/s
- Fibra monomode estàndard ($D=16$ ps/Km/nm, $\alpha=0.2$ dB/Km a 1550 nm)
- Fotodetector PIN ideal

- a) Deduïu la longitud màxima de l'enllaç limitada per atenuació si s'exigeix una probabilitat d'error de 10^{-9} en absència de soroll tèrmic.
- b) Se substitueix el PIN per un APD ($\eta=0.7$, $M=100$, $F_{APD}=15$ dB, soroll tèrmic i corrent de fosc nul). Trobeu la nova distància màxima de l'enllaç (limitada per atenuació) i compareu-la amb el cas ideal (límit quàntic).
- c) Si en lloc de substituir el fotodiode s'afegeix un preamplificador òptic ($G=30$ dB i $n_{sp}=1.58$), trobeu la nova distància màxima de l'enllaç (limitada per atenuació) i indiqueu quin dels dos casos és millor.

Ejercicio 7

Considérese una fibra óptica de salto de índice, se pide:

- a) Describir brevemente los tipos de dispersión que pueden darse en la fibra y la incidencia de cada uno de ellos en la dispersión total según la longitud de onda de operación.
- b) Obtener la expresión que relaciona el ancho de banda de la fibra con la dispersión.
- c) La fibra presenta un retardo por unidad de longitud debido a dispersión del material expresado por:

$$t = A + BI^2 + CI^{-2} \quad [\text{s/m}],$$

donde A,B y C son constantes y λ es la longitud de onda de operación. Obtener la expresión de la dispersión del material y deducir la longitud de onda de dispersión del material nula (expresarlas en función de A,B y C).

- d) Si el radio del núcleo de la fibra es de $4\mu\text{m}$, su apertura numérica vale 0,15 y se transmite una señal digital NRZ utilizando un LED de 2ª ventana, determinar la longitud máxima de fibra si el ritmo de bit permitido es $(3\tau_s)^{-1}$, siendo τ_s el tiempo de vida del portador. Expresar el resultado en función de los parámetros de la fibra.

Nota: considérese despreciable la dispersión de guiaoonda.

Ejercicio 8

Para detectar una señal NRZ ideal se dispone de un receptor cuyo fotodetector es del tipo PIN con $\eta=1$ y ruido de oscuridad despreciable. Trabajando con una probabilidad de error por bit de 10^{-9} , el receptor presenta una varianza de ruido térmico 100 veces mayor que la varianza del ruido shot.

- a) Aplicando las aproximaciones que se consideren justificadas, determinar el número de fotones promedio recibidos por bit.
- b) Si se sustituye el PIN por un APD con factor de ruido $F(M)=M$, ¿cuál es la M óptima?

$$h=6.63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}, \quad q=1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad K=1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J}^\circ\text{K}$$

Ejercicio 9

Se dispone de un laser simétrico ($R=0.45$) de segunda ventana ($1.3 \mu\text{m}$) con $L=200 \mu\text{m}$, $W=5 \mu\text{m}$, $d=0.2 \mu\text{m}$, $n=3.5$ y $\Gamma a=2.16 \cdot 10^{-20} \text{ m}^2$. Además se sabe que el cociente entre la corriente umbral y el número de portadores umbral es de $1.3 \cdot 10^{-26} \text{ A} \cdot \text{m}^{-3}$. Responder a las siguientes cuestiones:

- Si para cierta corriente I_{ON} y una corriente I_{OFF} nula, el tiempo de conmutación es de 1 nseg, ¿cuál es la relación entre la corriente del bit “1” y la corriente umbral?
- Se aumentan los niveles de I_{ON} e I_{OFF} en la cantidad $2 \cdot I_{\text{TH}}$. Describir la dependencia entre el tiempo de conmutación (t_{ON}) y ambos niveles de corriente.
- ¿Se podría calcular I_{TH} sabiendo que $t_{\text{ON}} = 40 \text{ pseg}$?
- ¿Por qué en el primer apartado el tiempo de conmutación es peor que en el segundo si la diferencia de corrientes entre el bit “1” y el bit “0” se ha mantenido?
- Calcular y representar la característica luz-corriente si el laser presenta unas pérdidas totales de 47.65 cm^{-1} y la corriente umbral es de 10 mA.

Ejercicio 10

Se pretende implementar un enlace de comunicaciones por fibra óptica y se dispone de

- Un laser monomodo de 3ª ventana que entrega una potencia máxima de 0 dBm.
- Una fibra monomodo de 0,2 dB/Km y dispersión total de 16 ps/(nm·Km)
- Un receptor con un PIN de responsividad $1/\sqrt{2}$ y una varianza térmica de $5 \cdot 10^{-11} \text{ A}^2$
- Un generador de bits a 10 Gbit/s en formato NRZ.

Los requerimientos de diseño son los siguientes:

1º - Garantizar que la potencia recibida sea mayor que la sensibilidad para $\text{BER} = 10^{-9}$

2º - Y que el ensanchamiento de los pulsos sea inferior al 50 % del tiempo de bit

Considerando que la anchura del espectro óptico emitido es igual al 50% de la velocidad de transmisión, que el ancho de banda está limitado por la fibra y que la potencia óptica para el bit “0” es nula, contestar a las siguientes cuestiones:

- ¿Cuál es la distancia máxima del enlace?
- Si se dispone de un amplificador óptico con una ganancia en potencia de 40 dB y un parámetro de emisión espontánea igual a 2, encontrar la nueva distancia máxima del enlace. Considérese que el ruido dominante es el de batido señal-ASE.

Ejercicio 11

En un receptor óptico que incorpora un fotodetector APD (eficiencia cuántica igual a 0.8, corriente de oscuridad nula, $M = 40$ y $x = 0.7$), se recibe una potencia P_1 para el bit “1” y una potencia $P_0 = 0$ para el bit “0”. Si el umbral de decisión óptimo del receptor está situado a un tercio de la distancia entre los valores medios del bit “1” y del bit “0”, calcular el número promedio de fotones recibidos (sensibilidad) necesarios para tener una $\text{BER} = 10^{-9}$.