

- El ADM de la derecha identifica que esa señal es para su central y la saca del tráfico del anillo, enviándola al abonado B.
- Del mismo modo, la señal de voz del abonado B se digitaliza y es enviada, junto con otras señales de otros abonados de la central 471, hacia el ADM.
- Éste la inyecta en el tráfico del anillo y viaja hacia el ADM de abajo.
- Cuando la señal del abonado B llega al ADM de la izquierda, éste identifica que quiere comunicarse con el abonado A que corresponde a la central 450 y la rescata, enviándola hacia ella.
- De esta manera, se logra una comunicación simultánea de voz entre el abonado A y B.

Este procedimiento se puede extender para el caso de múltiples abonados que quieren comunicarse estando en diferentes centrales.

En forma generalizada, al transmitirse señales digitales, se puede pensar que, en vez de voz, se transmiten datos y/o video desde una computadora del abonado A a la computadora del abonado B.

Consideremos un dato para tener una idea de la cantidad de información que es posible enviar: Si, por ejemplo, la velocidad de trans-

Le proponemos analizar los sitios web de éstas y de otras empresas que fabrican equipamiento para transmisión de señales digitales:

- Harmonic Lightwave® www.harmoniclightwave.com
- ADC® www.adc.com
- Commscope® www.commscope.com
- Scientific Atlanta® www.sci-atlanta.com

misión del anillo óptico es de 2,5 Gbps y cada señal de voz digitalizada se transmite a 64 kbps, se pueden estar enviando, simultáneamente, decenas de miles de comunicaciones vocales; es decir, satisfacer a decenas de miles de abonados que están comunicándose al mismo tiempo.

Transmisores, receptores y medios de transmisión usados en comunicaciones por fibras ópticas en redes digitales

a. Transmisores

Este dispositivo está basado en un láser o en un LED.

Las diferencias entre uno y otro, según planteamos páginas atrás, radica en que el láser es un emisor de luz coherente, lo que se traduce, entre otras cosas, en una mayor concentración de potencia de luz, lo que permite que el haz viaje con mucha menor divergencia y que se abra muy lentamente a medida que recorre el medio. Ésta es la razón por la cual es el componente ideal en sistemas aéreos de comunicaciones.

Un LED, en cambio, es un emisor de luz incoherente. Si descomponemos la luz generada en pequeños "paquetes" de luz denominados fotones, éstos no están sincronizados unos con otros en fase ni temporal ni espacialmente, lo que hace que la luz emitida sea muy divergente y se degrade, por tanto, muy rápidamente.

Si pensamos que hay que introducir ese haz de luz en el extremo de una fibra óptica, es necesario, además, disponer de algún tipo de lente óptica para enfocar esa luz.

Recordemos que, en las fibras monomodo, el núcleo es de poco menos de 10 micrones ($1 \mu\text{m} =$ una millonésima de metro). En cambio, en fibras multimodo, el núcleo tiene un diámetro que varía de modelo a modelo entre $50 \mu\text{m}$ y $62,5 \mu\text{m}$, en fibras de sílice, y entre $100 \mu\text{m}$ y $900 \mu\text{m}$ en fibras a base de polímeros (comúnmente llamadas "de plástico").

Tanto si se usa un LED o un láser, lo que debemos conseguir es obtener una señal luminosa proporcional a la señal eléctrica de entrada. Expresado con mas rigurosidad técnica, es necesario convertir la señal eléctrica -que, generalmente, es una tensión- en otra luminosa cuya potencia sea directamente

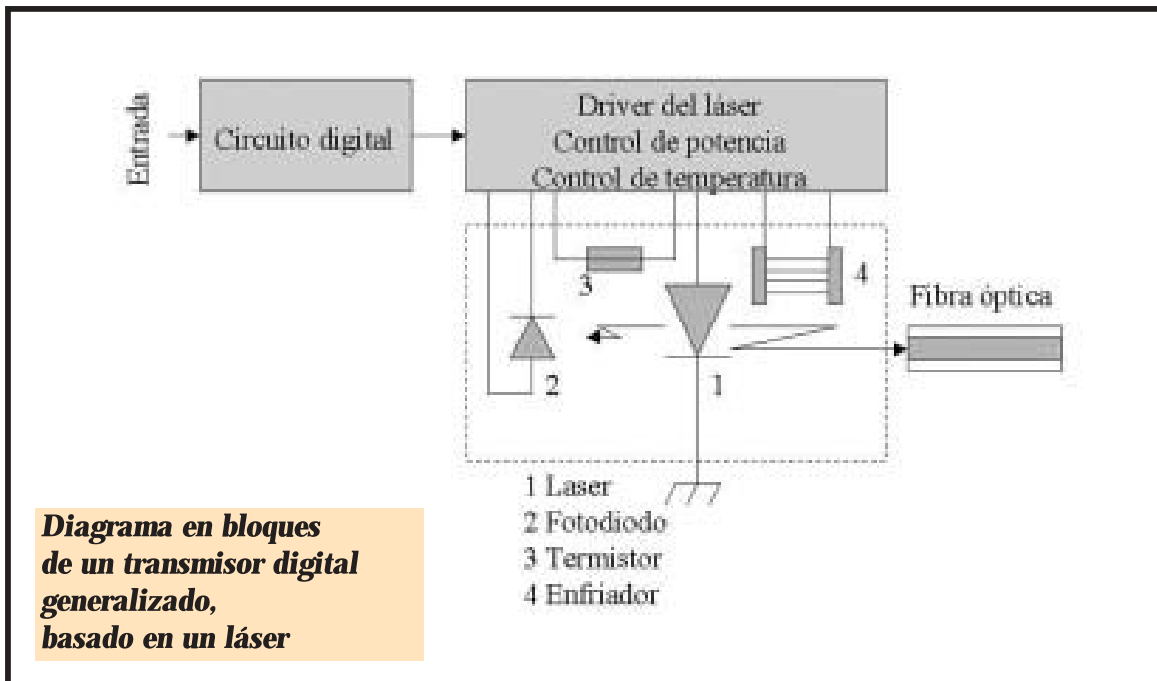
proporcional a la inicial.

Esto debe ser así ya que, como contrapartida, los fotodetectores generan una corriente eléctrica proporcional a la potencia luminosa recibida.

De esta manera, aún si el medio tiene pérdidas, el receptor puede recomponer la señal original transmitida.

En el diagrama en bloques podemos observar diferentes componentes -algunos de ellos no deben incluirse, necesariamente-:

- Diodo láser.
- Fotodiodo de monitoreo.
- Circuito de control de potencia.
- Circuito de control de temperatura.
- Circuito driver del láser.



Principalmente, tenemos el emisor de luz - que, en este caso, es un láser-. En general, estos dispositivos tienen una dependencia con la temperatura, variando así la potencia emitida y experimentando un corrimiento en la longitud de onda que emiten.

Otro punto interesante es que, por envejecimiento, un láser que está siempre ajustado a una determinada corriente eléctrica de excitación, va generando menos potencia óptica con el correr del tiempo. Para evitar esto, algunos diodos láser tienen integrado, dentro del encapsulado, un fotodiodo que sirve como monitor de la potencia de emisión. Esto ayuda a que, si la potencia óptica varía, con esta señal testigo se puede implementar un circuito de realimentación tal que mantenga el nivel promedio.

Por otro lado, como en general es preferible que la longitud de onda de emisión no varíe, también suele integrarse en el encapsulado del diodo láser una celda Peltier y un sensor de temperatura, que, generalmente, es un termistor (resistencia con un alto coeficiente de temperatura).

Conectando el sensor de temperatura dentro del láser a un circuito de control de temperatura, es posible sensarla y mantenerla constante. Para ello, es necesario suministrar la corriente necesaria a

la celda de Peltier, a fin de enfriar al láser.

Por último, tenemos el circuito driver del láser que, básicamente, convierte la tensión de señal en una corriente proporcional a ella.

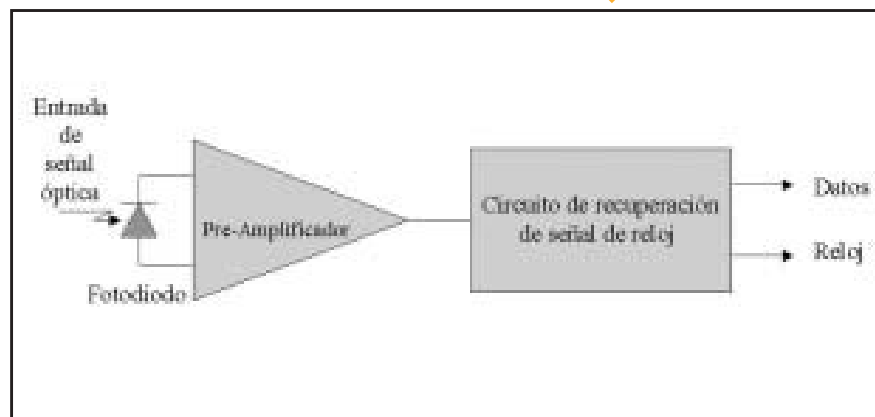
La **celda de Peltier** es un elemento que sirve como un disipador de calor. Si se la excita con corriente eléctrica, una de sus caras se enfría y la otra se calienta, generando una diferencia de temperatura entre ellas, por lo que se consigue un intercambio de calor, desde dentro del dispositivo hacia afuera.

Es necesario considerar que este circuito tiene que manejar la potencia adecuada. Por ejemplo, suele requerirse varios cientos de miliamperes para obtener potencias del orden de algunos miliwatt.

El esquema presentado es general. Existen aplicaciones en las cuales no interesa controlar potencia o temperatura, por lo que el circuito se reduce a un simple diodo y a su driver.

b. Receptores

En la siguiente figura vemos un esquema de un receptor generalizado:

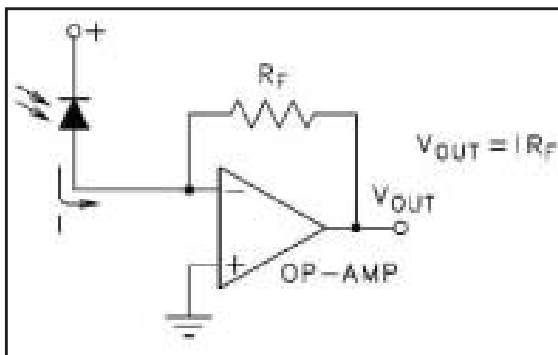


Su base es el fotodiodo, ya sea de tipo PIN o APD. En general, en aplicaciones digitales de alta velocidad -como es el caso de redes SDH-, suele emplearse el fotodiodo APD, ya que tiene mucha más sensibilidad que un fotodiodo PIN, lo que implica que es posible llegar a distancias mayores con el mismo nivel de potencia a la entrada de la fibra.

El fotodiodo PIN se utiliza en aplicaciones digitales donde la velocidad es intermedia o baja (menor a 1 Gbps). Un ejemplo clásico es en redes LAN Ethernet de 100 Mbps en las que se usan, también, diodos emisores tipo LED. La ventaja del uso de estos últimos es su relativo bajo costo y el requerir circuitos electrónicos más simples y baratos que los empleados en diodos APD.

El receptor generalizado, luego del detector, tiene una etapa de preamplificación y, a veces, otra de postamplificación.

Es común encontrarse con un circuito donde el fotodiodo se conecta a un amplificador operacional especial, a fin de convertir la señal óptica en una tensión eléctrica pero ya amplificada.



Este tipo de configuración se denomina de **transimpedancia**, ya que el amplificador

operacional se utiliza en el modo conversor corriente a tensión.

Aquí, el generador de corriente es el propio fotodetector el cual se polariza en inversa.

La corriente que éste genera es el producto de la luz recibida más la propia corriente del fotodiodo -que es considerado como "ruido"-, denominada **corriente oscura**, ya que se puede comprobar que, aún en ausencia de señal óptica, el fotodiodo genera una pequeña corriente.

c. Medios de transmisión

Es la fibra óptica el medio empleado para el transporte de las señales ópticas que contienen la información de video y/o los datos -en caso de disponer de servicio de telecomunicaciones SDH de alta velocidad o de redes de área local para transferencias de alta tasa de bit -*Bit rate*-.

Los tipos de fibra empleados son multimodo y monomodo; su elección depende no de la atenuación sino del ancho de banda que se puede transportar.

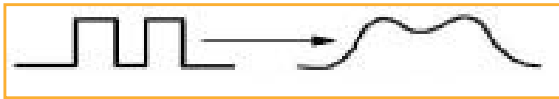
En principio, la fibra monomodo tiene mayor ancho de banda que una multimodo, gracias a que sólo se propaga un único modo y así podemos desprestigiar el efecto de la dispersión modal. Pero, queda la dispersión cromática que -si bien es pequeña- influye en la máxima distancia a la cual podemos llegar con una determinada señal de video.

Como mencionamos en un apartado ante-

rior, la combinación de la característica de una fuente luminosa como su ancho espectral y la dispersión de la fibra hacen que, a medida que la señal óptica viaja por la fibra, ésta vaya experimentando una disminución de su ancho de banda.

Es decir, si fijamos una fuente -por ejemplo, un láser- y le aplicamos una señal digital tal que se transmitan "unos" y "ceros" binarios, a medida que los pulsos viajan por la fibra empiezan

a disminuir de amplitud y a ensancharse hasta que, por ejemplo, como se muestra en la figura, se llega a confundir un "cero" (ausencia de señal) con un "uno", dando como resultado un error en el receptor.



Como en el caso de sistemas electrónicos, se mide el ancho de banda óptico a -3 dB de la amplitud con señal sin atenuación.

Si se usara un láser con una fibra multimodo, sólo podríamos llegar a unos cuantos cientos de metros; mientras que, con una monomodo, cómodamente llegamos a decenas de kilómetros.

Si el problema es la combinación del ancho espectral de la fuente y de la dispersión

Esto se conoce como **ISI o interferencia intersímbolo**, un tipo de error que limita la máxima distancia a la cual se puede enviar información: Debería haber recibido una secuencia de 01010 y lee 01110.

El picometro es una unidad de medida de longitud que equivale a 10^{-12} metros.

de la fibra, ¿por qué no disminuimos a ambas? La respuesta es porque hay un límite tecnológico y uno económico. Tecnológico, porque no es posible hacer la dispersión de la fibra totalmente a cero; económico, porque si bien se pueden conseguir láseres de ancho espectral de algunos picómetros (los empleados en CATV tienen anchos del orden de centenas de picómetros), éstos son muy costosos, lo que limita su uso.

En resumen, con los láseres actuales -de un costo razonable para las empresas de servicios de telecomunicaciones- y con la fibra monomodo convencional, es posible llegar a unos 30 km de alcance. Existen, sin embargo, técnicas que permiten superar los 100 km.

En redes de área local, en general, las distancias son muy cortas, en comparación con las redes telefónicas SDH: Una LAN puede tener varios cientos de metros a cubrir, lo cual permite emplear, en algunos casos, fibras ópticas multimodo y diodos LED, con lo cual se logra una importante disminución de costos.

Tecnológicamente hablando, el cable de fibra óptica es la suma del denominado conductor de fibra que ya analizamos y de refuerzos especiales que se van sumando a fin de darle la rigidez adecuada para que pueda ser manipulado e instalado.

Un cable de fibra óptica, en general, viene preparado para soportar diferentes tipos de instalación:

- Cable para instalaciones interiores.
- Cable para instalaciones exteriores.