



Professors: Joan M. Gené, Sergio Ruiz Moreno, M<sup>a</sup>José Soneira

Informacions addicionals:

- Durada de la prova:
- Les respostes dels diferents problemes s'entregaran en fulls separats.

### Ejercicio 1:

Un diodo láser simétrico (exterior aire) tiene los siguientes parámetros:  $L=200 \mu\text{m}$ ,  $w=5 \mu\text{m}$  y  $d=0,2 \mu\text{m}$ ,  $\tau_{\text{sp}}=2,5 \text{ ns}$ ,  $a=2,5 \cdot 10^{-20} \text{ m}^2$ ,  $n=3,5$  y  $\Gamma=1$ .

- Si las pérdidas de scattering son iguales a las pérdidas totales en las caras, calcular la ganancia del material en el umbral láser.
- Sabiendo que los procesos estimulados se igualan para una densidad de corriente de  $1,6 \text{ kA/cm}^2$ , calcular el nivel de transparencia.
- Calcular la corriente umbral de efecto láser.
- Si el láser se modula digitalmente con  $I_{\text{OFF}}=0$ , deducir la expresión del tiempo de respuesta.
- Si ahora el láser se modula con  $I_{\text{ON}}=3 \cdot I_{\text{TH}}$  y  $I_{\text{OFF}}=1,1 \cdot I_{\text{TH}}$ , determinar cuál debería ser el nuevo  $\tau_{\text{sp}}$  para que el tiempo de conmutación fuese diez veces menor que en la modulación anterior.

Nota: tómesese  $t_{\text{ON}}^2 = 25 \cdot 10^{-24} \cdot \frac{\ln(P_{\text{ON}}/P_{\text{OFF}})}{I_{\text{ON}} - I_{\text{OFF}}} \text{ [s}^2\text{]}$ .

- Comentar razonadamente cómo se obtendría el mínimo tiempo de conmutación.

### Ejercicio 2:

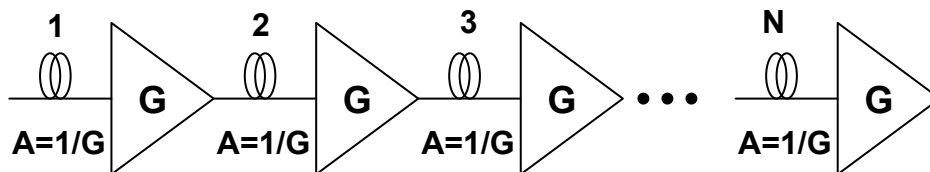
Un enlace de comunicaciones ópticas está formado por un láser simétrico monomodo (con  $\alpha_s=0$ ,  $I_{\text{th}}=15 \text{ mA}$  y  $R=0,2$ ), una fibra óptica de longitud  $L$  y un fotodiodo ideal.

- Si el láser se polariza con  $I=90 \text{ mA}$  y el fotodiodo detecta  $I_{\text{ph}}=417 \mu\text{A}$ , calcular la atenuación total del enlace (en %).
- Sabiendo que la potencia de entrada al fotodiodo es  $343,6 \mu\text{W}$ , determinar razonadamente en qué ventana óptica opera el enlace y su longitud aproximada.
- Si la potencia anterior corresponde a un pulso de anchura  $\tau=100 \text{ ps}$ , ¿cuánto vale la SNR en el límite cuántico?
- ¿qué potencia emite el láser si se polariza a  $75 \text{ mA}$ ?
- Asignar este valor de corriente al bit "1" y  $15 \text{ mA}$  para el bit "0" en la modulación del láser. Si el ritmo de bit es de  $2 \text{ B bit/s}$  y se desea  $P(\epsilon) \leq 10^{-9}$ , demostrar que la varianza de ruido térmico  $\sigma_{\text{th}}^2$  está acotada, aproximadamente, por el valor  $(I_{\text{ph}}/12)^2$ .
- Tomando este valor máximo para  $\sigma_{\text{th}}^2$ , demostrar que para el bit "1" se cumple que la  $\text{SNR} \approx 21,6 \text{ dB}$ .
- Deducir la expresión exacta de la sensibilidad de este receptor,  $\langle n_a \rangle$ , para  $P(\epsilon) \leq 10^{-9}$ .

**Ejercicio 3:**

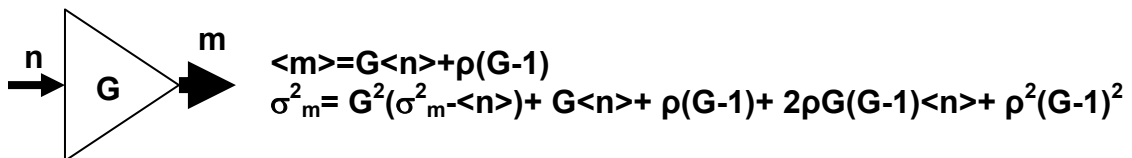
Se dispone de fibra óptica standard con parámetro de atenuación de  $\alpha=0.2$  dB/km y parámetro de dispersión cromática  $D=17$  ps/(km-nm).

- Si se quiere que la fibra tenga un comportamiento monomodo a partir de una longitud de onda de corte de  $1,2 \mu\text{m}$  y que su ángulo de aceptación no sea inferior a  $5,75^\circ$ , determinar el diámetro del núcleo.
- Si se dispone de un receptor que requiere una energía de bit mínima ( $E_{\text{min}}$ ) de  $10^{-15}$  J para tener una probabilidad de error de  $10^{-9}$ . Calcular la distancia máxima del enlace en función de la velocidad de transmisión ( $R_b$ ), la potencia del transmisor ( $P_T$ ) y de  $E_{\text{min}}$ .
- Si se quiere que la velocidad de transmisión sea 10 Gb/s, ¿cuál es la máxima distancia del enlace si la potencia de transmisión es 0 dBm?
- Si se utiliza un preamplificador óptico en el receptor que mejora 20 dB la sensibilidad, calcular la potencia óptica a la entrada del amplificador óptico.
- Para compensar la dispersión se dispone de una fibra de compensación de dispersión (DCF) que presenta un parámetro de atenuación de  $\alpha=0.6$  dB/km y parámetro de dispersión cromática  $D= -85$  ps/(km-nm). Calcular cuánta fibra DCF es necesaria por cada 100 km de fibra standard.
- A pesar de la compensación, la máxima longitud conseguida del enlace es de 1000 km. Si se dispone de amplificadores ópticos de 40 dB de ganancia, ¿cuál será la máxima distancia entre amplificadores si el láser transmite 0 dBm y al fotodiodo le tiene que llegar 1 mW.
- Ahora se pretende calcular la SNR del enlace de la figura



donde  $G$  es la ganancia de los amplificadores,  $A$  la atenuación del tramo de fibra. Obtener, como paso previo la media y la varianza del número de fotones por bit que pasa por un tramo de fibra con atenuación  $A$ .

- Si a la salida de un amplificador óptico se tiene



Determinar la SNR de  $N$  tramos de fibra-amplificador aplicando las aproximaciones que se consideren oportunas.