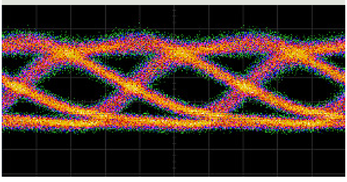
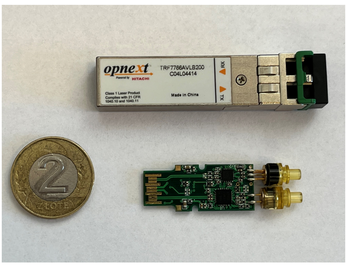
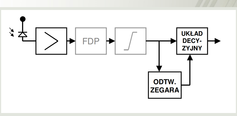
„Co jest w środku" w module SFP?

Układy odbiorcze i nadawcze w skrócie





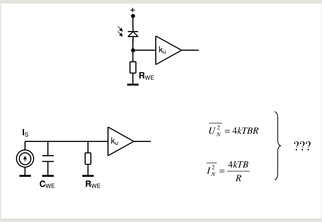
Układy odbiorcze



Wymagania dla układu przedwzmacniacza:

- małe szumy
- odpowiednie (duże) pasmo przenoszenia
- duży zakres dynamiczny

Przedwzmacniacz – podejście „wysokoimpedancyjne"

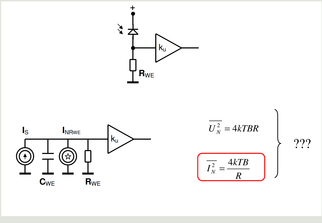


$$\overline{U_N^2} = 4kTBR$$

$$\overline{I_N^2} = \frac{4kTB}{R}$$

???

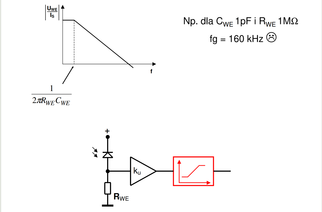
Przedwzmacniacz – podejście „wysokoimpedancyjne"



$$\overline{U_N^2} = 4kTBR$$

$$\boxed{\overline{I_N^2} = \frac{4kTB}{R}}$$

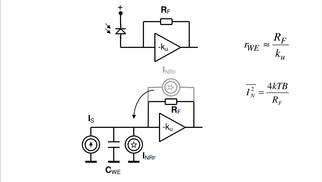
???



Np. dla C_{WE} 1pF i R_{WE} 1MΩ

fg = 160 kHz ☹

Przedwzmacniacz – podejście transimpedancyjne



$$r_{WE} \approx \frac{R_F}{k_u}$$

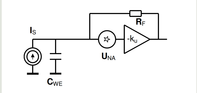
$$\overline{I_N^2} = \frac{4kTB}{R_F}$$

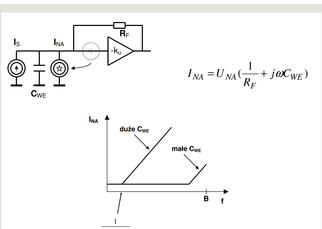
Np. k_u=100 i R_F =10kΩ → r_{we}=100 Ω;

przy C_{WE} =1pF → fg = 1,6 GHz ☺

Zgubny wpływ C_{WE}

- ograniczenie pasma ukł. odbiorczego
- kłopoty ze stabilnością (w konf. transimpedancyjnej)
- zwiększenie szumów układu

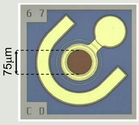




$$I_{NA} = U_{NA}\left(\frac{1}{R_F} + j\omega C_{WE}\right)$$

Dlatego:

- mała średnica okna
- polaryzacja wsteczna kilka V (problem przy zasilaniu 3,3V)
- integracja z układem wzmacniacza (redukcja pojemności montażowych)



Pasmo – ile go potrzebujemy?

Podejście „teoretyczne" – kryterium Nquista braku ISI:

+ liniowa faza!!!

Podejście „praktyczne":

$$B \approx 0.75 \frac{1}{T}$$

Czułość układu odbiorczego

$$BER = 1 \cdot 10^{-9} \quad \text{wymaga} \quad \frac{S}{N} = 15.6\,\text{dB} \quad (6\times)$$

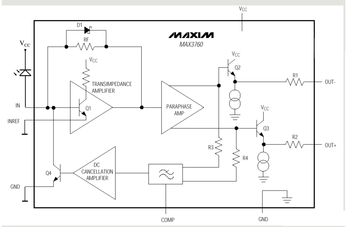
Przykład 1:

$I_{NSK} = 70$ nA (MAX3760) → $I_{Nmin} = 70*6 = 420$ nA;
jeżeli R = 0.8 A/W, to $P_{Zmin} = 0.5\ \mu W(śr) = 1\ \mu W(pp)$

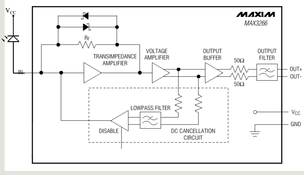
Przykład 2:

$J_N = 2\frac{pA}{\sqrt{Hz}}$, B = 750 MHz → $I_{NSK} = 54$ nA;

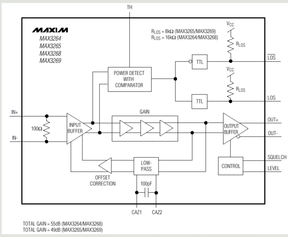
itd...



Scalony wzmacniacz transimpedancyjny MAX3760
(622Mb/s)



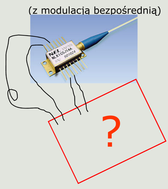
Scalony wzmacniacz transimpedancyjny MAX3266
(1.25Gb/s)

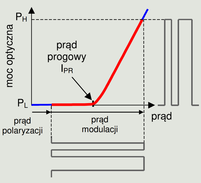


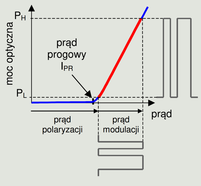
Scalony wzmacniacz-ogranicznik MAX3264
(2.5Gb/s)

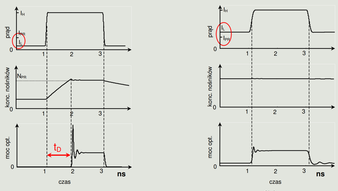
Laserowe układy nadawcze

(z modulacją bezpośrednią)

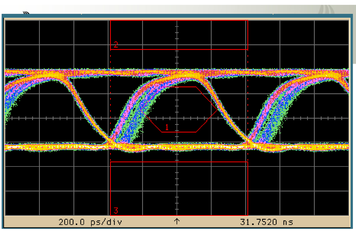






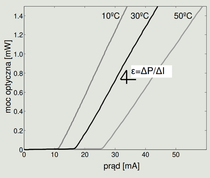


Modulacja w warunkach polaryzacji podprogowej (a) i nadprogowej (b)

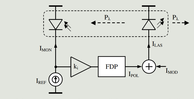


Konsekwencje polaryzacji podprogowej; 1,25 Gb/s

(pasmo odbiornika ograniczone – dlatego nie widać oscylacji przy załączaniu)



Niestety – charakterystyka emisyjna zależy od temperatury!!!



Idea układu polaryzacji lasera ze stabilizacją mocy średniej

Analiza DC:

$P_S = \varepsilon(I_{LAS} - I_{TH})$ (powyżej prądu progowego)

$I_{MON} = RP_S$

$\overline{I_{POL}} = (I_{REF} - I_{MON})k_i$

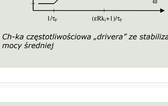
$I_{LAS} = I_{POL} + I_{MOD}$

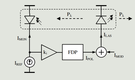
$$\overline{P_S} = \frac{\varepsilon\left(I_{REF} + \frac{\overline{I_{MOD}}}{k_i} - \frac{I_{TH}}{k_i}\right)}{\frac{1}{k_i} + \varepsilon R} \xrightarrow{k_i \to \infty} \frac{I_{REF}}{R}$$

Analiza przyrostowa AC:

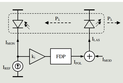
$i_{REF} = 0, \quad i_{MON} = Rp_S(s), \quad i_{POL} = -k_i F(s) i_{MON}(s), \quad F(s) = \frac{1}{1 + s\tau_F}$

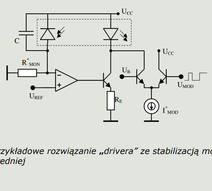
$$\frac{p_S(s)}{i_{MOD}(s)} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon R k_i + 1} \cdot \frac{1 + s\tau_F}{1 + \frac{s\tau_F}{\varepsilon R k_i + 1}}$$



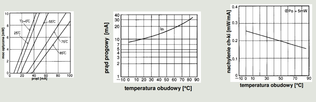


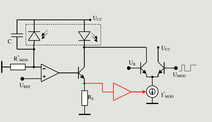
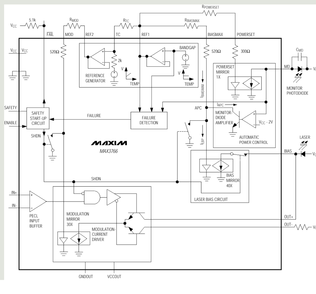
Ch-ka częstotliwościowa „drivera" ze stabilizacją mocy średniej





Przykładowe rozwiązanie „drivera" ze stabilizacją mocy średniej





„Driver" ze stabilizacją mocy średniej i kompensacją termicznej zależności nachylenia ε