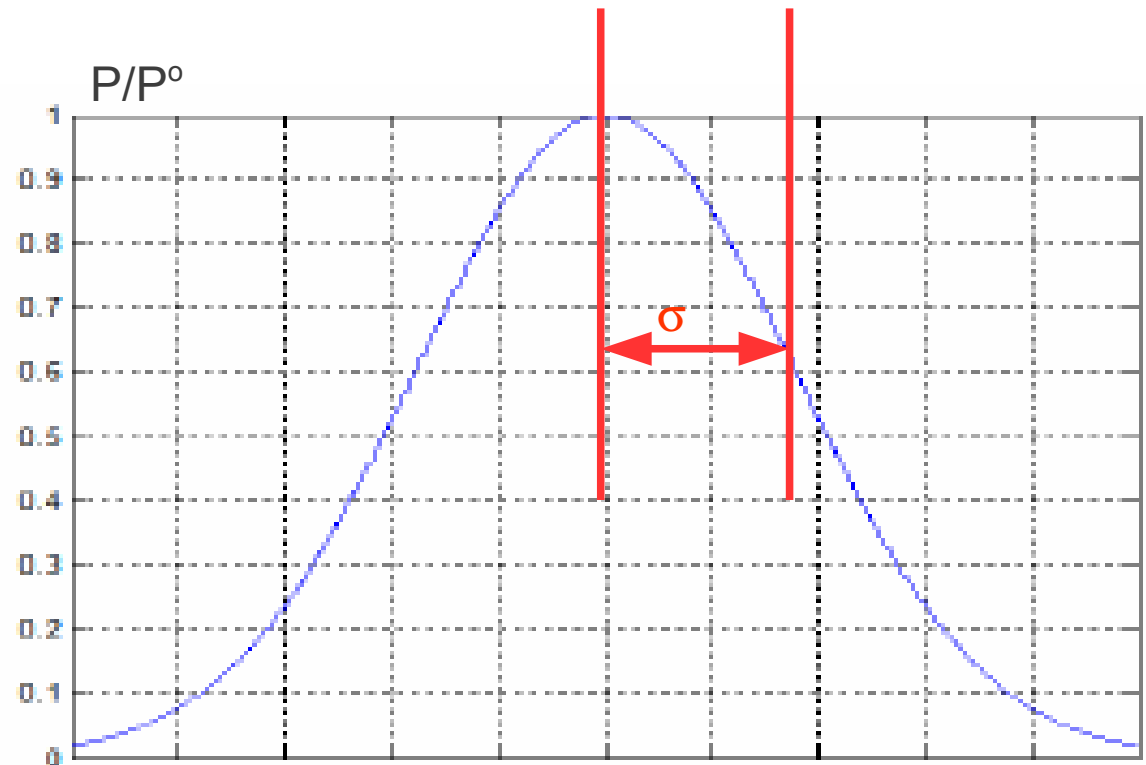


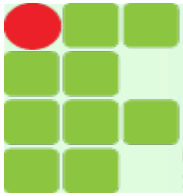
Balanco do tempo de subida Balanco de dispersão

Considerações iniciais

A resposta da fibra a uma entrada impulsiva é um pulso gaussiano. Na qual σ é o desvio padrão correspondente a largura do pulso no domínio do tempo entre os valores de $P = P_0$ e $P = 60,65\%$ de P_0 . σ informa a largura do pulso.

$$P(t) = P_0 e^{-\frac{(t-t_0)^2}{2} * \sigma^2}$$



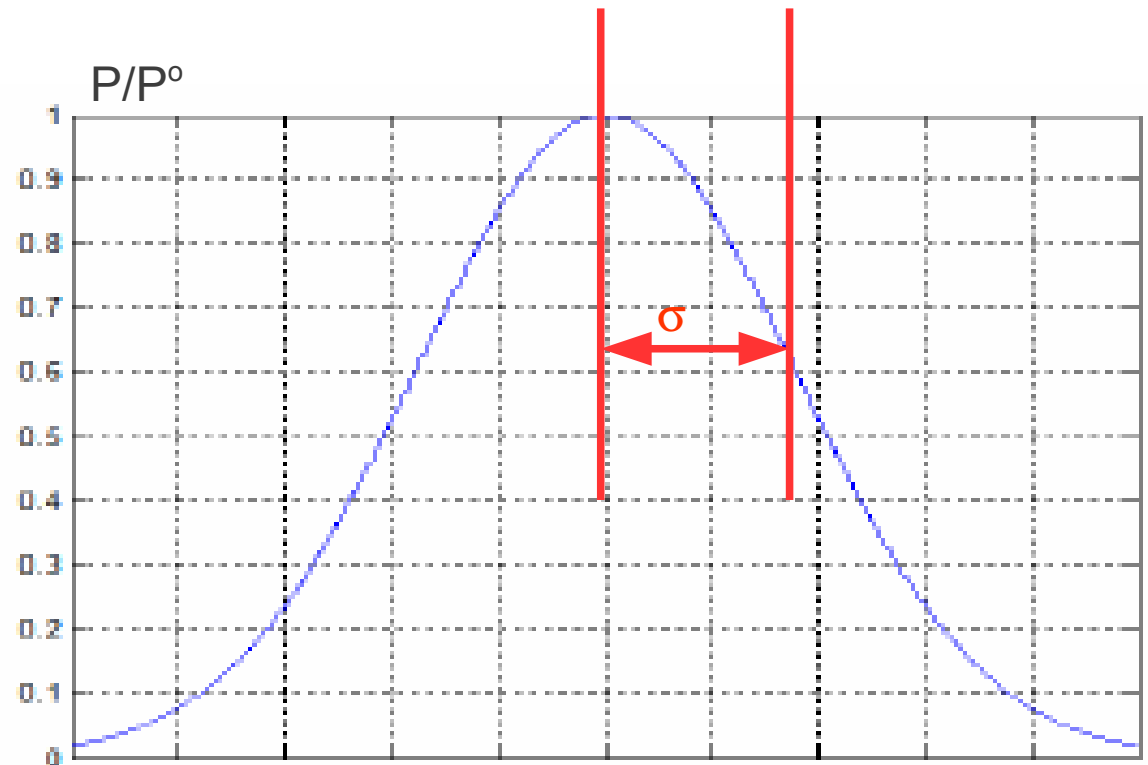


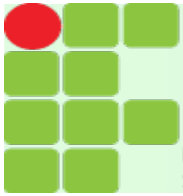
Balanco do tempo de subida Balanco de dispersão

Considerações iniciais

A resposta da fibra a uma entrada impulsiva é um pulso gaussiano. Na qual σ é o desvio padrão correspondente a largura do pulso no domínio do tempo entre os valores de $P = P_0$ e $P = 60,65\%$ de P_0 . σ informa a largura do pulso.

$$P(t) = P_0 e^{-\frac{(t-t_0)^2}{2\sigma^2}}$$





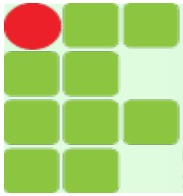
Relacionando σ com t_s

t_s -tempo de subida, para o pulso gaussiano. Este tempo é igual ao dobro do tempo que o sinal leva para atingir o ponto de meia potência.

Ex: Determine a relação entre t_s e σ para o valor de meia potência.

temos:

$$P(t) = P_o e^{\frac{-(t-t_o)^2}{2*\sigma^2}}$$



Resposta em frequência de um pulso gaussiano

A equação que define um pulso gaussiano no tempo é:

$$P(t) = P_o e^{-\frac{(t-t_o)^2}{2\sigma^2}}$$

Fazendo a transformada de fourier obtêm-se:

$$H(f) = e^{-2\pi^2 f^2 \sigma^2}$$

Obtendo f para $H(fc) = 0,5$

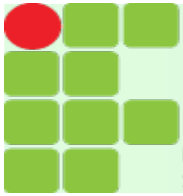
$$fc = \frac{0,188}{\sigma}$$

Como fc é o ponto de meia potência teremos que a Banda óptica da transmissão do pulso na fibra será:

$$B_o = \frac{0,188}{\sigma}$$

Relacionando B_o com o tempo de subida: $t_s = 2,354 \sigma$

$$t_s = 0,44 / B_o$$



Banda passante óptica (Bo) e Banda passante elétrica (Be)

Banda passante (Bo): largura da faixa de frequência entre as frequências nas quais o sinal na saída da fibra corresponde a metade do valor máximo de sua amplitude.

Em termos de função de transferência:

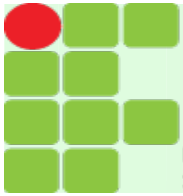
$$H(f) = \frac{P_{out}(f)}{P_{en}(f)} \geq 0,5$$

Relação entre BW óptica (Bo) e BW elétrica (Be)

A Bo é referente a potência óptica de saída sem considerar a conversão óptica-elétrica, é um parâmetro do domínio óptico.

A Be é obtida considerando a conversão óptico-elétrica, compara-se a potência de entrada com a potência de saída elétrica.

A potência óptica é proporcional a corrente elétrica nos fotoreceptores, enquanto que a potência elétrica é proporcional ao quadrado da corrente. Essas diferenças na relação entre potências e a corrente levam a seguinte relação entre potência óptica e elétrica da fibra:



Banda passante óptica (B_o) e Banda passante elétrica (B_e)

Relação entre potência óptica e corrente no fotoreceptor:

$$P_o = k I \text{ (onde } k \text{ é uma constante)}$$

Portanto a corrente I de P_{fc} é igual a metade da corrente máxima:

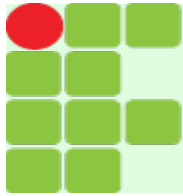
$$P_{fco}/P_{\max} = k I_{fco}/k I_{\max} \implies 0,5 = I_{fco}/I_{\max}$$

Relação entre potência elétrica e corrente no fotoreceptor:

$$P_e = k_e I^2 \text{ (onde } k_e \text{ é uma constante.)}$$

Nos pontos de meia potência:

$$P_{fce}/P_{\max} = k_e I_{fce}^2/k_e I_{\max}^2 \implies 0,5 = I_{fce}^2/I_{\max}^2 \implies 0,707 = I_{fce}/I_{\max}$$



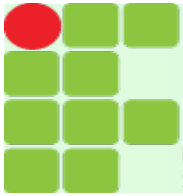
Banda passante óptica (Bo) e Banda passante elétrica (Be)

Das relações entre I_{fco} e a potência óptica e entre I_{fce} e a potência elétrica podemos deduzir que os seus valores devem ser diferentes, pois o valor da I_{fce} deve ser superior ao da I_{fco} . O valor da potência óptica correspondente a I_{fce} será de 0,707 da potência total (queda de 1.5dB). O que leva a uma relação entre Bo e Be de:

$$B_e = 0,707 B_o$$

Considerando a relação acima a equação entre Be e ts será:

$$B_e = \frac{0,707 * 0,44}{ts} = \frac{0,311}{ts}$$



Tempo de subida dos diversos elementos de um enlace óptico

O tempo de subida da fibra é a soma do efeito da dispersão modal e da dispersão cromática.

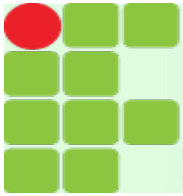
Efeito da dispersão modal:

A dispersão modal, considerando uma resposta gaussiana da fibra irá provocar um alargamento, σ , na resposta da fibra.

Considerando que: $B_o = \frac{0,188}{\sigma} \Rightarrow$

Como $t_s = 2,354 * \sigma \Rightarrow t_s = 0,442/B_o$

Para uma fibra de comprimento $L \Rightarrow t_s = \frac{0,442 * L}{B_o}$



Tempo de subida dos diversos elementos de um enlace óptico

Efeito da dispersão cromática:

A dispersão cromática depende da largura espectral da fonte e do coeficiente de dispersão cromática da fibra. Portanto a alargamento do pulso devido esse tipo de dispersão, para um Km de fibra será:

$$\sigma_c = \Delta_\lambda * DC$$

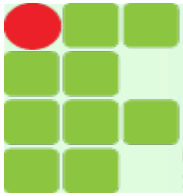
Onde:

σ_c – alargamento do pulso devido a dispersão cromática.

Δ_λ - largura espectral da fonte luminosa, do sinal que se propaga na fibra.

DC – coeficiente de dispersão cromática.

Em termos de tempo de subida: $t_{sc} = 2,35 * \Delta_\lambda * DC$



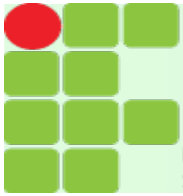
Tempo de subida dos diversos elementos de um enlace óptico

Fazendo a soma quadrática dos tempos de subida da fibra:

$$t_f = \sqrt{(t_{sm}^2 + t_{sc}^2)}$$

Substituindo as relações desenvolvidas nos slides anteriores e fazendo as devidas adequações para entrar com a B_0 em MHz, L em Km e Δ_λ em nanômetros, obtendo o resultado do tempo de subida em ns:

$$t_f = \sqrt{\left(\frac{442 * L}{B_0}\right)^2 + 5,5 (\Delta_\lambda * DC * L)^2}$$



Tempo de subida dos diversos elementos de um enlace óptico

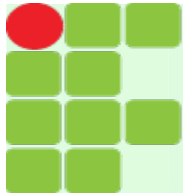
Tempo de subida dos transmissores e receptores

Os tempos de subida resultantes da presença dos transmissores e dos receptores ópticos pode ser obtido de seguinte relação:

$$t_{Ro} = t_{To} = \frac{350}{B_e}$$

Fazendo a soma quadrática dos tempos de subida da fibra, do transmissor e do receptor:

$$t_{st} = \sqrt{t_f^2 + t_{Ro}^2 + t_{To}^2}$$



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

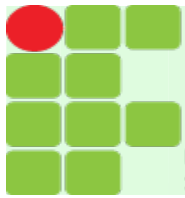
Critério para verificação da dispersão num enlace óptico

Como critério para aceitação ou não da dispersão provocada num enlace óptico é utilizada a relação entre o tempo de subida do pulso elétrico que chega no receptor e a largura desse pulso (τ).

$$t_{st} = k \text{ do } \tau$$

$$t_{st} \leq \frac{k}{\text{taxa de transmissão}}$$

Onde K é um valor percentual definido para cada projeto.



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Exercício

Verifique se o enlace com os componentes abaixo atendem aos requisitos de atenuação e dispersão:

To

$$P_{to} = -2 \text{ dBm} \quad \Delta\lambda = 40 \text{ nm} \quad B_e = 200 \text{ MHz}$$

Ro

$$\text{Sensibilidade} = -34 \text{ dBm} \quad \text{Faixa dinâmica} = 10 \text{ dB} \quad B_e = 200 \text{ MHz}$$

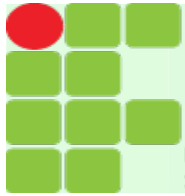
Taxa de transmissão = 500 Mbps

Fibra

$$\alpha_f = 2,0 \text{ dB/Km para } 1300 \text{ nm} \quad B_o = 900 \text{ Mhz.Km} \quad DC = 0,1 \text{ ns/nm.Km}$$

Conectores com perda de 1dB, emendas com perda de 0,2dB e Margem de segurança de 2 dB.

Comprimento do enlace 10 Km com fibras de comprimento máximo de 3Km.



1) Um sistema local ponto a ponto apresenta os seguintes componentes e requisitos:

a) Transmissor óptico:

$$P_{To} = -14 \text{ dBm} \quad \text{Largura espectral} = 55 \text{ nm} \quad B_e = 40 \text{ MHz}$$

b) Fibra óptica monomodo:

$$\alpha = 1,0 \text{ dB/km} \quad B_o = 50 \text{ Mhz.Km} \quad \text{comprimento} = 2,2 \text{ Km}$$

São realizadas 5 emendas com atenuação de 0,2 dB em cada uma delas.

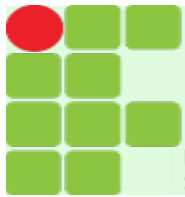
c) Receptor óptico

$$\text{Sensibilidade} = -40 \text{ dBm} \quad \text{Faixa dinâmica} = 8 \text{ dB} \quad B_e = 40 \text{ MHz}$$

d) Conectores:

$$\text{atenuação} = 0,6 \text{ dB}$$

Verifique se com esses componentes e requisitos o sistema foi bem projetado.



Exercício

- 2) Qual o espaçamento máximo entre repetidores de uma ligação de fibra óptica que apresenta atenuação de 0,25 dB/Km no λ de 1550 nm? Considere que a atenuação entre repetidores não pode ultrapassar 20 dB e que a atenuação nos acopladores é de 0.5 dB
- 3) Se considerarmos que o comprimento máximo dos cabos utilizados no problema 2 é de 4 Km qual o novo espaçamento máximo do enlace? Considere que a atenuação por emenda é de 0,08 dB.
- 4) Uma ligação por fibra óptica monomodo, a 1550 nm, deve operar a 622 Mbit/s para a distância de 71 Km sem repetidores. A fibra tem as seguintes características: atenuação de 0,23 dB/Km, dispersão de 5,5 ps/Km, está disponível em bobinas de 1Km de comprimento. As perdas por conector são de 0,8 dB e a margem de segurança é de 5 dB. Sendo a sensibilidade do receptor de -28 dBm e a potência injetada na fibra pelo transmissor de 1 dBm. Determine a atenuação máxima possível por emenda de fusão que pode ser tolerada durante a instalação do sistema.