Passive Components

- In an optical network, **Passive Components** are devices that do not require electrical power to operate on the optical signal.
- They function using the physical properties of light (reflection, refraction, interference, and absorption) to direct, filter, or modify the signal.

Explanation of Passive Components

- 1. **Mux and Demux (Multiplexer and Demultiplexer)**
  - **Explanation:** A **Mux** combines multiple light signals of different wavelengths into a single fiber.
  - A **Demux** does the opposite, splitting the combined signal back into individual wavelengths at the receiving end.
  - **Example:** Like a highway on-ramp where cars from different streets merge into one large highway, and an off-ramp where they split off to their specific destinations.

Explanation of Passive Components

- **2. Optical Switches**
  - **Explanation:** These route an optical signal from one input fiber to one of several output fibers without converting the light to electricity.
  - **Example:** A railroad switch that moves the tracks to guide a train onto a different path.
- **3. Wavelength Converter**
  - **Explanation:** A device that changes the wavelength of an incoming signal to a different wavelength for the outgoing signal to avoid "wavelength contention" (two signals trying to use the same "lane").
  - **Example:** Painting a car a different color so it can enter a lane reserved for that specific color.

Explanation of Passive Components

- **4. Couplers**
  - **Explanation:** These split a single optical signal into two or more fibers, or combine multiple signals into one.
  - A common type is a **3dB coupler**, which splits power exactly 50/50.
  - **Example:** A Y-shaped water pipe that splits one stream into two.
- **5. Circulators and Isolators**
  - **Explanation:**
  - **Isolator:** Allows light to travel in only **one direction**, preventing reflections from damaging the laser.
  - **Circulator:** A multi-port device where light entering Port 1 exits Port 2, and light entering Port 2 exits Port 3.
  - **Example:** An Isolator is like a one-way street. A Circulator is like a traffic roundabout.

Explanation of Passive Components

- **6. Attenuator**
  - **Explanation:** A device used to **reduce the power level** of an optical signal if it is too strong for the receiver (which could cause distortion or damage).
  - **Example:** Wearing sunglasses to reduce the intensity of bright sunlight so you can see clearly.
- **7. Optical Filters**
  - **Explanation:** These allow only a specific range of wavelengths to pass through while blocking or reflecting others.
  - **Example:** A coffee filter that lets the liquid through but stops the grounds.

- **Exercise 1: The Attenuator Problem**
  - An optical transmitter sends a signal at **+3 dBm**. The receiver has a maximum input power limit (saturation point) of **-5 dBm**. What is the minimum value of an **Optical Attenuator** needed to protect the receiver if the fiber loss is negligible?

Solution:

1. **Current Power:** $+3\ \text{dBm}$
2. **Target Power:** $-5\ \text{dBm}$
3. **Required Reduction:** $Power_{in} - Power_{max} = 3\ \text{dBm} - (-5\ \text{dBm}) = 8\ \text{dB}.$

- **Answer:** An attenuator of at least **8 dB** is required.

dBm ইউনিটে **প্লাস (+)** বা **মাইনাস (-)** চিহ্ন দিয়ে বোঝানো হয় যে সিগন্যালের শক্তি **১ মিলিওয়াট (1 mW)** থেকে বেশি নাকি কম। যেহেতু 0 dBm = 1 mW, তাই এর ওপর ভিত্তি করে হিসাবটি করা হয়

২. কী কী দেওয়া আছে?

- **Transmitter Power (P_{tx}):** $+3$ dBm (এটি অনেক বেশি শক্তি)।
- **Receiver Maximum Limit (P_{max}):** -5 dBm (রিসিভার এর চেয়ে বেশি শক্তি নিতে পারবে না)।
- **Fiber Loss:** ০ (ধরে নেওয়া হয়েছে ফাইবার লাইনে কোনো শক্তি খরচ হচ্ছে না)।

৩. অংকটি যা চাচ্ছে:

আপনাকে বের করতে হবে এই $+3$ dBm কে কমিয়ে অন্তত -5 dBm এ নামিয়ে আনতে হলে কত ডেসিবল (dB) শক্তি কমিয়ে ফেলতে হবে।

পাওয়ার (dBm)	পাওয়ার (mW) এ রূপান্তর	অবস্থা
$+১০$ dBm	১০ mW	অনেক শক্তিশালী সিগন্যাল
$+৩$ dBm	২ mW	শক্তিশালী সিগন্যাল
০ dBm	১ mW	**রেফারেন্স পয়েন্ট**
-৩ dBm	০.৫ mW	সিগন্যাল অর্ধেক হয়ে গেছে
-১০ dBm	০.১ mW	দুর্বল সিগন্যাল

$$P_{(mW)} = 10^{\frac{P_{(dBm)}}{10}}$$

- **Exercise 2: Coupler Power Calculation**
  - A laser sends a signal with **10 mW** of power into a **1:4 symmetric coupler** (a coupler that splits the signal equally into 4 output fibers).
  - Calculate the power in **mW** at each output port (assume no internal excess loss).
  - Express the output power of one port in **dBm**.

Solution:

1. **Power in mW:**
   Since it is a 1:4 symmetric split: $P_{out} = \frac{10\ \text{mW}}{4} = \mathbf{2.5}\ \text{mW}.$
2. **Power in dBm:**
   Formula: $P_{(dBm)} = 10\log_{10}(P_{mW})$
   $P_{(dBm)} = 10\log_{10}(2.5)$
   $P_{(dBm)} = 10 \times 0.3979 \approx \mathbf{3.98}\ \text{dBm}.$

গাণিতিক সমস্যা: কাপলার পাওয়ার ক্যালকুলেশন

প্রশ্ন: একটি লেজার থেকে $10\ \mathrm{mW}$ পাওয়ার একটি $1:4$ **symmetric coupler**-এ পাঠানো হচ্ছে।
(symmetric coupler মানে হলো এটি সিগন্যালকে সমান ৪টি ভাগে ভাগ করে দেয়)।
১. প্রতিটি আউটপুট পোর্টে কত mW পাওয়ার পাওয়া যাবে? (ধরে নিন কোনো পাওয়ার লস হয়নি)।
২. একটি পোর্টের আউটপুট পাওয়ারকে dBm এককে প্রকাশ করুন।

সমাধানের ব্যাখ্যা:

১. মিলিওয়াটে (mW) পাওয়ার বের করা:

যেহেতু কাপলারটি $1:4$ এবং এটি সমানভাবে ভাগ করে, তাই মোট পাওয়ারকে ৪ দিয়ে ভাগ করলেই প্রতিটি পোর্টের পাওয়ার পাওয়া যাবে।

$$P_{out} = \frac{10\ \mathrm{mW}}{4} = 2.5\ \mathrm{mW}$$

উত্তর: প্রতিটি পোর্টে $2.5\ \mathrm{mW}$ করে পাওয়ার পাওয়া যাবে।

২. ডিবিএম (dBm) এককে রূপান্তর করা:

পাওয়ারকে mW থেকে dBm-এ নিতে নিচের সূত্রটি ব্যবহার করা হয়:

$$P_{(dBm)} = 10\log_{10}(P_{mW})$$

এখন মান বসিয়ে পাই:

- $P_{(dBm)} = 10\log_{10}(2.5)$
- আমরা জানি, $\log_{10}(2.5)$ এর মান প্রায় 0.3979
- তাহলে, $10 \times 0.3979 \approx 3.98\ \mathrm{dBm}$

উত্তর: প্রতিটি পোর্টের আউটপুট পাওয়ার হলো $3.98\ \mathrm{dBm}$।

মনে রাখার সহজ উপায়:

Enter a prompt for Gemini