

CAPÍTULO 2. PUERTAS LÓGICAS Y CORRELADORES

Puerta lógica XOR

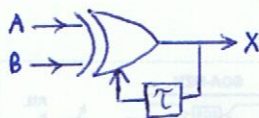
- XOR convencional de un bit

$$a \oplus b = x = a \oplus b$$

- XOR de N bits

$$x_i = (a_i \oplus b_i) \cdot x_{i-1}$$

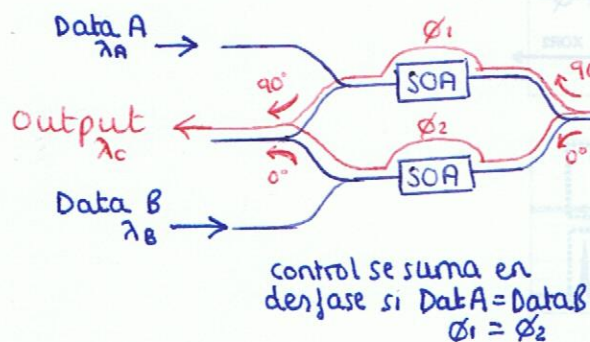
señal de control



Permite comparar la igualdad de 2 patrones de bit si se invierte uno de ellos
ej: A: etiqueta (dirección)
B: dirección referencia invertida bit a bit

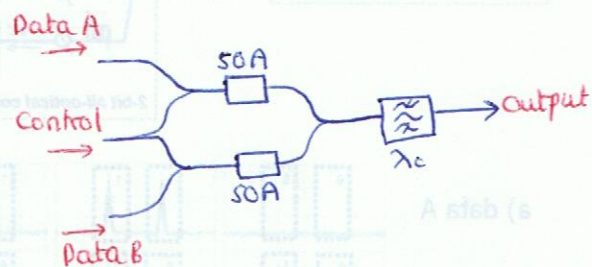
Implementaciones

→ SOA-MZI en contra propagación / en co-propagación

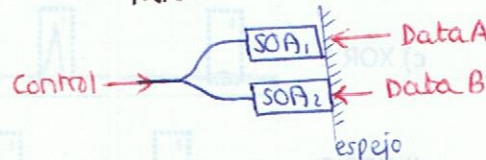


- Se logra trabajar en 10/20/40 Gbps → no más
- Relación de extinción > 13 dB

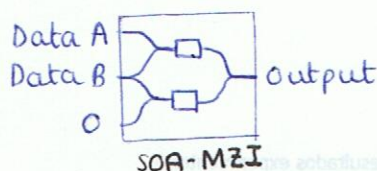
El control puede ser CW o pulsado



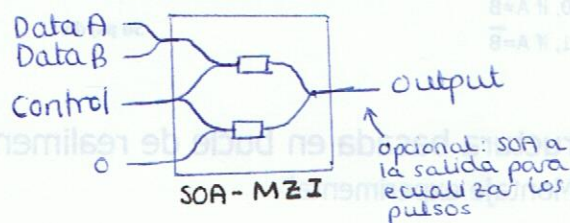
→ SOA con interferómetro Michelson



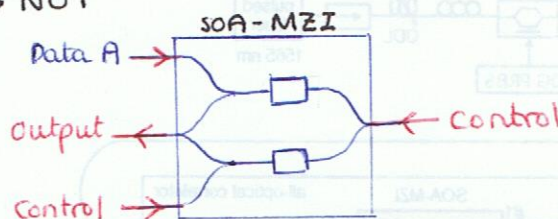
→ AND



→ OR



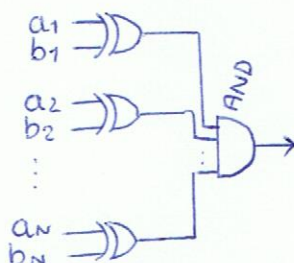
→ NOT



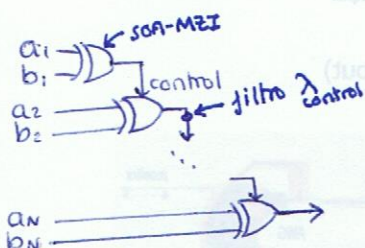
Se puede usar SOA a la salida para mejorar la BER

Comparar patrón de N bits → Correladores ópticos sale un pulso cuando $A = \bar{B}$

- operar bit a bit



- Configuración en cascada



- la relación de extinción se degrada con el número de bits (ruido ASE del SOA)

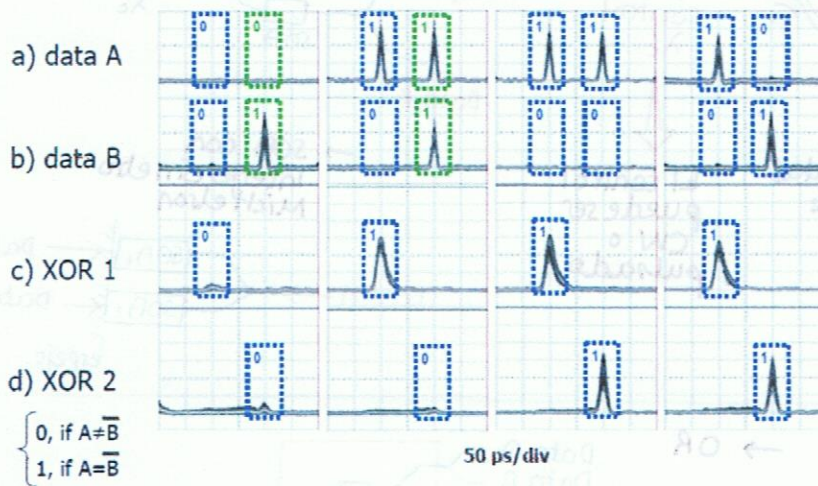
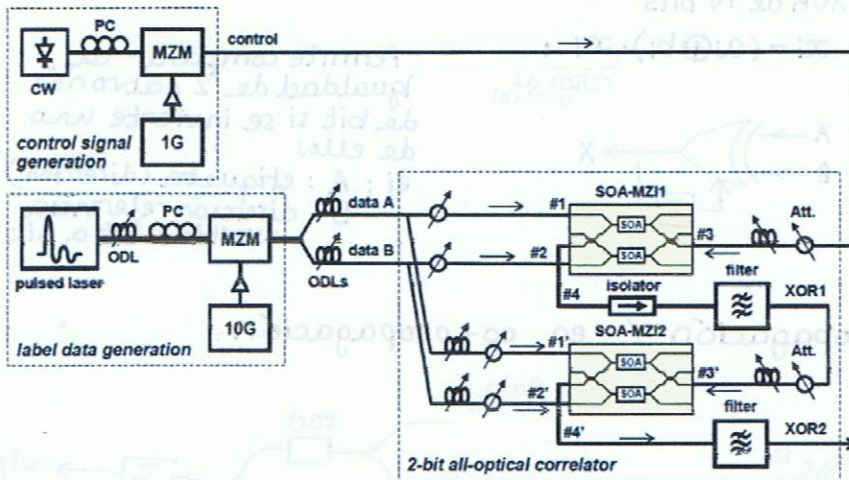
- Configuración con realimentación



- ventaja: muy escalable
- desventaja: bucle de realimentación rápido (del orden de un bit)
- BER se degrada con el n° de bits

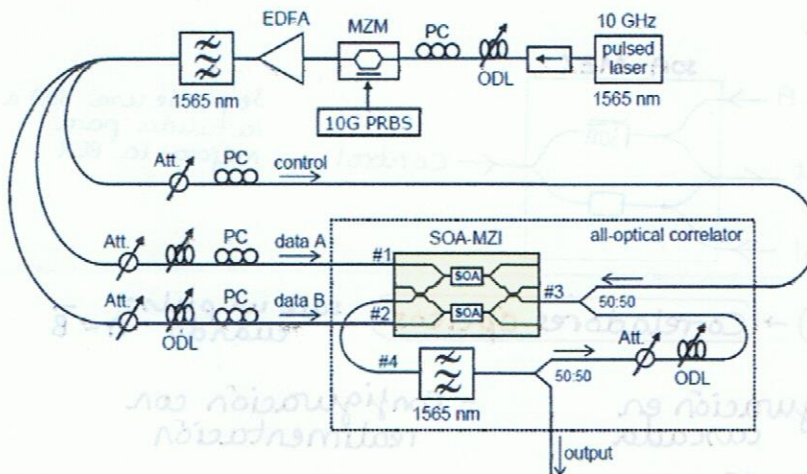
Estructura basada en SOA-MZIs en cascada

Montaje experimental

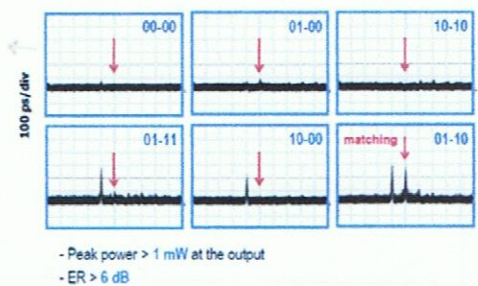


Estructura basada en bucle de realimentación

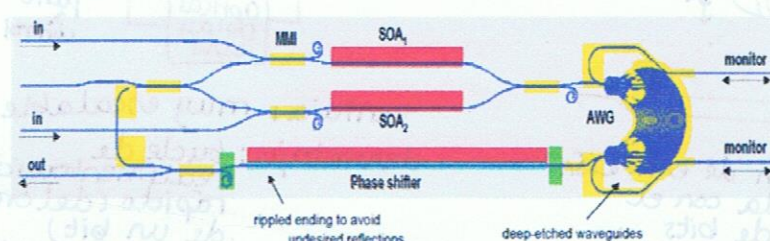
Montaje experimental



Resultados experimentales



Fabricación del prototipo en InP (mask layout)

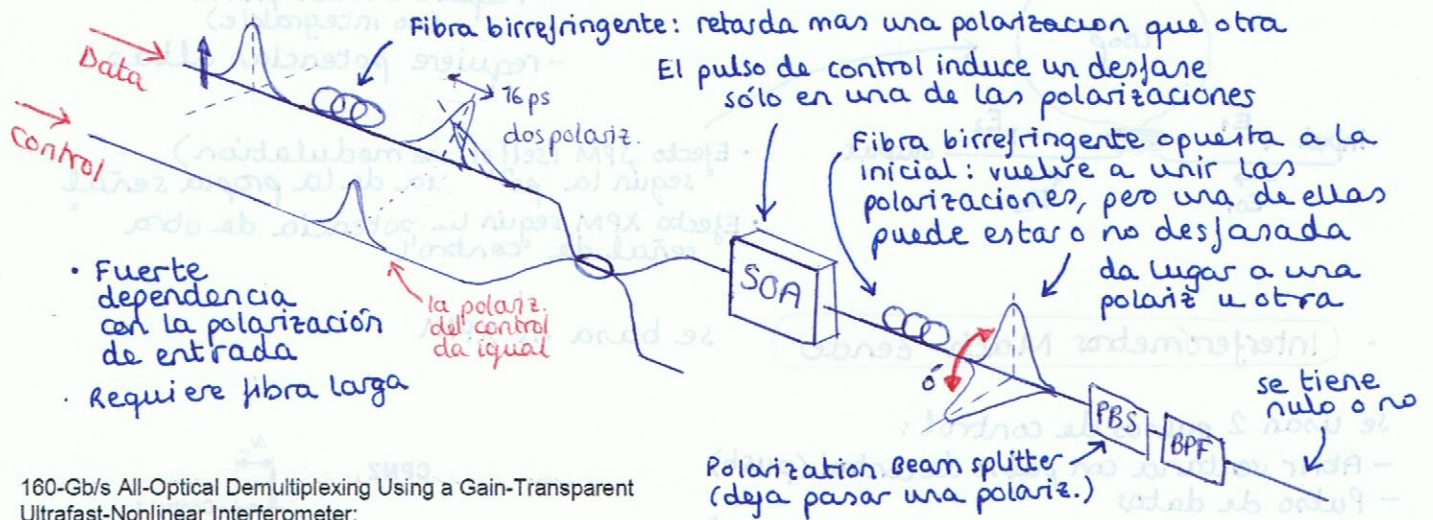


CAPÍTULO 3. DISPOSITIVOS DE CONMUTACIÓN Y ENRUTAMIENTO

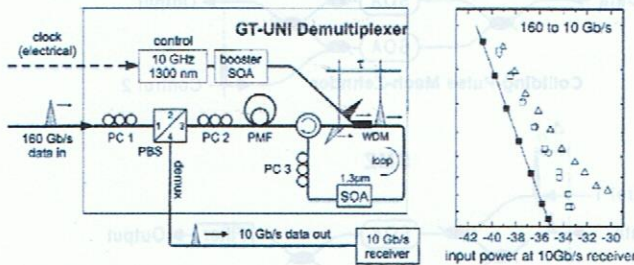
UNI: Ultrafast Nonlinear Interferometer

- switching en ps (< 1 ps) 😊
- poca potencia necesaria (ACTIVO) 😊
- NO integrable 😞

- Bloquea o deja pasar la señal
- Interferencia entre polarizaciones



160-Gb/s All-Optical Demultiplexing Using a Gain-Transparent Ultrafast-Nonlinear Interferometer:

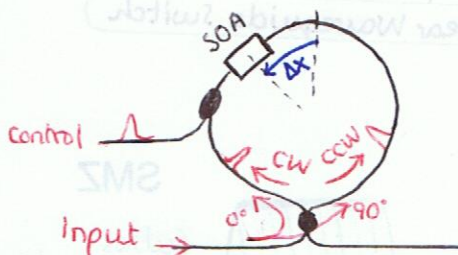


← usa misma fibra birrefringente cambiando cada vez el sentido

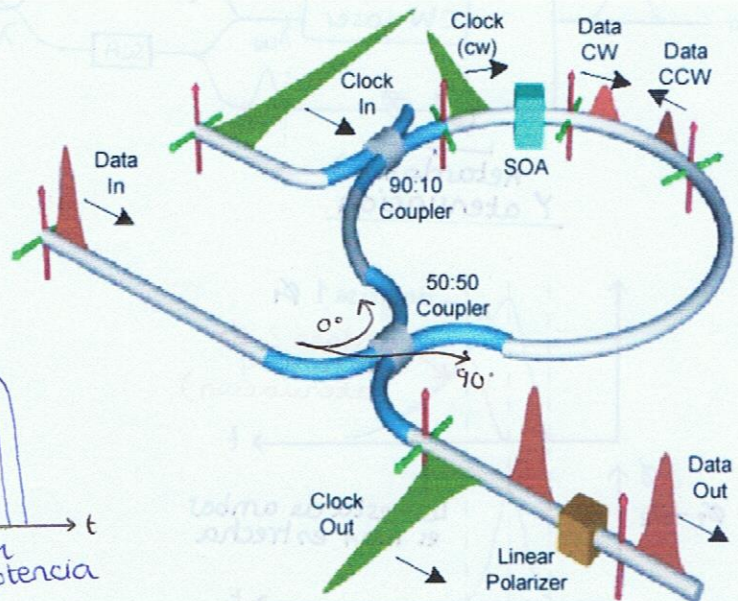
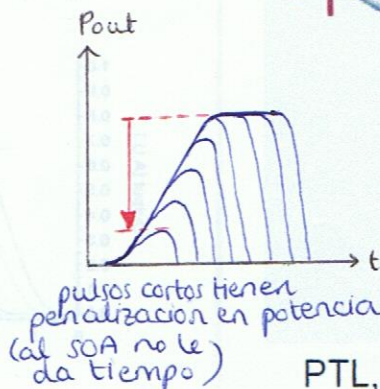
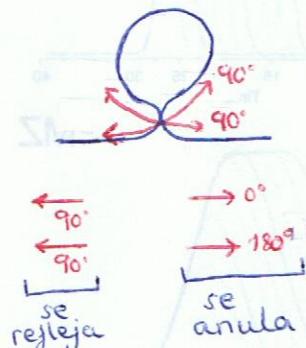
TOAD: Terahertz Optical Asymmetric Demultiplexer

- < 1 ps
- Activo: requiere pot & Integrable

El pulso de control debe llegar justo cuando el pulso CW entre al SOA (por eso el SOA está descentrado, para que no llegue tambien el ccw)



- En ausencia de modulación de fase:



NOLM Nonlinear Optical Loop Mirror

Es poco intuitivo pero se logra el mismo comportamiento que el TOAD

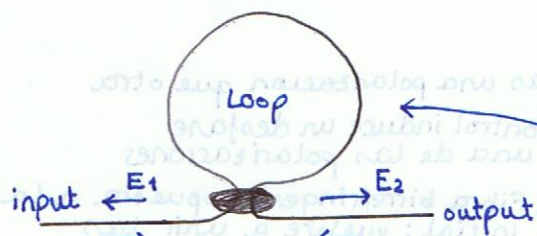
Dispositivo pasivo

⇒ mucho mas rápido!

(ej 640 Gb/s)

Pero:

- requiere mas fibra (no integrable)
- requiere potencias altas



- Efecto SPM (self phase modulation) según la potencia de la propia señal
- Efecto XPM según la potencia de otra señal de control

Interferómetros Mach-Zehnder

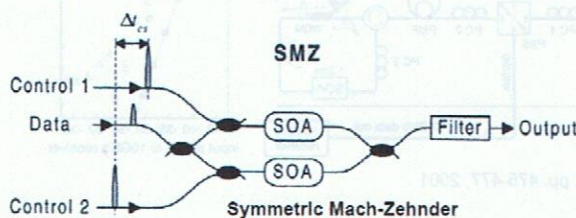
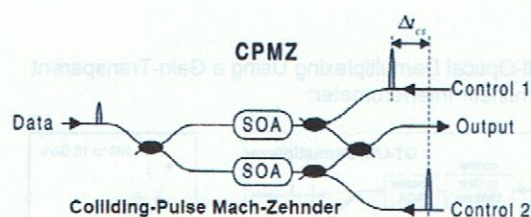
se basa en XPM

se usan 2 pulsos de control:

- Abrir ventana con pulso de control (push)
- Pulso de datos
- Cerrar ventana con pulso de control (pull)

Si se usa montaje contra-propagante +: no hace falta usar distintas λ para poder separar

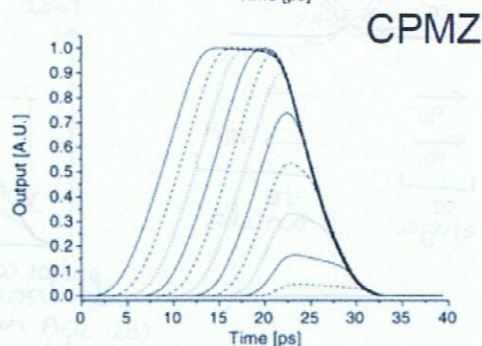
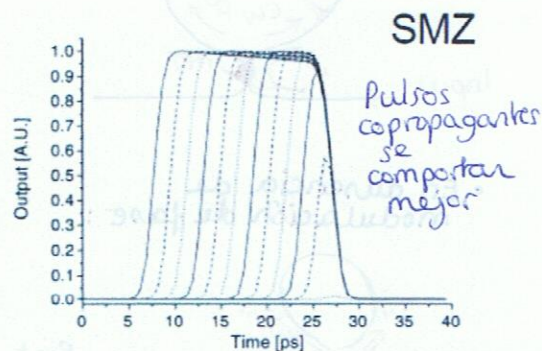
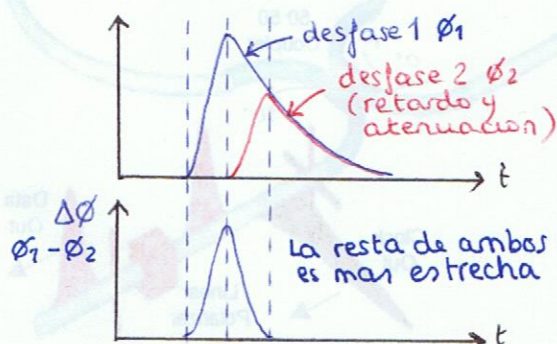
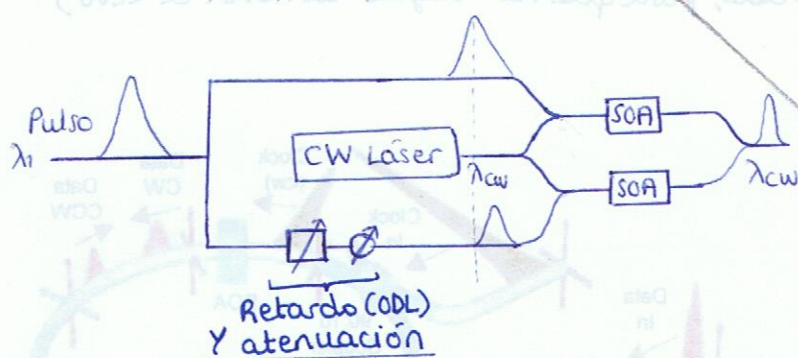
- : el SOA mide ~mm, le entran datos por los dos extremos (datos por uno y control por otro). El acople no es tan eficiente



Si en lugar de SOA se utiliza guía no lineal, se llama

NLWG: Nonlinear Waveguide Switch

Acelerar el funcionamiento con montaje diferencial

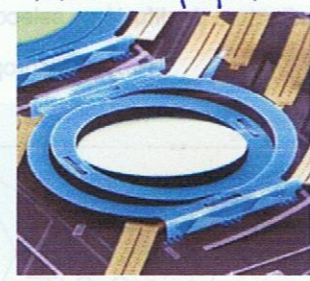
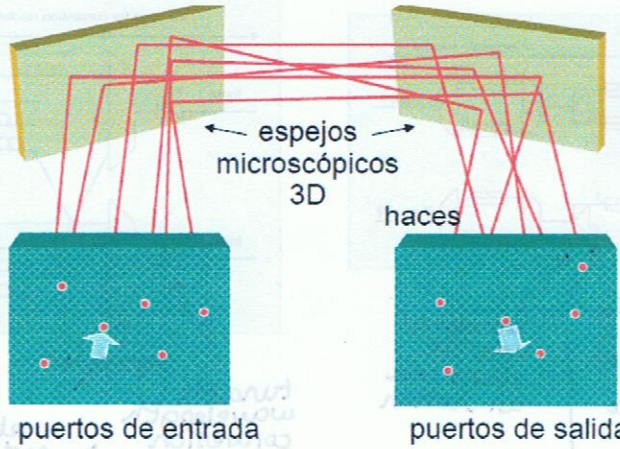
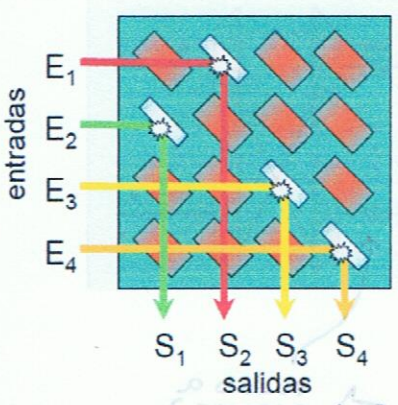


MEMS : Micro-Electro-Mechanical Systems

- Velocidad de reconfiguración lenta (~ ms) → funcionamiento estático
- Gran número de fibras de entrada/salida

< 1kHz

micro espejos



MEMS 2D

MEMS 3D

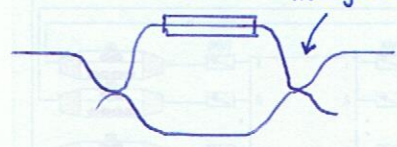
- Escalado difícil
- Para cada fibra de entrada necesito tanto espejos como fibras de salida

- escalable

Conmutador termo-óptico

caliento la guía y cambia el índice de refracción

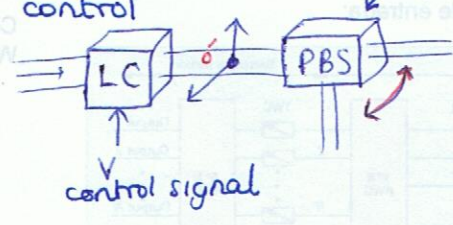
interferométrico



Cristales líquidos

crystal líquido cambia la polarización de una señal en función de una tensión de control

polarization beam splitter



Conmutador basado en burbuja

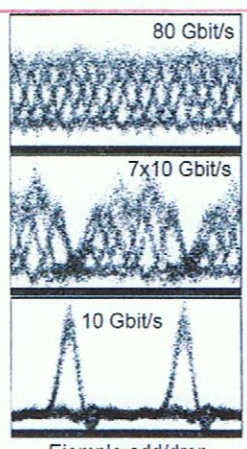
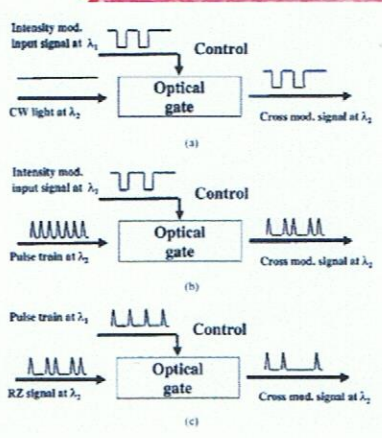
- Tecnología de impresoras de tinta se mueven burbujas
- comutador 32x32

Conmutadores electro-holográficos

Difracción de los haces mediante hologramas (distribuciones de carga en cristales)

Puedo variar la distribución de carga con una tensión

Puertas ópticas basadas en SOAs

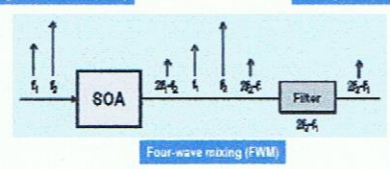
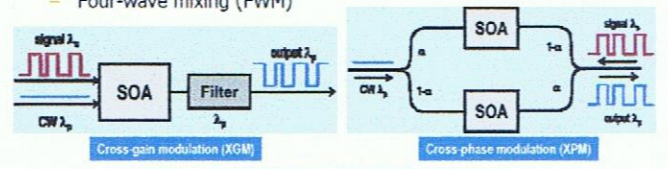


Ejemplo add/drop

ej: extraer un bit de cada 8 a un tributario de alta velocidad

Conmutadores temporales (o deja pasar o no)

- Efectos no lineales:
 - Cross-gain modulation (XGM)
 - Cross-phase modulation (XPM)
 - Four-wave mixing (FWM)

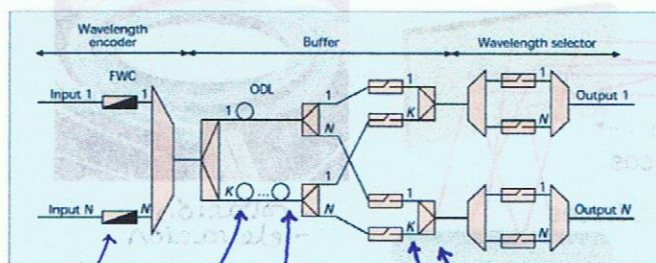


Estructuras de enrutadores ópticos OXC

Arquitectura de difusión y selección:

broadcast and select

(Proyecto europeo KEOPS)



convertidores de λ fijos para evitar colisión

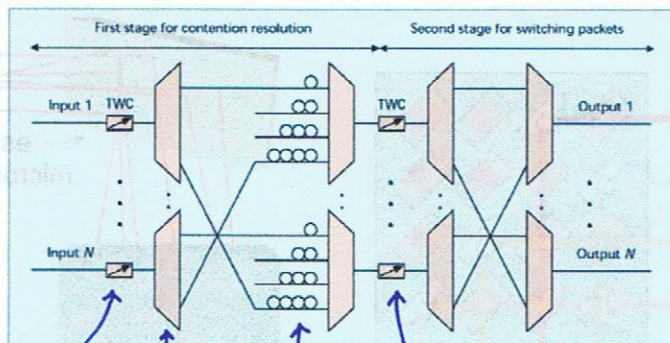
retardo para evitar contienda

en CADA salida están TODOS los paquetes, con el mismo retardo

escogemos una de ellas con un switch

tenemos todas las combinaciones de los N paquetes a todos los K retardos

Arquitectura con buffers de entrada y red de distribución:



separador

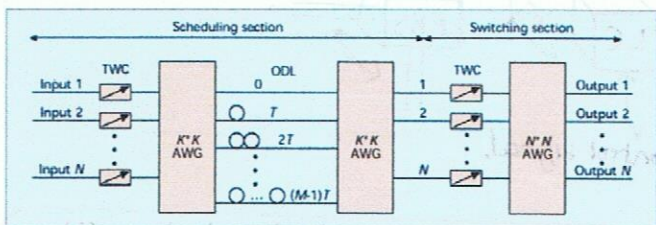
tunable wavelength conversion (selección de la λ para que vaya a una determinada fibra)

retardo evita contienda

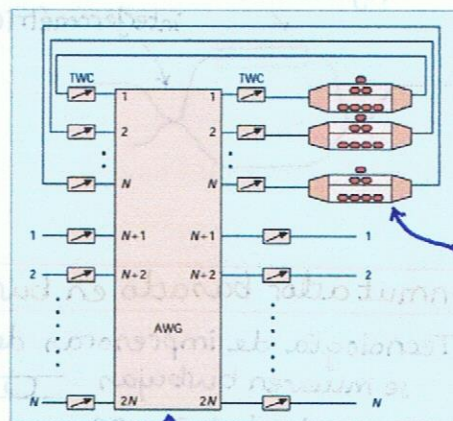
vuelvo a escoger λ para determinar la salida

i.e. escogiendo la λ fijo el retardo

Arquitectura con buffers de entrada:

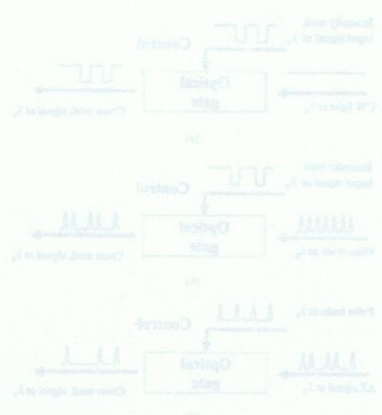
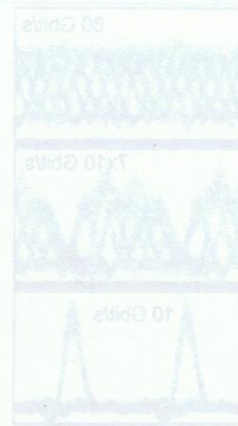
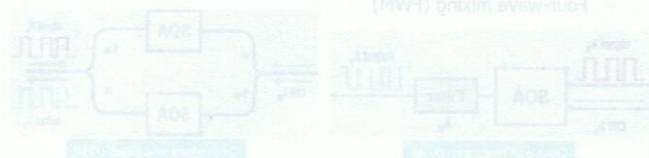


Conmutador WASPNET:

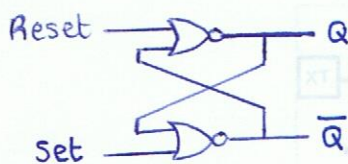


único AWG conectado a fibras de entrada y de salida

si necesito retardo

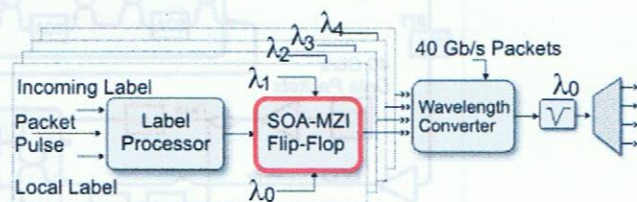


Flip-flops ópticos

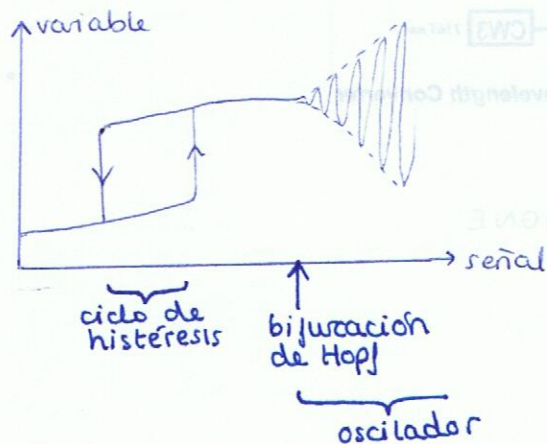


Aplicaciones:

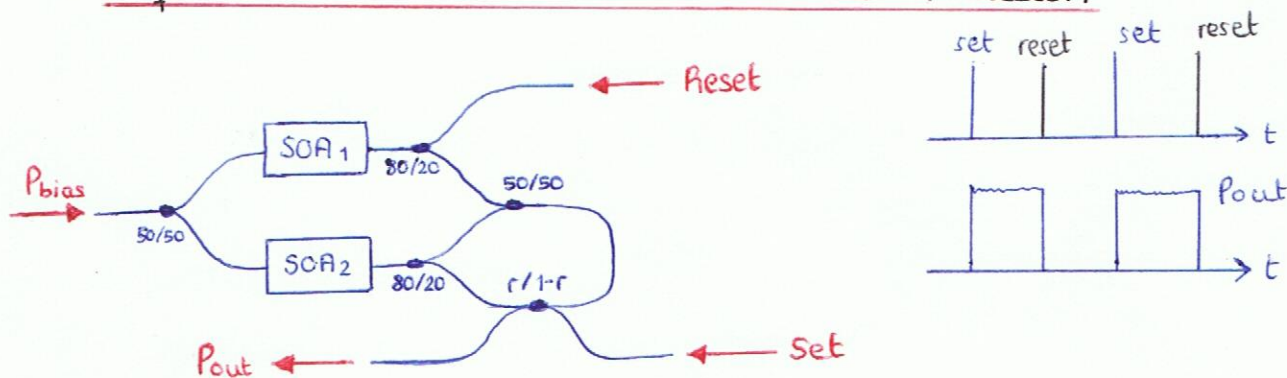
- Oscilador / generador de reloj
- Memoria óptica de 1 bit
- Elemento de conmutación/enrutamiento



Comportamiento biestable



→ Arquitectura basada en SOA-MZI con realimentación

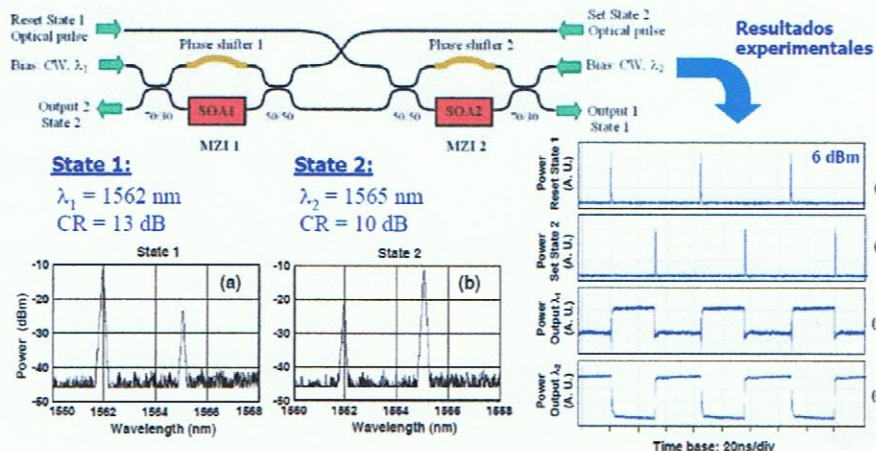


Pulso de Set: - Llega al SOA2
- Desbalancea el interferómetro
- Aparece señal a la salida que se realimenta aunque desaparezca el pulso de SET

Pulso de Reset: - Vuelvo a balancear el interferómetro
- Desaparece la señal a la salida - ya no se realimenta

→ Arquitectura basada en cavidades acopladas

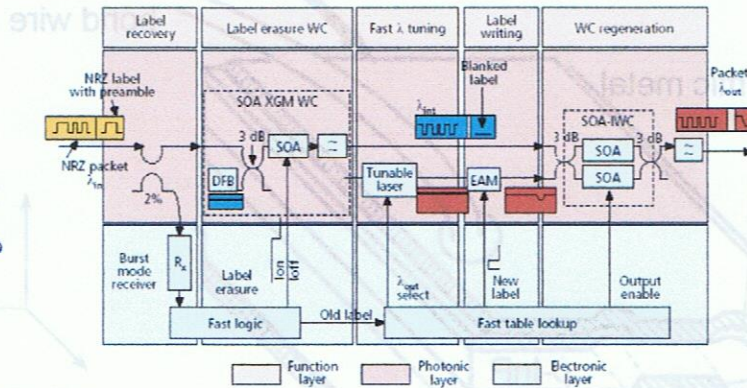
- Los dos estados son emitir λ_1 o emitir λ_2
- Cavidades funcionan como láser a λ_1 y λ_2
- Cuando uno emite, satura al otro, impidiéndole emitir (con SET y RESET se activa un láser u otro)



CAPÍTULO 6 : DISPOSITIVOS PARA CONVERSIÓN DE λ Y REGENERACION

Nodo óptico

Nodo optoelectrónico que multiplexa la etiqueta en el tiempo



Procesado de la etiqueta:

- Electrónicamente (detector + electrónica)
- Optoelectrónicamente (dejar avanzar el paquete ópticamente y procesar la etiqueta electrónicamente)
- Todo óptica (procesar etiqueta ópticamente)

alta tasa: electrónica cara

Multiplexado de carga y etiqueta:

ejemplo: 40 Gbit/s 2.5 Gbit/s (1 bit de label es 16 veces mas grande)

- Multiplexar en el tiempo → curiosamente el que mas se usa hoy día
- Multiplexar en otra λ (problema: - se gasta una λ)
- Multiplexar en SCM

- dispersión: etiqueta y carga no llegan a la vez)



problemas: separar portadoras → dispersión requiere componentes caros

Recuperación de la etiqueta:

- conmutador temporal que recupere el 100% de la energía (difícil sinc.)
- desviar el 2% de la señal y usar un detector de bajo ancho de banda, para que el payload de mayor tasa sea como un nivel de continua

Borrar la etiqueta:

- Conmutadores temporales:

- MEMS (ms ó ~100 μ s)

- Térmicos, acustoópticos (ms)

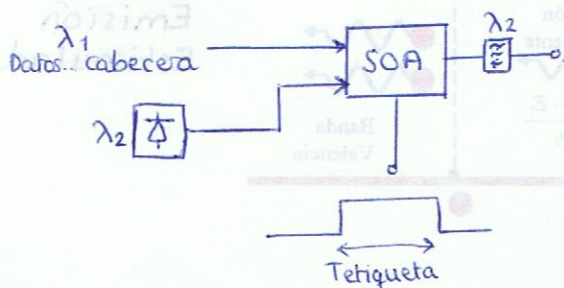
- cristales líquidos (ms ó μ s)

- Semiconductor (ns) ← la opción adecuada

- Tener en cuenta:

- ↳ tiempo de respuesta menor que la separación entre carga y etiqueta
- ↳ pérdidas
- ↳ sensibilidad a la polarización

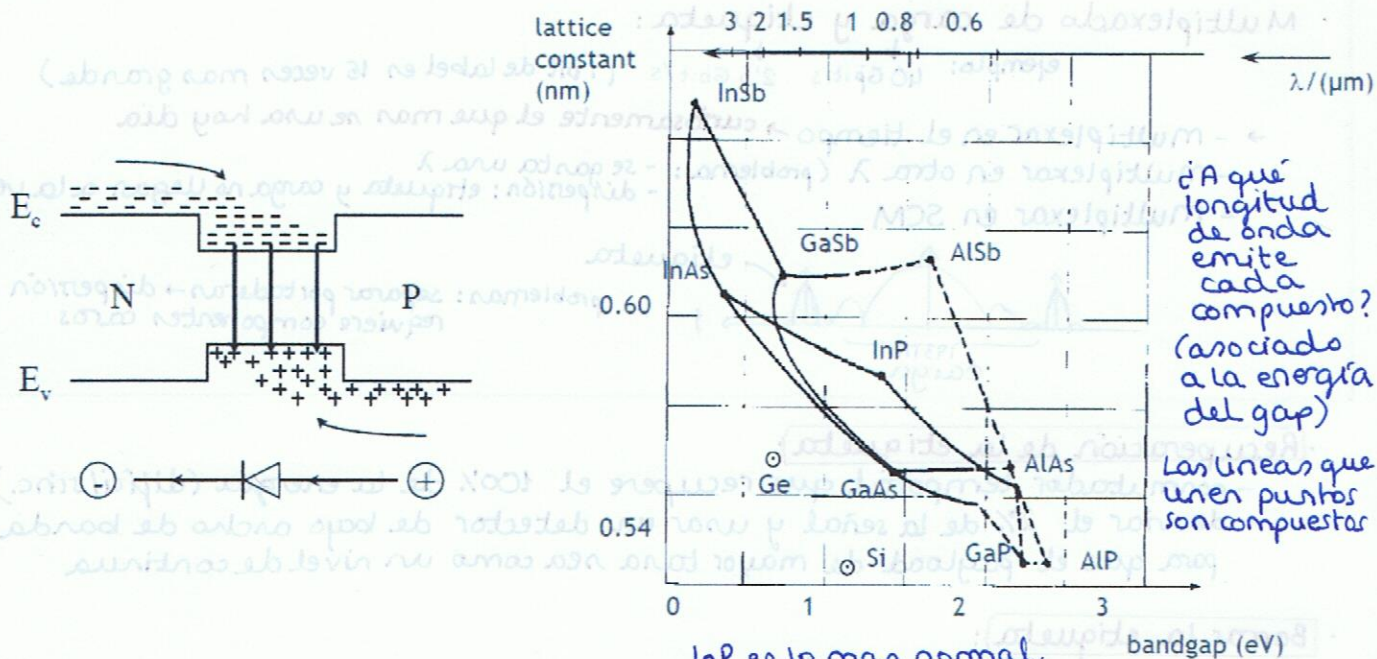
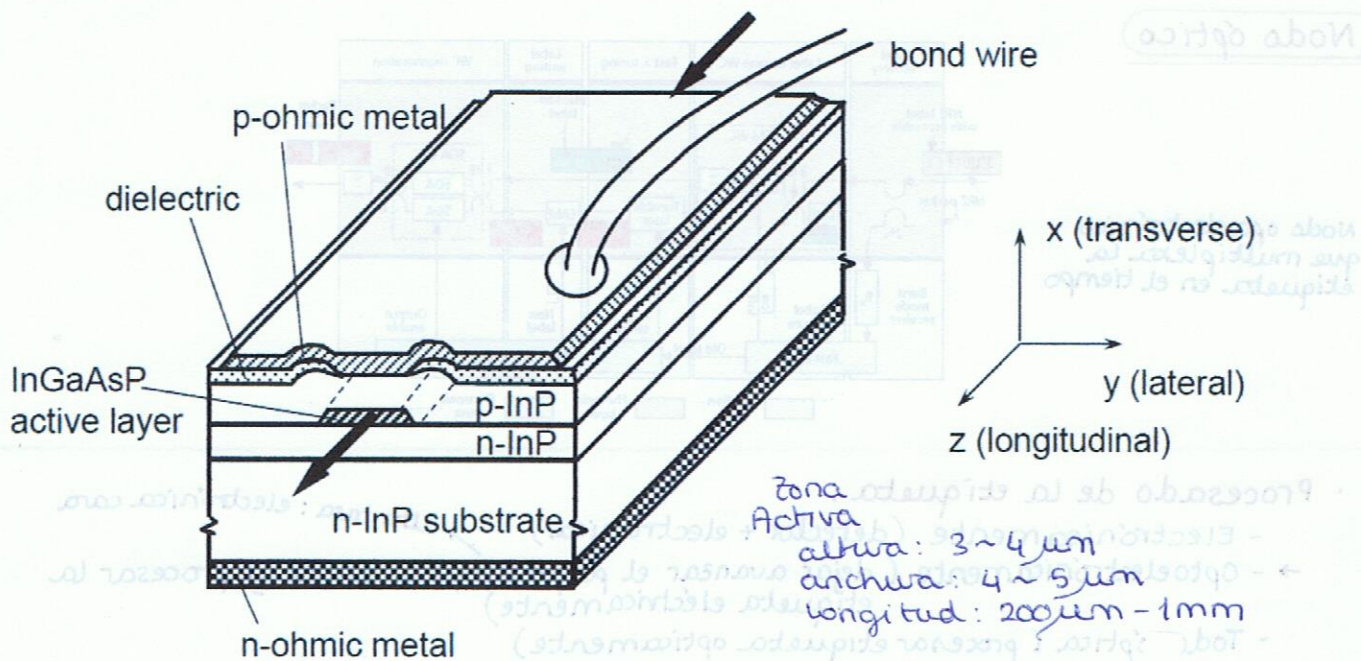
Basado en SOA:



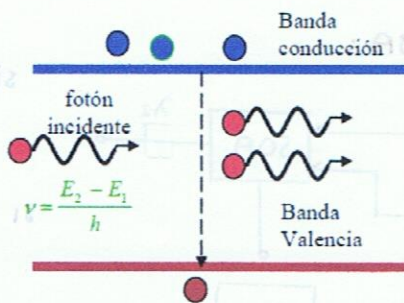
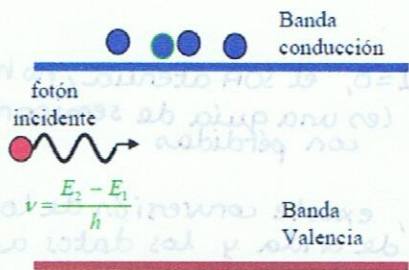
si $I=0$, el SOA atenúa, no hay conversión λ (es una guía de semiconductor con pérdidas)

si I , existe conversión de longitud de onda y los datos aparecen en λ_2

Amplificador de semiconductor

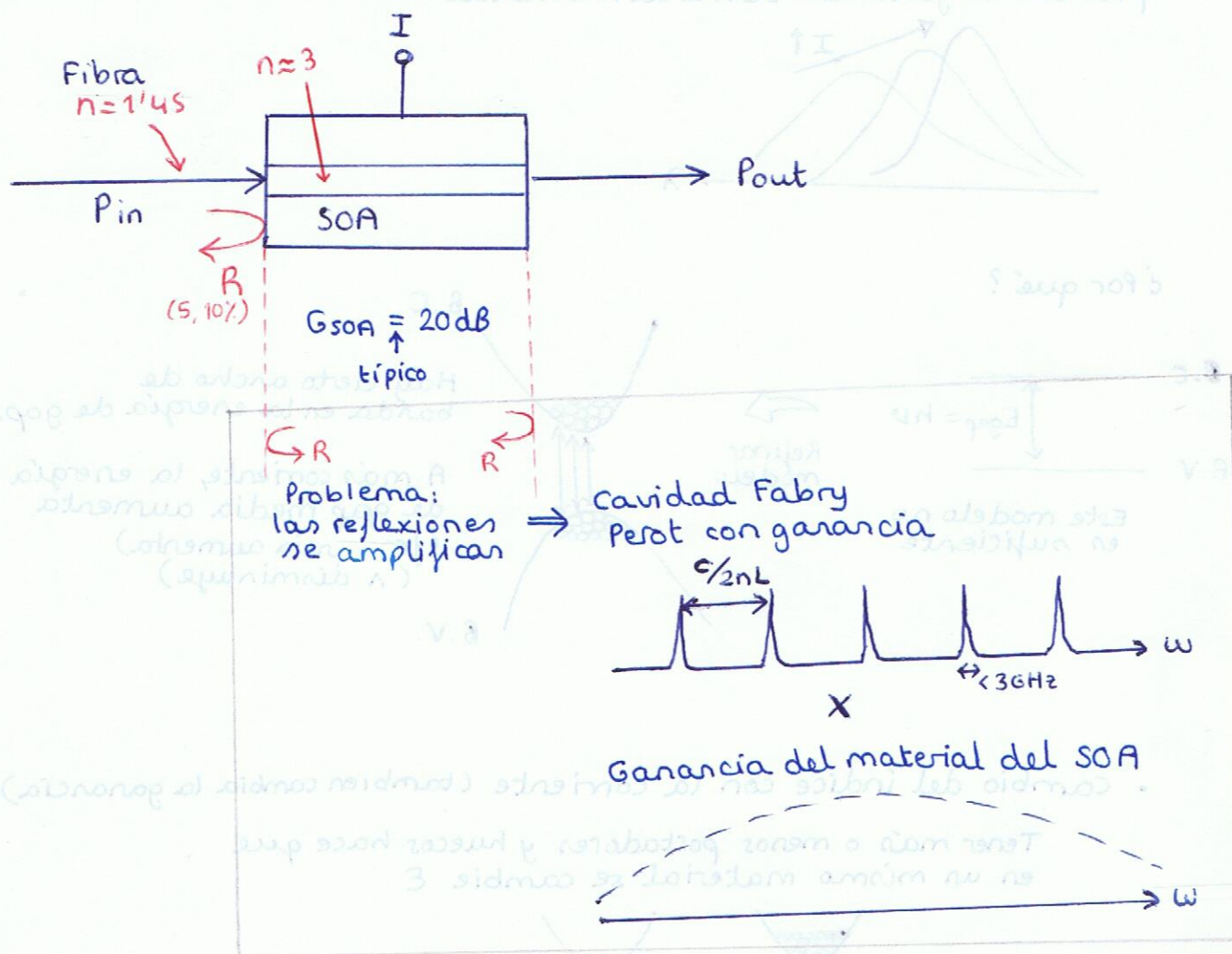


$$P_{ent}(t) \rightarrow G \rightarrow P_{sal}(t) = GP_{sal}(t)$$

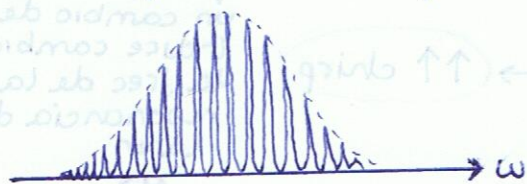


Emisión Estimulada

SOA: Espectro y variación del índice respecto a corriente y pot. óptica



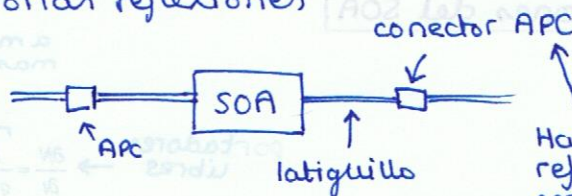
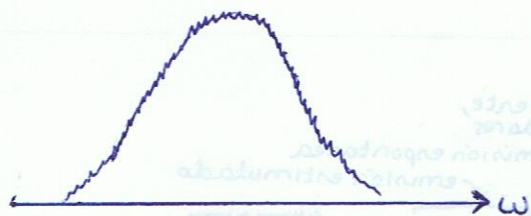
La respuesta total queda:



Un canal de comunicaciones NO ME CABE en un ancho de línea de 3GHz

Es importante que el fabricante adapte las transiciones

siempre queda cierto rizado debido a otras reflexiones



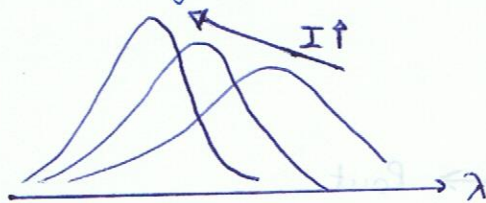
Hay poca reflexión, pero sí hay

¿Y que pasa con las demás reflexiones del sistema? Es importante utilizar un aislador.

Recuerda: Conector APC es especial para evitar reflexiones



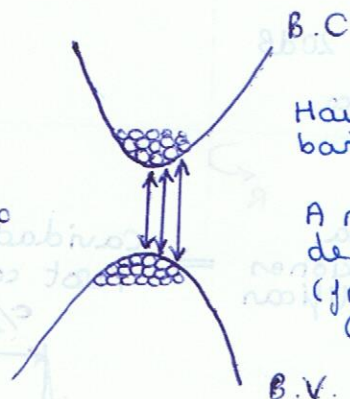
- A medida que aumento la corriente, el pico de la ganancia se me va moviendo



¿Por qué?

B.C.
B.V.
 $E_{gap} = h\nu$
Este modelo no es suficiente

Refinar modelo

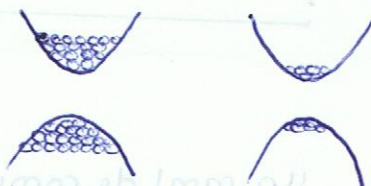


Hay cierto ancho de banda en la energía de gap.

A más corriente, la energía de gap media aumenta (frecuencia aumenta) (λ disminuye)

- cambio del índice con la corriente (también cambia la ganancia)

Tener más o menos portadores y huecos hace que en un mismo material se cambie ϵ



ϵ distinta

$\Rightarrow n$ distinta $\rightarrow$

$\uparrow\uparrow$ chirp

ej. en láseres, un cambio de índice cambia la frec de la resonancia del láser

Por la misma razón:

- cambia el índice con la cantidad de luz (también cambia la ganancia)

Ecuaciones del SOA

a más corriente, mas portadores

emisión espontanea
emisión estimulada

portadores libres $\rightarrow \frac{\partial N}{\partial t} = \frac{I}{qV} - \frac{N}{\tau_0} - v_x a(N - N_0)S$

fotones $\rightarrow \frac{\partial S}{\partial z} = a(N - N_0) \cdot S - \alpha_{int} S$

valor de transparencia

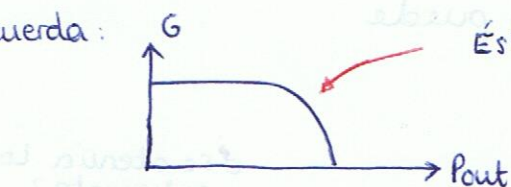
ganancia de fotones requiere tener portadores libres $N > N_0$

S: Número de fotones
N: Número de portadores
I: Corriente
V: Volumen del área activa
q: Carga del electrón
 τ_0 : Tiempo de vida de los portadores
a: Ganancia diferencial del material
 α_{int} : Pérdidas internas del material

- Label erasure + Wavelength conversion

• El SOA no funciona cuando no hay corriente de entrada

Recuerda:



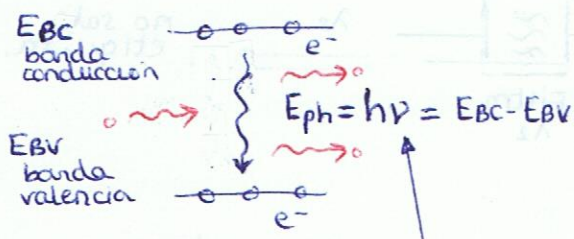
Ésta es la ganancia del SOA cuando hay corriente eléctrica de entrada.



En ausencia de corriente, el SOA no puede amplificar (incluso atenúa)

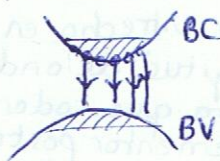
¿Porque?

Recuerda: emisión estimulada

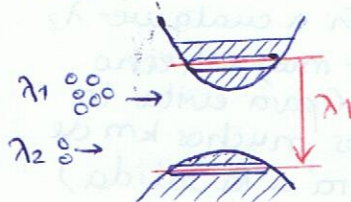


Parece que sólo puedo amplificar esta frecuencia, sin embargo el SOA puede amplificar diversas longitudes de onda:

El modelo correcto es:



si a la entrada hay mucha potencia λ_1 , se deberían "acabar" los electrones de conducción

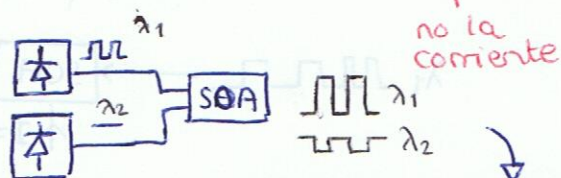


→ Este es el efecto de saturación de ganancia

¡Pero parece que sólo debería afectar a λ_1 !

En realidad por un proceso interno los electrones "rellenan" el hueco, por lo que disminuyen los e^- de conducción

Éste es el fenómeno que utiliza XGM (saturación debido a la potencia óptica)



¿Porque en XGM no se utiliza EDFA?

Por la velocidad de respuesta:

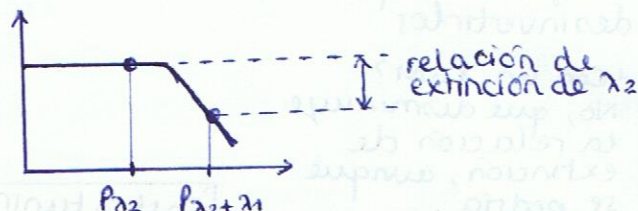
El SOA es capaz de cambiar la ganancia según la potencia de entrada INSTANTÁNEA.

Por eso, cuando necesito en un sistema de teleco un amplificador de una señal WDM con muchos canales, se utiliza un EDFA (cuya ganancia depende de la potencia media ~ variaciones del orden de kHz) en lugar de un SOA (que introduciría intermodulación)

la curva G vs P_{out} es la misma para el EDFA y para el SOA, para el caso de continua.

Para señales P_{out} variables, el EDFA responde a velocidad de kHz y el SOA a velocidad de 10-100 GHz

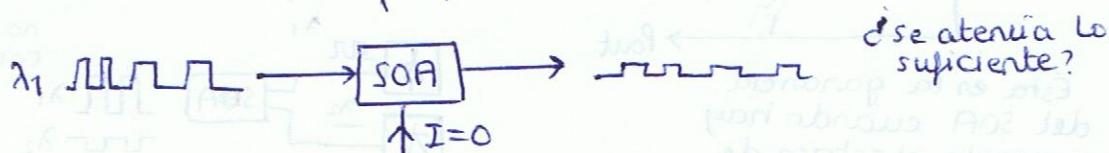
Para el caso del XGM (diagrama de arriba)



la corriente eléctrica que entra a un SOA se encarga de proporcionar suficientes electrones de conducción.

Si no entra corriente, entonces el SOA no puede amplificar (incluso atenua)

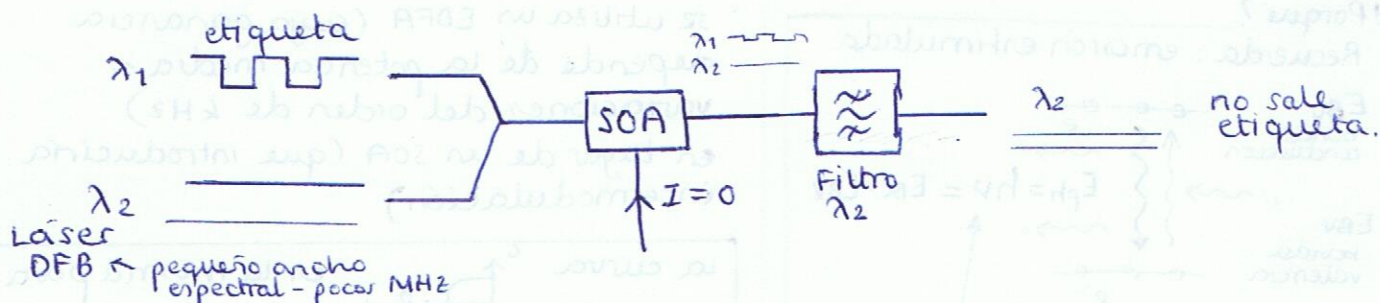
↓ ¿Por qué?



El SOA sin alimentar no es mas que una guía de semiconductor.

sin embargo es una guía de InP $\leftrightarrow n \sim 3 \times 10^{18}$ y además el InP tiene cierta atenuación

- La etapa 'Label Erasure' simplemente no inyecta corriente durante el tiempo en el cual llega la cabecera.



- cuando lleguen los datos, sí que inyectamos corriente, y entonces actúa como XGM y aparecen los datos a λ_2 (conversión de onda) e invertidos



Luego habrá que desinvertirlos

¿con un XGM?

No, que disminuye la relación de extinción, aunque se podría.

Mejor usar el montaje de 2 SOA

Viene de un láser DFB

↳ láser estrecho en el espectro
↳ longitud de onda fija estable (para que todos los elementos posteriores actúen a λ_2)

Fast λ tuning

- A la salida se usa un DFB tunable
- permite conversión a cualquier λ_3
- el láser debe ser muy estrecho espectralmente (para evitar la dispersión de los muchos km de fibra que habrá a la salida)

- Label Writing y WC regeneration

Usa un interferómetro Mach Zender

↓
campo eléctrico
(módulo y fase)

↓
las señales de los dos
brazos deben ser
coherentes entre sí

- misma fuente laser
- diferencia de retardos
menor al tiempo de
coherencia $T \ll T_c$

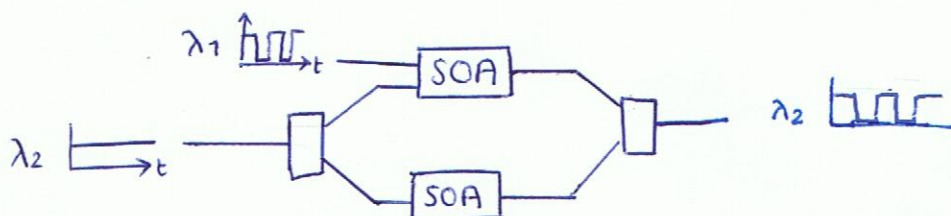
$$\Delta \nu \approx \frac{1}{\pi T_c}$$



¿Cómo funciona?

Yo quiero que los pulsos de λ_1 salgan invertidos en λ_2

↓
o no, según
diseñemos



cuidado con
la fase de los
acopladores.
Depende del
acoplador:
es típico tener

$$\begin{bmatrix} E_3 \\ E_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{1-K} & j\sqrt{K} \\ j\sqrt{K} & \sqrt{1-K} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \end{bmatrix}$$

(ejemplo sin inversión)

En ese caso, cuando
 $P_{\lambda_1} = 0$ entonces el
desfase total entre
ramas sería 180°

Cuando tengamos $P_{\lambda_1} = 1$,
entonces el SOA de arriba
disminuirá su ganancia
(debido a saturación) y
por tanto la potencia de λ_2
en el brazo de arriba será
menor a la del brazo inferior
(ese efecto por sí sólo ya ayudaría
a tener señal a la salida)

Pero ADEMÁS al tener $P_{\lambda_1} = 1$, hay menor número de portadores libres
en el SOA y por tanto cambia el índice de refracción y por tanto la
fase. Se puede lograr interferencia constructiva.

En el montaje de la transparencia se utiliza un montaje que sí
invierta (ya que a la entrada fueron invertidos)

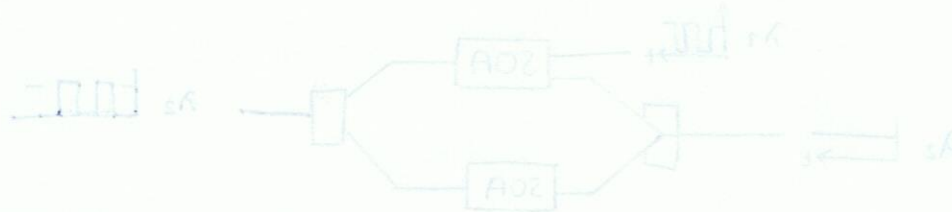
Ya tenemos los datos bien a la salida; sólo falta generar la etiqueta.

El principal problema con eso es el sincronismo

la razón por la cual no se hace ya comercialmente

se inserta la etiqueta generada por la otra entrada del acoplador. En el montaje de la transparencia se ha modulado la etiqueta con un modulador de electroabsorción

completo de electrónica (modulo y fuente)
 los niveles de los dos canales deben ser coherentes entre si
 - misma fuente laser
 - retardos de retardos
 - menor el tiempo de coherencia $T_c < T$
 $\Delta \phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta L$



(referencia no invertida)
 En ese caso cuando $\phi_{12} = 0$ entonces el desfase total entre los canales es 180°

cuando con la fase de los acopladores depende del acoplador; el tipo de fase

$$\begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{\frac{1}{2}} & \sqrt{\frac{1}{2}} \\ \sqrt{\frac{1}{2}} & -\sqrt{\frac{1}{2}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \end{bmatrix}$$

Cuando tenemos $\phi_{12} = 180^\circ$ entonces el 20A de onda disminuye su potencia (debido a retroreflexión) y por tanto la potencia de λ_2 en el brazo de onda es menor a la del brazo inferior (ese efecto pot. si está ya calculado a tener en cuenta en la salida)

pero además al tener $\phi_{12} = 180^\circ$ hay menor número de portadores libres en el 20A y por tanto cambia el índice de refracción y por tanto la fase. se puede lograr interferencia constructiva.

En el montaje de la transparencia se utilizó un montaje que si invertía (ya que a la entrada fueron invertidos)

Tecnologías para la regeneración

• Efectos no lineales

La no linealidad significa que se pueden generar armónicos.

Eso es típico al recortar una señal debido a saturación

semiconductores

- Modulación cruzada de ganancia (G vs P_{out}) (XGM)
- Modulación cruzada de fase (cambio del índice de refracción debido al cambio en portadores libres) (XPM)
- Four-Wave Mixing

Fibras ópticas

- Scattering Brillouin
- Scattering Raman

en realidad son lo mismo:

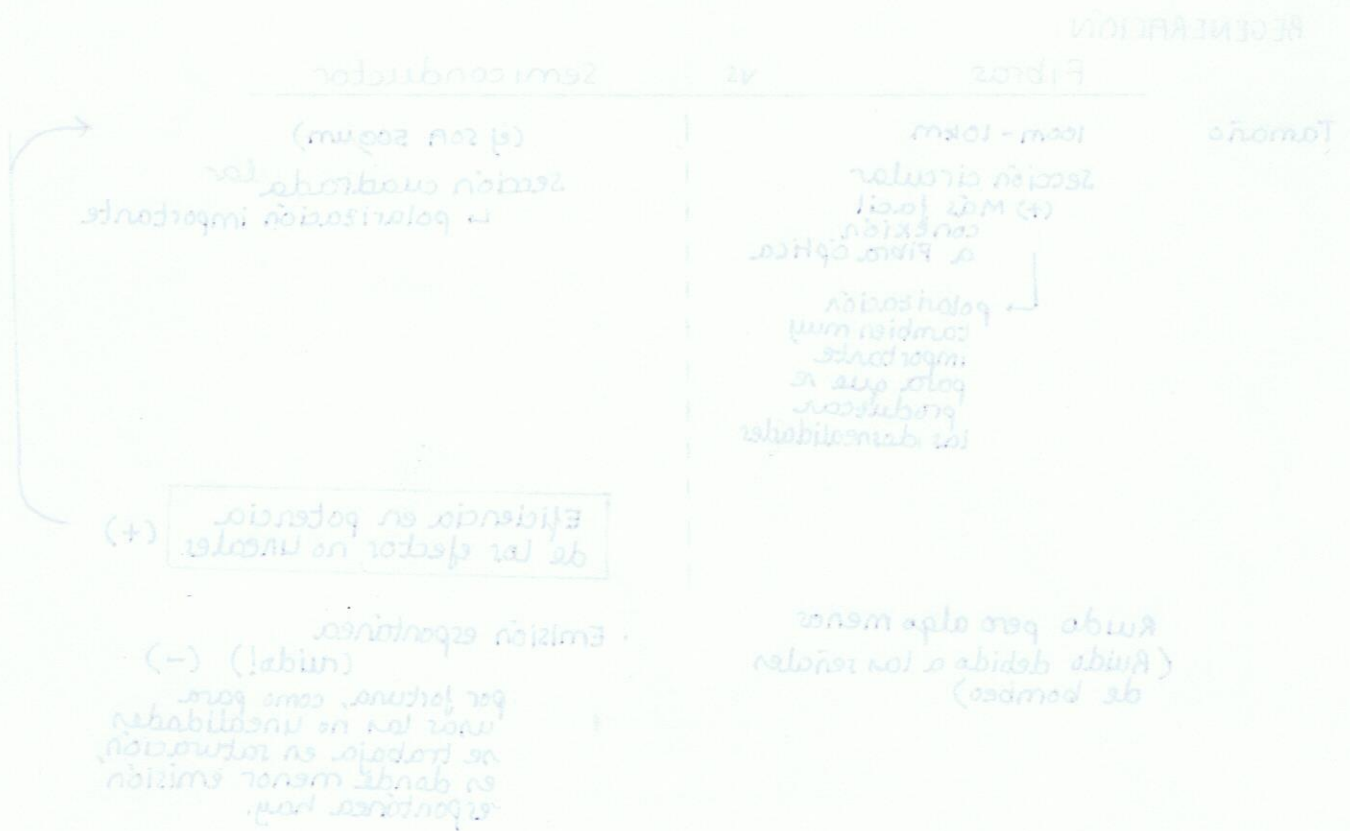
cambia módulo y fase, y se generan tonos

REGENERACIÓN:

	Fibras	vs	Semiconductor
Tamaño	100m - 10km sección circular (+) más fácil conexión a Fibras ópticas → polarización también muy importante para que se produzcan las no linealidades		(ej SOA 500µm) sección rectangular → polarización importante
	Ruido pero algo menos (Ruido debido a las señales de bombeo)		Eficiencia en potencia de los efectos no lineales (+)
			• Emisión espontánea (ruido!) (-) por fortuna, como para usar las no linealidades se trabaja en saturación, es donde menor emisión espontánea hay.

Tipos de regeneración

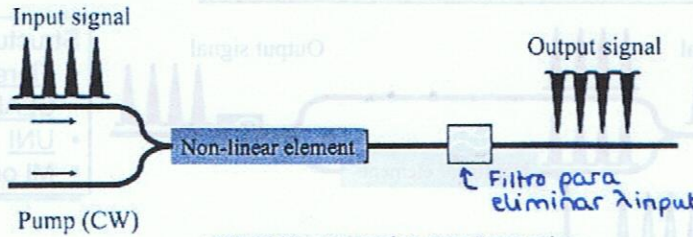
- 1R (Reshape) : simplemente amplificar (ej: con un EDFA)
- 2R (Reshape + Reshape) : Mejorar la señal
 ↳ El SOA puede permitir aumentar la relación de extinción (el SOA puede considerarse 2R)
- 3R (+ Retiming) : También se puede hacer a nivel óptico con SOA !
 (aunque hoy día es mas barato a 40 Gbps usar electrónica)



XGM

TÉCNICAS DE CONVERSION DE LONGITUD DE ONDA

Modulación Cruzada de Ganancia (XGM)



- 100 Gbit/s conversion over 5 nm using specially optimized SOA
- A. D. Ellis et al, *Electronics Letters*, vol. 34, No. 20, 1998.
- Co- or contradirectional pump and signal
- Inverted operation

- señal se invierte (podría ponerse otro SOA)
- La relación de extinción empeora (degradamos la señal)

se puede evitar el filtro si hacemos SOA contradireccional (estudios a alta velocidad revelan que no van tan rápido)

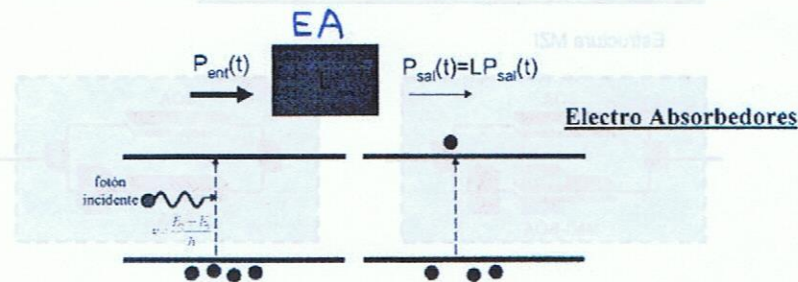
No se espera mucho mas de 100 Gbit/s para un SOA

input despuebla portadores tiene que dar tiempo a repoblar portadores

→ Posible solución: material electroabsorbente

TÉCNICAS DE CONVERSION DE LONGITUD DE ONDA

Modulación Cruzada de Ganancia (XGM)



¿2R?

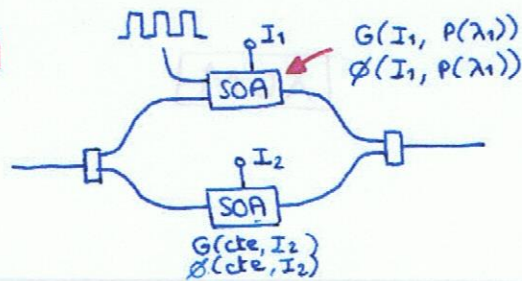
Material cuya atenuación se controla por tensión (es como un SOA pero al revés)
 L_{SOA} : 200 μm - 1 mm
 L_{EA} : 20 - 100 μm
 ↓
 EL EA es mas pequeño, por tanto es mas rápido de poner portadores

¿que otra solución tenemos para lograr ir mas rápido?

- Utilizar XPM + interferencia

SOA	EA
tiene ganancia	mas rápido
	tiene pérdidas
	no hay ruido de emisión espontánea

XPM



• si $\lambda_1 \gg 100 \text{ Gbps}$ entonces la ganancia para a ser constante (no es suficientemente rápido)

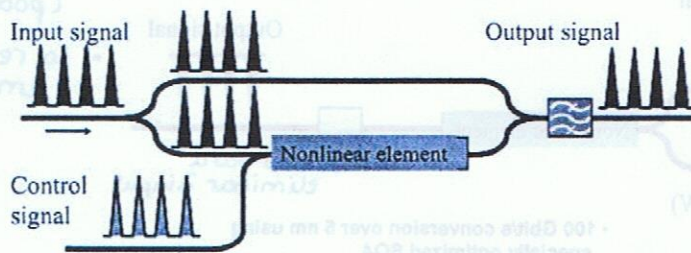
A la ganancia no le da tiempo



PERO los cambios de fase sí que son significativos

TÉCNICAS DE CONVERSION DE LONGITUD DE ONDA

Modulación Cruzada de Fase (XPM)



Structure

- Fibre NOLM
- SLALOM
- UNI
- MI or MZI

- Input signal can be CW or clock
- Fibre-NOLM: 640 Gb/s demux, Nakazawa et al., NTT, 1998
- Ultrafast non-linear interferometer (UNI): 100 Gb/s optical logic, Hall & Rauschenbach, MIT, 1998

12

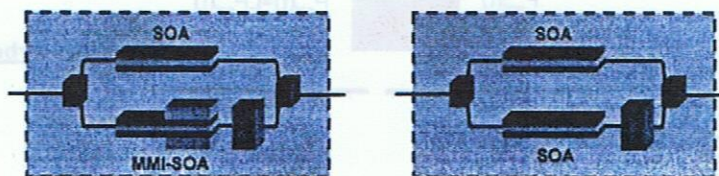
Problema: Esquemas XPM

→ mas rápidos
→ implementación práctica mucho mas cara (difícil estabilizar en temperatura, ...)

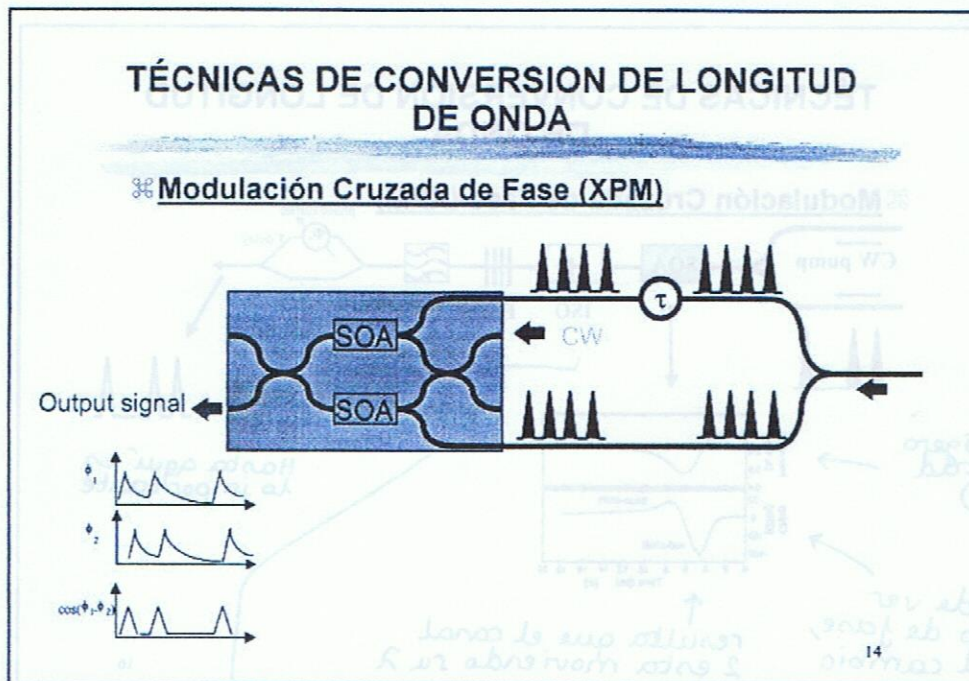
TÉCNICAS DE CONVERSION DE LONGITUD DE ONDA

Modulación Cruzada de Fase (XPM)

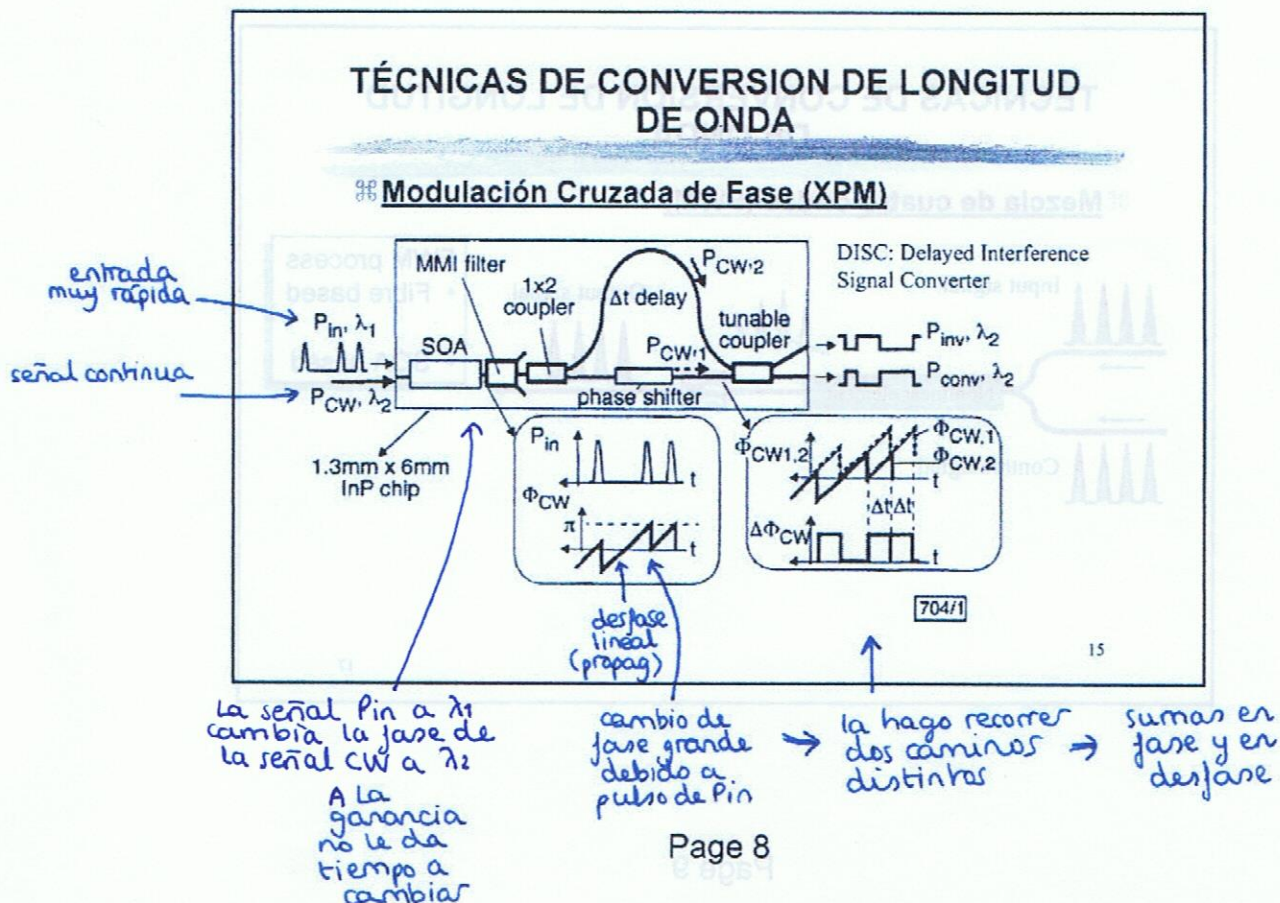
Estructura MZI



13



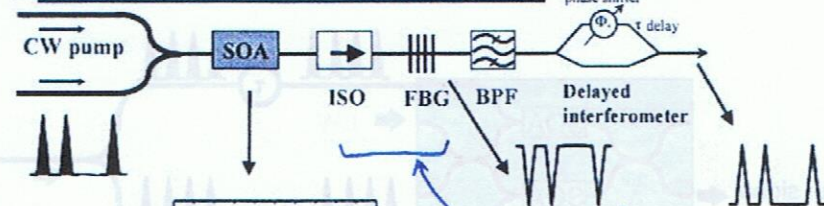
Hay que encontrar soluciones simples



Solución : AÚN más simple (lo preguntara en examen!)

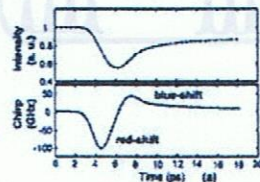
TÉCNICAS DE CONVERSION DE LONGITUD DE ONDA

Modulación Cruzada de Fase (XPM)



cambio ligero de amplitud (1 a 0.5)

En lugar de ver el cambio de fase, veremos el cambio de frecuencia (la derivada de la fase)



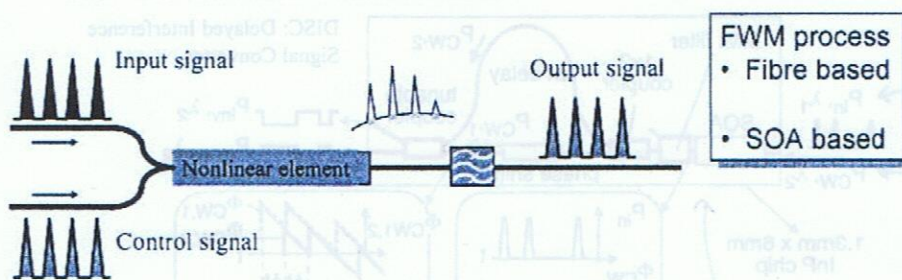
resulta que el canal 2 está moviendo su λ

Hasta aquí es lo importante

Por tanto si me pongo un filtro estrecho centrado en λ_2 , cuando haya cambios de fase $\rightarrow$ cambio λ
 $\rightarrow$ ya no pasa la señal por el filtro!

TÉCNICAS DE CONVERSION DE LONGITUD DE ONDA

Mezcla de cuatro ondas (FWM)



CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN AL PROCESADO ÓPTICO DE SEÑALES EN REDES ÓPTICAS

MOTIVACIÓN

Aumento de la capacidad en redes de com. ópticas

1990: 2.5 Gbit/fibra

2000: 80-160 canales de 10 Gbit/s

Actual: canales de 40 Gbit/s

el gran paso de 10 a 40 Gbit/s

siguiente paso? 160 Gbit/s

"el tema está muy verde"

Parece que apostar por 10-40-160 se equivocaron.

la tendencia comercial es 10-100 Gbit/s

parece que será lo que se va a estandarizar

video
Youtube
Netel 100Gb/s

La electrónica no lo puede procesar (a 80-100 Gbit es muy excepcional) (el límite típico es 40 Gbit/s)

↑
Principal limitación a transmisión de gran velocidad

Técnicas ópticas para el procesamiento

- Conversión de $\lambda \rightarrow$ ya es comercial hoy día
- Regeneración óptica $\rightarrow$ hoy día mal desarrollado
- Lectura/escritura de cabeceras $\rightarrow$ sólo investigación
- Conmutación y encaminamiento de paquetes

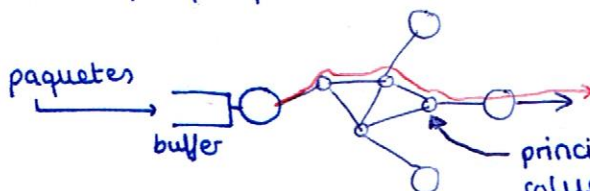
Ventajas:

- Gran ancho de banda
- **TRANSPARENCIA**: evitar conversiones O/E y E/O
- Computación paralela en varias λ 's
- Dispositivos compactos $\rightarrow$ nanofotónica

Limitaciones:

- Memorias ópticas $\rightarrow$ hacen falta buffers para paquetes!
- Reducción de costes y consumo de potencia

ejemplo práctico



principal problema: latencia de los nodos
solución: tecnologías todo-ópticas

Escenario de red óptica de paquetes

GigE: Gigabit ethernet
OXC: optical cross connect
↳ circuitos si conmuta x's
↳ paquetes

MOTIVACIÓN

Tendencia actual:

ATM: fracaso

SONET/SDH: la gran mayoría de infraestructura de red.

Problema: SDH es conmutación de circuitos, pero IP es de paquetes

Habría que eliminar el nivel de SDH y usar directamente IP con MPLS (labels) sobre el nivel óptico
(basta con procesar el label y no hace falta procesar la cabecera IP)

Conmutación de etiquetas

(AOLS = All Optical Label Switching)

↳ Alta granularidad



Optical Burst Switching:

- conmutación de ráfagas
- es un paso intermedio

• Conmutación de etiquetas

Muy parecido al MPLS
que se usa en IP

• Evolución de los nodos de conmutación

- la etiqueta puede procesarse eléctricamente (ya que es de baja tasa)
- Procesar la etiqueta permite ejecutar el rutado
- Pueden haber paquetes destinados al nodo