

## Bilet nr. 1

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(4.0\text{mW} / 1\text{mW}) = 6.02\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(0.95\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -30.22\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [6.02\text{dBm} - (-30.22)\text{dBm}] / 0.275\text{dB/km} = 131.79\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 284.1 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.086 / 4 \cdot (1310 - 1319^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.782\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.78) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(284.1)^2 + (-0.78)^2]} = L \cdot 284.1 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 284.1\text{ps/km} = 21.91\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 21.91\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 14.7\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-11.50) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(284.1)^2 + (-11.50)^2]} = L \cdot 284.3 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 284.3\text{ps/km} = 21.89\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 21.89\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$2. E_g = h \cdot c / \lambda, E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]; c = 299792458 \text{ m/s}, h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}, e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C},$$

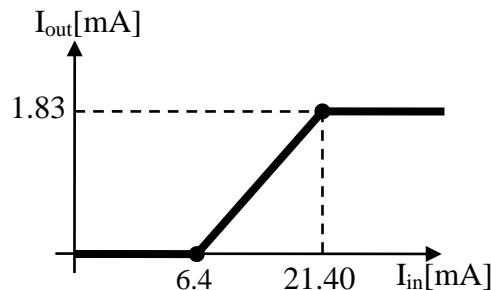
$$\text{Laser: } \lambda = 1162\text{nm}, E_g = 1.71 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1.068\text{eV}, \text{ materiale utilizate } \text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$$

$$\text{Ecuație de gradul 2: } E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2; 0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.282 = 0$$

$$y = 0.421, x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.193, \text{ compoziția este: } \text{In}_{0.193} \text{Ga}_{0.807} \text{As}_{0.421} \text{P}_{0.579}$$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 0.91\text{mW} < 3.9\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.428\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 21.40\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 1.83\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a) 0.0mW, b) 1.7mW, c) 4.4mW, la curentul de 30mA dioda ESTE saturată.

$$5. P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(81\mu\text{W}/1\text{mW}) = -10.92\text{dBm}, P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 10.86\text{dBm};$$

$$P_e[\text{mW}] = 10^{10.86/10} = 12.20\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.314\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii februarie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna februarie și luna următoare, martie. În februarie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 55^\circ$ , în martie  $I_{\text{opt}} = 46^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 50.5^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 5.30\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 190.8\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 1479.1\text{Wh}$ . În februarie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $2350\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în martie  $4210\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 3280\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 46.3\text{cm} \times 46.3\text{cm} = 2143.69 \text{ cm}^2 = 0.2144 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 2.10$ , sunt necesare  $N = 3$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 27.65\text{W}$  la o tensiune optimă de  $12.05\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.29\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.29\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 6.88\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (februarie/martie):  $2495$  ( $1680/3310$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $2730$  ( $2130/3330$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $2495\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 31.5% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile august și septembrie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $35.0^\circ$  ( $28^\circ/42^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $5280$  ( $5960/4600$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 3 panouri fiecare cu suprafața  $0.2144\text{m}^2$  și eficiența de 12.9%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 438.0\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $18.25\text{W} > 5.30\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.

## Bilet nr. 2

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(1.5\text{mW} / 1\text{mW}) = 1.76\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(0.75\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -31.25\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [1.76\text{dBm} - (-31.25)\text{dBm}] / 0.310\text{dB/km} = 106.48\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 591.2 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.094 / 4 \cdot (1310 - 1323^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -1.240\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-1.24) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(591.2)^2 + (-1.24)^2]} = L \cdot 591.2 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 591.2\text{ps/km} = 10.53\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 10.53\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 12.7\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-15.75) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(591.2)^2 + (-15.75)^2]} = L \cdot 591.4 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 591.4\text{ps/km} = 10.52\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 10.52\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

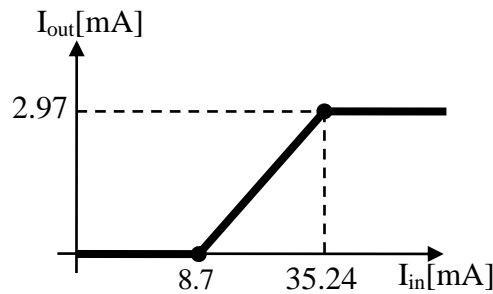
Laser:  $\lambda = 1632\text{nm}$ ,  $E_g = 1.22 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.761\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.589 = 0$

$y = 0.978$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.456$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.456} \text{Ga}_{0.544} \text{As}_{0.978} \text{P}_{0.022}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.25\text{mW} < 6.9\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.537\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 35.24\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 2.97\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a) 0.0mW, b) 1.1mW, c) 2.4mW, la curentul de 30mA dioda ESTE saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(140\mu\text{W}/1\text{mW}) = -8.54\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 9.19\text{dBm}$ ;

$P_e[\text{mW}] = 10^{9.19/10} = 8.30\text{mW}$ ;

6.  $\Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.291\text{nm}$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii ianuarie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna ianuarie și luna următoare, februarie. În ianuarie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 61^\circ$ , în februarie  $I_{\text{opt}} = 55^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 58.0^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 8.10\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 291.6\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 2296.1\text{Wh}$ . În ianuarie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $1440\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , în februarie  $2350\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 1895\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 42.8\text{cm} \times 42.8\text{cm} = 1831.84 \text{ cm}^2 = 0.1832 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 6.61$ , sunt necesare  $N = 7$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W/m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W/m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 23.26\text{W}$  la o tensiune optimă de  $12.35\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $1.88\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 1.88\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 13.19\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (ianuarie/februarie):  $1318$  ( $956/1680$ )  $\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $1770$  ( $1410/2130$ )  $\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $1318\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de  $43.8\%$  față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile iulie și august. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $22.5^\circ$  ( $17^\circ/28^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $6100$  ( $6240/5960$ )  $\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ . Avem 7 panouri fiecare cu suprafața  $0.1832\text{m}^2$  și eficiența de  $12.7\%$ , deci se poate obține zilnic o energie  $E = 993.4\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $41.39\text{W} > 8.10\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.

### Bilet nr. 3

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(1.7\text{mW} / 1\text{mW}) = 2.30\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(0.95\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -30.22\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [2.30\text{dBm} - (-30.22)\text{dBm}] / 0.280\text{dB/km} = 116.17\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 342.3 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.088 / 4 \cdot (1310 - 1320^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.890\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.89) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(342.3)^2 + (-0.89)^2]} = L \cdot 342.3 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 342.3\text{ps/km} = 18.18\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 18.18\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 14.8\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-13.17) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(342.3)^2 + (-13.17)^2]} = L \cdot 342.6 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 342.6\text{ps/km} = 18.16\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 18.16\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$2. E_g = h \cdot c / \lambda, E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]; c = 299792458 \text{ m/s}, h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}, e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C},$$

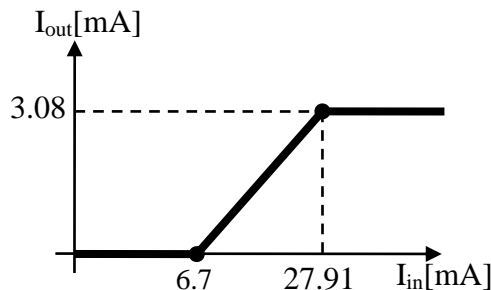
$$\text{Laser: } \lambda = 1177\text{nm}, E_g = 1.69 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1.055\text{eV}, \text{ materiale utilizate } \text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$$

$$\text{Ecuație de gradul 2: } E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2; 0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.295 = 0$$

$$y = 0.443, x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.203, \text{ compoziția este: } \text{In}_{0.203} \text{Ga}_{0.797} \text{As}_{0.443} \text{P}_{0.557}$$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 2.01\text{mW} < 7.0\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.886\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 27.91\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 3.08\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a) 0.0mW, b) 1.6mW, c) 4.3mW, la curentul de 30mA dioda NU este saturată.

$$5. P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(104\mu\text{W}/1\text{mW}) = -9.83\text{dBm}, P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 10.77\text{dBm};$$

$$P_e[\text{mW}] = 10^{10.77/10} = 11.94\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.374\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii octombrie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna octombrie și luna următoare, noiembrie. În octombrie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 55^\circ$ , în noiembrie  $I_{\text{opt}} = 63^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 59.0^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 7.85\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 282.6\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 2316.4\text{Wh}$ . În octombrie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $3570\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în noiembrie  $2000\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 2785\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 48.7\text{cm} \times 48.7\text{cm} = 2371.69 \text{ cm}^2 = 0.2372 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 3.51$ , sunt necesare  $N = 4$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 28.93\text{W}$  la o tensiune optimă de  $11.50\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.52\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.52\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 10.06\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (octombrie/noiembrie):  $1855 (2450/1260) \text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $2610 (3210/2010) \text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $1855\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 50.1% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile aprilie și mai. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $25.5^\circ (32^\circ/19^\circ)$ , cu o densitate de energie solară disponibilă  $5555 (5150/5960) \text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 4 panouri fiecare cu suprafața  $0.2372\text{m}^2$  și eficiența de 12.2%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 642.9\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $26.79\text{W} > 7.85\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.

## Bilet nr. 4

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(1.2\text{mW} / 1\text{mW}) = 0.79\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(0.95\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -30.22\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [0.79\text{dBm} - (-30.22)\text{dBm}] / 0.325\text{dB/km} = 95.43\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 281.6 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.094 / 4 \cdot (1310 - 1317^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.663\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.66) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(281.6)^2 + (-0.66)^2]} = L \cdot 281.6 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 281.6\text{ps/km} = 22.10\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 22.10\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 16.6\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-11.01) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(281.6)^2 + (-11.01)^2]} = L \cdot 281.8 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 281.8\text{ps/km} = 22.08\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 22.08\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

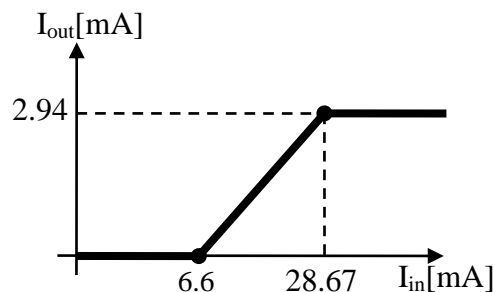
Laser:  $\lambda = 1102\text{nm}$ ,  $E_g = 1.80 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1.127\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.223 = 0$

$y = 0.328$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.150$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.150} \text{Ga}_{0.850} \text{As}_{0.328} \text{P}_{0.672}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.48\text{mW} < 6.4\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.680\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 28.67\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 2.94\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a)  $0.3\text{mW}$ , b)  $2.8\text{mW}$ , c)  $5.2\text{mW}$ , la curentul de  $30\text{mA}$  dioda ESTE saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(85\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -10.71\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 11.37\text{dBm}$ ;

$$P_e[\text{mW}] = 10^{11.37/10} = 13.72\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.219\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii septembrie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna septembrie și luna următoare, octombrie. În septembrie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 42^\circ$ , în octombrie  $I_{\text{opt}} = 55^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 48.5^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 7.30\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 262.8\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 1990.9\text{Wh}$ . În septembrie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $4600\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în octombrie  $3570 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 4085\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 46.4\text{cm} \times 46.4\text{cm} = 2152.96 \text{ cm}^2 = 0.2153 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 2.26$ , sunt necesare  $N = 3$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 28.42\text{W}$  la o tensiune optimă de  $12.15\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.34\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.34\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 7.02\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (septembrie/octombrie):  $3085$  ( $3720/2450$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $3300$  ( $3390/3210$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $3085\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 32.4% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile martie și aprilie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $39.0^\circ$  ( $46^\circ/32^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $4680$  ( $4210/5150$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 3 panouri fiecare cu suprafața  $0.2153\text{m}^2$  și eficiența de 13.2%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 399.0\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $16.63\text{W} > 7.30\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.



## Bilet nr. 5

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(2.4\text{mW} / 1\text{mW}) = 3.80\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(0.70\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -31.55\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [3.80\text{dBm} - (-31.55)\text{dBm}] / 0.270\text{dB/km} = 130.93\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 820.9 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.087 / 4 \cdot (1310 - 1317^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.614\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.61) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(820.9)^2 + (-0.61)^2} = L \cdot 820.9 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 820.9\text{ps/km} = 7.58\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 7.58\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 11.2\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-6.88) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(820.9)^2 + (-6.88)^2} = L \cdot 821.0 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 821.0\text{ps/km} = 7.58\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 7.58\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

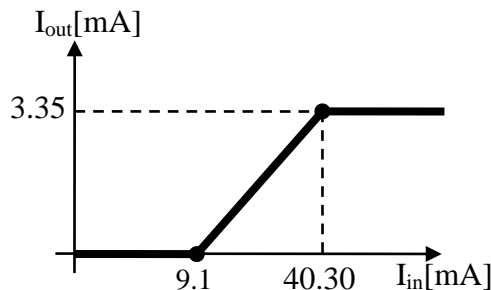
Laser:  $\lambda = 1407\text{nm}$ ,  $E_g = 1.41 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.882\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.468 = 0$

$y = 0.741$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.343$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.343} \text{Ga}_{0.657} \text{As}_{0.741} \text{P}_{0.259}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.95\text{mW} < 7.8\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.839\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 40.30\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 3.35\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a)  $0.0\text{mW}$ , b)  $2.3\text{mW}$ , c)  $5.2\text{mW}$ , la curentul de  $30\text{mA}$  dioda NU este saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(56\mu\text{W}/1\text{mW}) = -12.52\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 12.36\text{dBm}$ ;

$$P_e[\text{mW}] = 10^{12.36/10} = 17.23\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.225\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii mai ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna mai și luna următoare, iunie. În mai înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 19^\circ$ , în iunie  $I_{\text{opt}} = 13^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 16.0^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 8.65\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 311.4\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 2022.1\text{Wh}$ . În mai, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $5960\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , în iunie  $5900 \text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 5930\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 41.6\text{cm} \times 41.6\text{cm} = 1730.56 \text{ cm}^2 = 0.1731 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 1.97$ , sunt necesare  $N = 2$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 26.65\text{W}$  la o tensiune optimă de  $12.35\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.16\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.16\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 4.32\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (mai/iunie):  $6020$  ( $5900/6140$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $2915$  ( $3070/2760$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $2915\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 103.4% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile noiembrie și decembrie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $63.5^\circ$  ( $63^\circ/64^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $1640$  ( $2000/1280$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 2 panouri fiecare cu suprafața  $0.1731\text{m}^2$  și eficiența de 15.4%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 87.4\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $3.64\text{W} < 8.65\text{W}$ . În concluzie sistemul nu funcționează.

## Bilet nr. 6

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(1.5\text{mW} / 1\text{mW}) = 1.76\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(1.05\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -29.79\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [1.76\text{dBm} - (-29.79)\text{dBm}] / 0.340\text{dB/km} = 92.79\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 551.5 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.085 / 4 \cdot (1310 - 1319^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.773\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.77) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(551.5)^2 + (-0.77)^2} = L \cdot 551.5 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 551.5\text{ps/km} = 11.28\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 11.28\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 19.8\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-15.30) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(551.5)^2 + (-15.30)^2} = L \cdot 551.7 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 551.7\text{ps/km} = 11.28\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 11.28\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

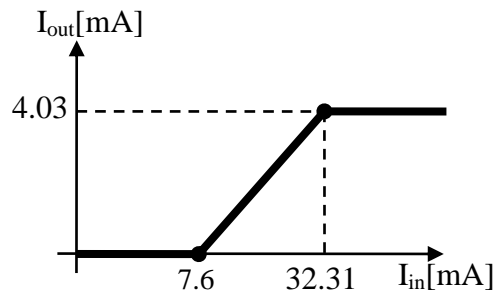
Laser:  $\lambda = 1252\text{nm}$ ,  $E_g = 1.59 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.992\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.358 = 0$

$y = 0.548$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.252$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.252} \text{Ga}_{0.748} \text{As}_{0.548} \text{P}_{0.452}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.97\text{mW} < 8.4\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.947\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 32.31\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 4.03\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a) 0.0mW, b) 0.8mW, c) 3.8mW, la curentul de 30mA dioda NU este saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(137\mu\text{W}/1\text{mW}) = -8.63\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 9.85\text{dBm}$ ;

$P_e[\text{mW}] = 10^{9.85/10} = 9.65\text{mW}$ ;

6.  $\Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.281\text{nm}$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii octombrie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna octombrie și luna următoare, noiembrie. În octombrie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 55^\circ$ , în noiembrie  $I_{\text{opt}} = 63^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 59.0^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 6.20\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 223.2\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 1458.8\text{Wh}$ . În octombrie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $3570\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în noiembrie  $2000\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 2785\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 46.8\text{cm} \times 46.8\text{cm} = 2190.24 \text{ cm}^2 = 0.2190 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 2.39$ , sunt necesare  $N = 3$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W/m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W/m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 33.51\text{W}$  la o tensiune optimă de  $11.65\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.88\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.88\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 8.63\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (octombrie/noiembrie):  $1855 (2450/1260) \text{Wh/m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $2610 (3210/2010) \text{Wh/m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $1855\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 50.1% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile aprilie și mai. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $25.5^\circ (32^\circ/19^\circ)$ , cu o densitate de energie solară disponibilă  $5555 (5150/5960) \text{Wh/m}^2/\text{zi}$ . Avem 3 panouri fiecare cu suprafața  $0.2190\text{m}^2$  și eficiența de 15.3%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 558.5\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $23.27\text{W} > 6.20\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.

## Bilet nr. 7

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(2.7 \text{ mW} / 1 \text{ mW}) = 4.31 \text{ dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(0.70 \mu\text{W} / 1 \text{ mW}) = -31.55 \text{ dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [4.31 \text{ dBm} - (-31.55) \text{ dBm}] / 0.270 \text{ dB/km} = 132.82 \text{ km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max} [\text{ns}] = 0.44 / V [\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223 \text{ ns} = 6222.5 \text{ ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 628.7 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.091 / 4 \cdot (1310 - 1315^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.458 \text{ ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1 \text{ nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.46) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(628.7)^2 + (-0.46)^2} = L \cdot 628.7 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 628.7 \text{ ps/km} = 9.90 \text{ km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 9.90 \text{ km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 11.7 \text{ nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-5.35) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(628.7)^2 + (-5.35)^2} = L \cdot 628.8 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 628.8 \text{ ps/km} = 9.90 \text{ km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 9.90 \text{ km}$ , limitată de dispersie.

$$2. E_g = h \cdot c / \lambda, E_g [\text{eV}] = E_g [\text{J}] / e [\text{C}]; c = 299792458 \text{ m/s}, h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg/s}, e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C},$$

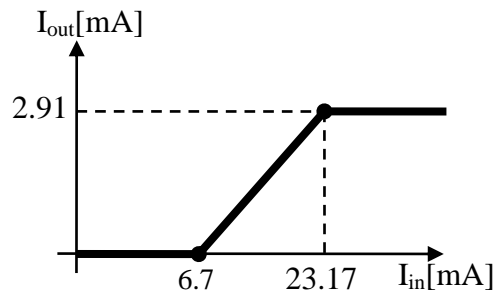
$$\text{Laser: } \lambda = 1647 \text{ nm}, E_g = 1.21 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.754 \text{ eV}, \text{ materiale utilizate } \text{In}_x \text{Ga}_{1-x} \text{As}_y \text{P}_{1-y}$$

$$\text{Ecuație de gradul 2: } E_g [\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2; 0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.596 = 0$$

$$y = 0.992, x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.463, \text{ compoziția este: } \text{In}_{0.463} \text{Ga}_{0.537} \text{As}_{0.992} \text{P}_{0.008}$$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.36 \text{ mW} < 5.6 \text{ mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.707 \text{ mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 23.17 \text{ mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 2.91 \text{ mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a)  $0.0 \text{ mW}$ , b)  $2.8 \text{ mW}$ , c)  $5.3 \text{ mW}$ , la curentul de  $30 \text{ mA}$  dioda ESTE saturată.

$$5. P_r [\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(111 \mu\text{W} / 1 \text{ mW}) = -9.55 \text{ dBm}, P_e [\text{dBm}] = A [\text{dB/km}] \cdot L [\text{km}] + P_r [\text{dBm}] = 9.48 \text{ dBm};$$

$$P_e [\text{mW}] = 10^{9.48/10} = 8.88 \text{ mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.371 \text{ nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii februarie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna februarie și luna următoare, martie. În februarie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 55^\circ$ , în martie  $I_{\text{opt}} = 46^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 50.5^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 5.40 \text{ W} \cdot 1.5 \cdot 24 \text{ h} = 194.4 \text{ Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 1484.0 \text{ Wh}$ . În februarie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $2350 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ , în martie  $4210 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 3280 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 48.0 \text{ cm} \times 48.0 \text{ cm} = 2304.00 \text{ cm}^2 = 0.2304 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 1.96$ , sunt necesare  $N = 2$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 30.18\text{W}$  la o tensiune optimă de  $12.15\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.48\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.48\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 4.97\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (februarie/martie):  $2495$  ( $1680/3310$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $2730$  ( $2130/3330$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $2495\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 31.5% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile august și septembrie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $35.0^\circ(28^\circ/42^\circ)$ , cu o densitate de energie solară disponibilă  $5280$  ( $5960/4600$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 2 panouri fiecare cu suprafața  $0.2304\text{m}^2$  și eficiența de 13.1%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 318.7\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $13.28\text{W} > 5.40\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.

## Bilet nr. 8

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(3.3\text{mW} / 1\text{mW}) = 5.19\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(1.15\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -29.39\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [5.19\text{dBm} - (-29.39)\text{dBm}] / 0.265\text{dB/km} = 130.48\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 596.0 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.086 / 4 \cdot (1310 - 1319^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.782\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.78) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(596.0)^2 + (-0.78)^2} = L \cdot 596.0 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 596.0\text{ps/km} = 10.44\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 10.44\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 18.9\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-14.78) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(596.0)^2 + (-14.78)^2} = L \cdot 596.2 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 596.2\text{ps/km} = 10.44\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 10.44\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

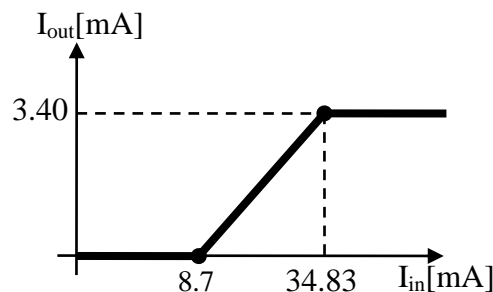
Laser:  $\lambda = 1152\text{nm}$ ,  $E_g = 1.72 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1.078\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.272 = 0$

$y = 0.406$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.186$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.186} \text{Ga}_{0.814} \text{As}_{0.406} \text{P}_{0.594}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 2.14\text{mW} < 8.1\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.898\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 34.83\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 3.40\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a)  $0.0\text{mW}$ , b)  $1.1\text{mW}$ , c)  $3.6\text{mW}$ , la curentul de  $30\text{mA}$  dioda NU este saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(88\mu\text{W}/1\text{mW}) = -10.56\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 8.14\text{dBm}$ ;

$$P_e[\text{mW}] = 10^{8.14/10} = 6.52\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.307\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii septembrie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna septembrie și luna următoare, octombrie. În septembrie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 42^\circ$ , în octombrie  $I_{\text{opt}} = 55^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 48.5^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 7.40\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 266.4\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 2220.0\text{Wh}$ . În septembrie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $4600\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în octombrie  $3570 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 4085\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 40.4\text{cm} \times 40.4\text{cm} = 1632.16 \text{ cm}^2 = 0.1632 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 3.33$ , sunt necesare  $N = 4$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 19.59\text{W}$  la o tensiune optimă de  $12.20\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $1.61\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 1.61\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 6.42\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (septembrie/octombrie):  $3085$  ( $3720/2450$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $3300$  ( $3390/3210$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $3085\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 32.4% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile martie și aprilie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $39.0^\circ$  ( $46^\circ/32^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $4680$  ( $4210/5150$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 4 panouri fiecare cu suprafața  $0.1632\text{m}^2$  și eficiența de 12.0%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 366.6\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $15.28\text{W} > 7.40\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.



## Bilet nr. 9

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(3.7\text{mW} / 1\text{mW}) = 5.68\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(1.45\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -28.39\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [5.68\text{dBm} - (-28.39)\text{dBm}] / 0.275\text{dB/km} = 123.88\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 765.5 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.089 / 4 \cdot (1310 - 1319^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.809\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.81) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(765.5)^2 + (-0.81)^2} = L \cdot 765.5 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 765.5\text{ps/km} = 8.13\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 8.13\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 11.9\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-9.63) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(765.5)^2 + (-9.63)^2} = L \cdot 765.6 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 765.6\text{ps/km} = 8.13\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 8.13\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$2. E_g = h \cdot c / \lambda, E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]; c = 299792458 \text{ m/s}, h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}, e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C},$$

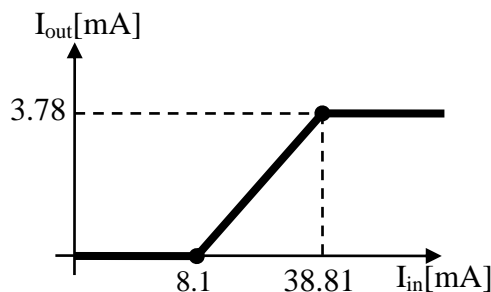
$$\text{Laser: } \lambda = 1372\text{nm}, E_g = 1.45 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.905\text{eV}, \text{ materiale utilizate } \text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$$

$$\text{Ecuație de gradul 2: } E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2; 0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.445 = 0$$

$$y = 0.700, x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.324, \text{ compoziția este: } \text{In}_{0.324} \text{Ga}_{0.676} \text{As}_{0.700} \text{P}_{0.300}$$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 2.13\text{mW} < 8.6\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.936\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 38.81\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 3.78\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a) 0.0mW, b) 2.4mW, c) 3.0mW, la curentul de 30mA dioda ESTE saturată.

$$5. P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(63\mu\text{W}/1\text{mW}) = -12.01\text{dBm}, P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 10.19\text{dBm};$$

$$P_e[\text{mW}] = 10^{10.19/10} = 10.46\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.661\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii august ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna august și luna următoare, septembrie. În august înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 28^\circ$ , în septembrie  $I_{\text{opt}} = 42^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 35.0^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 8.10\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 291.6\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 2025.0\text{Wh}$ . În august, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $5960\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în septembrie  $4600\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 5280\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 46.2\text{cm} \times 46.2\text{cm} = 2134.44 \text{ cm}^2 = 0.2134 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 1.80$ , sunt necesare  $N = 2$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 30.74\text{W}$  la o tensiune optimă de  $11.75\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.62\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.62\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 5.23\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (august/septembrie):  $4595$  ( $5470/3720$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $3425$  ( $3460/3390$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $3425\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 54.2% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile februarie și martie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $50.5^\circ$  ( $55^\circ/46^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $3280$  ( $2350/4210$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 2 panouri fiecare cu suprafața  $0.2134\text{m}^2$  și eficiența de 14.4%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 201.6\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $8.40\text{W} > 8.10\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, fără rezervă de 50%.

## Bilet nr. 10

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(2.3\text{mW} / 1\text{mW}) = 3.62\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(0.65\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -31.87\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [3.62\text{dBm} - (-31.87)\text{dBm}] / 0.290\text{dB/km} = 122.37\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 589.1 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.091 / 4 \cdot (1310 - 1320^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.920\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.92) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(589.1)^2 + (-0.92)^2} = L \cdot 589.1 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 589.1\text{ps/km} = 10.56\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 10.56\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 15.8\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-14.54) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(589.1)^2 + (-14.54)^2} = L \cdot 589.3 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 589.3\text{ps/km} = 10.56\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 10.56\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

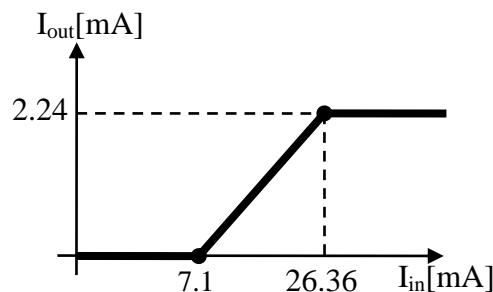
Laser:  $\lambda = 1382\text{nm}$ ,  $E_g = 1.44 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.898\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.452 = 0$

$y = 0.712$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.329$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.329} \text{Ga}_{0.671} \text{As}_{0.712} \text{P}_{0.288}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.08\text{mW} < 5.2\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.464\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 26.36\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 2.24\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a) 0.0mW, b) 0.1mW, c) 2.5mW, la curentul de 30mA dioda ESTE saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(119\mu\text{W}/1\text{mW}) = -9.24\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 3.46\text{dBm}$ ;

$$P_e[\text{mW}] = 10^{3.46/10} = 2.22\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.332\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii februarie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna februarie și luna următoare, martie. În februarie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 55^\circ$ , în martie  $I_{\text{opt}} = 46^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 50.5^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 9.95\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 358.2\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 2311.0\text{Wh}$ . În februarie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $2350\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în martie  $4210\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 3280\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 45.2\text{cm} \times 45.2\text{cm} = 2043.04 \text{ cm}^2 = 0.2043 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 3.45$ , sunt necesare  $N = 4$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 31.67\text{W}$  la o tensiune optimă de  $12.45\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.54\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.54\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 10.17\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (februarie/martie):  $2495$  ( $1680/3310$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $2730$  ( $2130/3330$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $2495\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 31.5% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile august și septembrie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $35.0^\circ(28^\circ/42^\circ)$ , cu o densitate de energie solară disponibilă  $5280$  ( $5960/4600$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 4 panouri fiecare cu suprafața  $0.2043\text{m}^2$  și eficiența de 15.5%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 668.8\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $27.87\text{W} > 9.95\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.

## Bilet nr. 11

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(1.0\text{mW} / 1\text{mW}) = 0.00\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(1.05\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -29.79\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [0.00\text{dBm} - (-29.79)\text{dBm}] / 0.225\text{dB/km} = 132.39\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 635.7 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.090 / 4 \cdot (1310 - 1313^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.271 \text{ ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.27) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(635.7)^2 + (-0.27)^2]} = L \cdot 635.7 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 635.7 \text{ ps/km} = 9.79\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 9.79\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 15.3\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-4.15) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(635.7)^2 + (-4.15)^2]} = L \cdot 635.7 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 635.7 \text{ ps/km} = 9.79\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 9.79\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

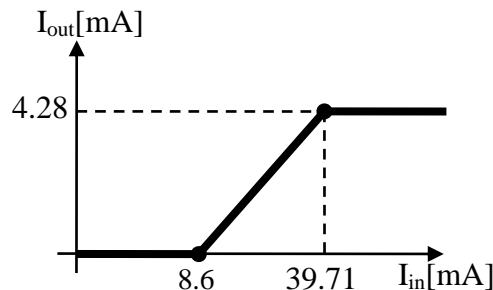
Laser:  $\lambda = 1412\text{nm}$ ,  $E_g = 1.41 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.879\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.471 = 0$

$y = 0.747$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.346$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.346} \text{Ga}_{0.654} \text{As}_{0.747} \text{P}_{0.253}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.92\text{mW} < 8.4\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.978\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 39.71\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 4.28\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a)  $0.0\text{mW}$ , b)  $2.4\text{mW}$ , c)  $2.6\text{mW}$ , la curentul de  $30\text{mA}$  dioda ESTE saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(120\mu\text{W}/1\text{mW}) = -9.21\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 8.64\text{dBm}$ ;

$$P_e[\text{mW}] = 10^{8.64/10} = 7.31\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.275\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii ianuarie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna ianuarie și luna următoare, februarie. În ianuarie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 61^\circ$ , în februarie  $I_{\text{opt}} = 55^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 58.0^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 8.45\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 304.2\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 2473.2\text{Wh}$ . În ianuarie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $1440\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , în februarie  $2350 \text{ Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 1895\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 46.6\text{cm} \times 46.6\text{cm} = 2171.56 \text{ cm}^2 = 0.2172 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 6.01$ , sunt necesare  $N = 7$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W/m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W/m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 26.71\text{W}$  la o tensiune optimă de  $11.70\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.28\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.28\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 15.98\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (ianuarie/februarie):  $1318$  ( $956/1680$ )  $\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $1770$  ( $1410/2130$ )  $\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $1318\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de  $43.8\%$  față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile iulie și august. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $22.5^\circ$  ( $17^\circ/28^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $6100$  ( $6240/5960$ )  $\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ . Avem 7 panouri fiecare cu suprafața  $0.2172\text{m}^2$  și eficiența de  $12.3\%$ , deci se poate obține zilnic o energie  $E = 1140.5\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $47.52\text{W} > 8.45\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.

## Bilet nr. 12

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(3.6\text{mW} / 1\text{mW}) = 5.56\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(1.05\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -29.79\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [5.56\text{dBm} - (-29.79)\text{dBm}] / 0.250\text{dB/km} = 141.40\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 808.7 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.090 / 4 \cdot (1310 - 1319^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.818\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.82) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(808.7)^2 + (-0.82)^2]} = L \cdot 808.7 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 808.7\text{ps/km} = 7.69\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 7.69\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 10.8\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-8.84) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(808.7)^2 + (-8.84)^2]} = L \cdot 808.7 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 808.7\text{ps/km} = 7.69\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 7.69\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

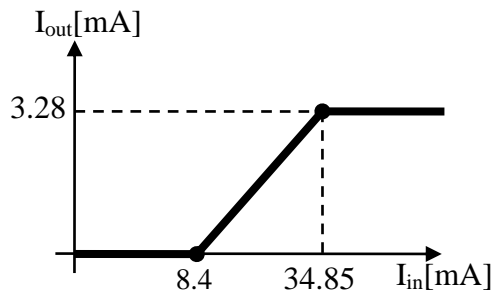
Laser:  $\lambda = 1552\text{nm}$ ,  $E_g = 1.28 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.800\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.550 = 0$

$y = 0.898$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.418$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.418} \text{Ga}_{0.582} \text{As}_{0.898} \text{P}_{0.102}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.61\text{mW} < 8.2\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.645\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 34.85\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 3.28\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a) 0.0mW, b) 1.5mW, c) 2.3mW, la curentul de 30mA dioda ESTE saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(55\mu\text{W}/1\text{mW}) = -12.60\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 10.20\text{dBm}$ ;

$$P_e[\text{mW}] = 10^{10.20/10} = 10.48\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.140\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii octombrie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna octombrie și luna următoare, noiembrie. În octombrie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 55^\circ$ , în noiembrie  $I_{\text{opt}} = 63^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 59.0^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 5.15\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 185.4\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 1519.7\text{Wh}$ . În octombrie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $3570\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în noiembrie  $2000\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 2785\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 42.9\text{cm} \times 42.9\text{cm} = 1840.41 \text{ cm}^2 = 0.1840 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 2.96$ , sunt necesare  $N = 3$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 22.45\text{W}$  la o tensiune optimă de  $12.40\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $1.81\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 1.81\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 5.43\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (octombrie/noiembrie):  $1855$  ( $2450/1260$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $2610$  ( $3210/2010$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $1855\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 50.1% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile aprilie și mai. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $25.5^\circ$  ( $32^\circ/19^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $5555$  ( $5150/5960$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 3 panouri fiecare cu suprafața  $0.1840\text{m}^2$  și eficiența de 12.2%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 374.2\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $15.59\text{W} > 5.15\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.



## Bilet nr. 13

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(2.6\text{mW} / 1\text{mW}) = 4.15\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(1.45\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -28.39\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r)/A_{\max} = [4.15\text{dBm} - (-28.39)\text{dBm}] / 0.295\text{dB/km} = 110.29\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 821.5 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0/4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4/\lambda^3) = 0.094/4 \cdot (1310 - 1321^4/1310^3) \text{ ps/nm/km} = -1.047\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-1.05) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(821.5)^2 + (-1.05)^2} = L \cdot 821.5 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 821.5\text{ps/km} = 7.57\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 7.57\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 10.8\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-11.31) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(821.5)^2 + (-11.31)^2} = L \cdot 821.6 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 821.6\text{ps/km} = 7.57\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 7.57\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c/\lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}]/e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

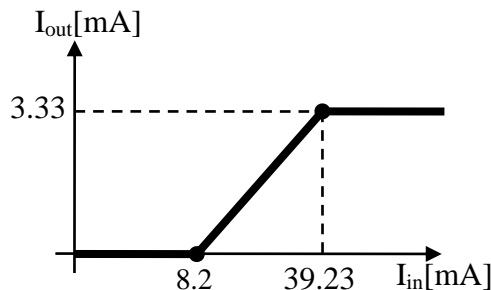
Laser:  $\lambda = 1122\text{nm}$ ,  $E_g = 1.77 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1.107\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.243 = 0$

$y = 0.360$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.165$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.165} \text{Ga}_{0.835} \text{As}_{0.360} \text{P}_{0.640}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 2.35\text{mW} < 9.0\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.869\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 39.23\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 3.33\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a) 0.0mW, b) 0.8mW, c) 3.2mW, la curentul de 30mA dioda ESTE saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(143\mu\text{W}/1\text{mW}) = -8.45\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 10.90\text{dBm}$ ;

$$P_e[\text{mW}] = 10^{10.90/10} = 12.31\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2/c = 0.098\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii noiembrie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna noiembrie și luna următoare, decembrie. În noiembrie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 63^\circ$ , în decembrie  $I_{\text{opt}} = 64^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 63.5^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 8.20\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 295.2\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 2419.7\text{Wh}$ . În noiembrie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $2000\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în decembrie  $1280 \text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 1640\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 45.1\text{cm} \times 45.1\text{cm} = 2034.01 \text{ cm}^2 = 0.2034 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 7.25$ , sunt necesare  $N = 8$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 24.81\text{W}$  la o tensiune optimă de  $11.85\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.09\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.09\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 16.75\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (noiembrie/decembrie):  $1031$  ( $1260/802$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $1660$  ( $2010/1310$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $1031\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de  $59.1\%$  față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile mai și iunie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $16.0^\circ$  ( $19^\circ/13^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $5930$  ( $5960/5900$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 8 panouri fiecare cu suprafața  $0.2034\text{m}^2$  și eficiența de  $12.2\%$ , deci se poate obține zilnic o energie  $E = 1177.2\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $49.05\text{W} > 8.20\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.

## Bilet nr. 14

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(4.5\text{mW} / 1\text{mW}) = 6.53\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(1.40\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -28.54\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [6.53\text{dBm} - (-28.54)\text{dBm}] / 0.245\text{dB/km} = 143.15\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 970.9 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.088 / 4 \cdot (1310 - 1314^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.354\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.35) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(970.9)^2 + (-0.35)^2} = L \cdot 970.9 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 970.9\text{ps/km} = 6.41\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 6.41\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 16.5\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-5.83) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(970.9)^2 + (-5.83)^2} = L \cdot 970.9 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 970.9\text{ps/km} = 6.41\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 6.41\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

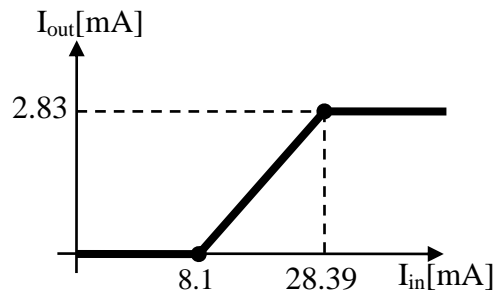
Laser:  $\lambda = 1162\text{nm}$ ,  $E_g = 1.71 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1.068\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.282 = 0$

$y = 0.421$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.193$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.193} \text{Ga}_{0.807} \text{As}_{0.421} \text{P}_{0.579}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.43\text{mW} < 6.9\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.585\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 28.39\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 2.83\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a) 0.0mW, b) 1.0mW, c) 3.5mW, la curentul de 30mA dioda NU este saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(90\mu\text{W}/1\text{mW}) = -10.46\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 7.60\text{dBm}$ ;

$$P_e[\text{mW}] = 10^{7.60/10} = 5.76\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.703\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii ianuarie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna ianuarie și luna următoare, februarie. În ianuarie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 61^\circ$ , în februarie  $I_{\text{opt}} = 55^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 58.0^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 7.45\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 268.2\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 1875.5\text{Wh}$ . În ianuarie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $1440\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , în februarie  $2350 \text{ Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 1895\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 42.8\text{cm} \times 42.8\text{cm} = 1831.84 \text{ cm}^2 = 0.1832 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 5.40$ , sunt necesare  $N = 6$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 26.20\text{W}$  la o tensiune optimă de  $11.80\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.22\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.22\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 13.32\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (ianuarie/februarie):  $1318 (956/1680) \text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $1770 (1410/2130) \text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $1318\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 43.8% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile iulie și august. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $22.5^\circ (17^\circ/28^\circ)$ , cu o densitate de energie solară disponibilă  $6100 (6240/5960) \text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 6 panouri fiecare cu suprafața  $0.1832\text{m}^2$  și eficiența de 14.3%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 958.7\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $39.95\text{W} > 7.45\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.

## Bilet nr. 15

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(2.4\text{mW} / 1\text{mW}) = 3.80\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(1.25\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -29.03\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [3.80\text{dBm} - (-29.03)\text{dBm}] / 0.280\text{dB/km} = 117.26\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 637.4 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.086 / 4 \cdot (1310 - 1323^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -1.135\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-1.13) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(637.4)^2 + (-1.13)^2]} = L \cdot 637.4 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 637.4\text{ps/km} = 9.76\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 9.76\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 16.3\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-18.50) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(637.4)^2 + (-18.50)^2]} = L \cdot 637.7 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 637.7\text{ps/km} = 9.76\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 9.76\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$2. E_g = h \cdot c / \lambda, E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]; c = 299792458 \text{ m/s}, h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}, e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C},$$

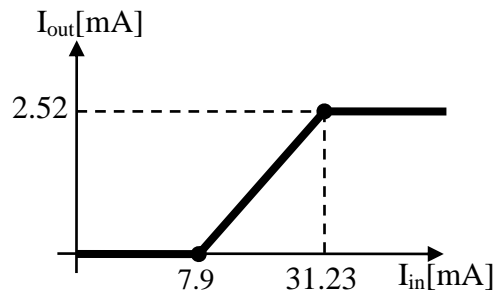
$$\text{Laser: } \lambda = 1147\text{nm}, E_g = 1.73 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1.082\text{eV}, \text{ materiale utilizate } \text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$$

$$\text{Ecuație de gradul 2: } E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2; 0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.268 = 0$$

$$y = 0.398, x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.182, \text{ compoziția este: } \text{In}_{0.182} \text{Ga}_{0.818} \text{As}_{0.398} \text{P}_{0.602}$$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.56\text{mW} < 7.0\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.562\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 31.23\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 2.52\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a) 0.0mW, b) 0.0mW, c) 2.2mW, la curentul de 30mA dioda ESTE saturată.

$$5. P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(79\mu\text{W}/1\text{mW}) = -11.02\text{dBm}, P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 10.08\text{dBm};$$

$$P_e[\text{mW}] = 10^{10.08/10} = 10.18\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.320\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii mai ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna mai și luna următoare, iunie. În mai înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 19^\circ$ , în iunie  $I_{\text{opt}} = 13^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 16.0^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 8.95\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 322.2\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 2619.5\text{Wh}$ . În mai, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $5960\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , în iunie  $5900 \text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 5930\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 40.6\text{cm} \times 40.6\text{cm} = 1648.36 \text{ cm}^2 = 0.1648 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 2.68$ , sunt necesare  $N = 3$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 20.27\text{W}$  la o tensiune optimă de  $12.40\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $1.64\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 1.64\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 4.91\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (mai/iunie):  $6020$  ( $5900/6140$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $2915$  ( $3070/2760$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $2915\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 103.4% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile noiembrie și decembrie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $63.5^\circ$  ( $63^\circ/64^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $1640$  ( $2000/1280$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 3 panouri fiecare cu suprafața  $0.1648\text{m}^2$  și eficiența de 12.3%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 99.8\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $4.16\text{W} < 8.95\text{W}$ . În concluzie sistemul nu funcționează.

## Bilet nr. 16

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(3.6\text{mW} / 1\text{mW}) = 5.56\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(1.10\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -29.59\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [5.56\text{dBm} - (-29.59)\text{dBm}] / 0.310\text{dB/km} = 113.38\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 279.2 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.093 / 4 \cdot (1310 - 1318^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.751 \text{ ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.75) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(279.2)^2 + (-0.75)^2} = L \cdot 279.2 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 279.2 \text{ ps/km} = 22.28\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 22.28\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 17.4\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-13.06) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(279.2)^2 + (-13.06)^2} = L \cdot 279.6 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 279.6 \text{ ps/km} = 22.26\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 22.26\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

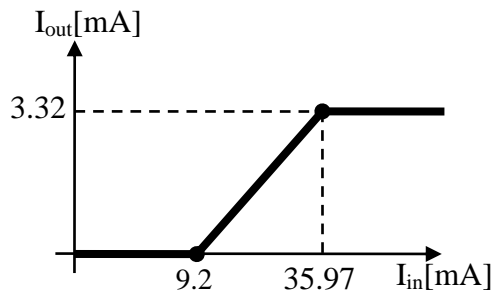
Laser:  $\lambda = 1502\text{nm}$ ,  $E_g = 1.32 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.827\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.523 = 0$

$y = 0.846$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.393$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.393} \text{Ga}_{0.607} \text{As}_{0.846} \text{P}_{0.154}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.92\text{mW} < 8.3\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.769\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 35.97\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 3.32\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a)  $0.0\text{mW}$ , b)  $0.6\text{mW}$ , c)  $3.9\text{mW}$ , la curentul de  $30\text{mA}$  dioda NU este saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(68\mu\text{W}/1\text{mW}) = -11.67\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 11.61\text{dBm}$ ;

$$P_e[\text{mW}] = 10^{11.61/10} = 14.47\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.427\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii noiembrie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna noiembrie și luna următoare, decembrie. În noiembrie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 63^\circ$ , în decembrie  $I_{\text{opt}} = 64^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 63.5^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 5.75\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 207.0\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 1710.7\text{Wh}$ . În noiembrie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $2000\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în decembrie  $1280 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 1640\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 46.9\text{cm} \times 46.9\text{cm} = 2199.61 \text{ cm}^2 = 0.2200 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 4.74$ , sunt necesare  $N = 5$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 26.62\text{W}$  la o tensiune optimă de  $11.55\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.30\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.30\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 11.52\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (noiembrie/decembrie):  $1031$  ( $1260/802$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $1660$  ( $2010/1310$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $1031\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 59.1% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile mai și iunie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $16.0^\circ$  ( $19^\circ/13^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $5930$  ( $5960/5900$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 5 panouri fiecare cu suprafața  $0.2200\text{m}^2$  și eficiența de 12.1%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 789.1\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $32.88\text{W} > 5.75\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.



## Bilet nr. 17

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(4.1 \text{ mW} / 1 \text{ mW}) = 6.13 \text{ dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(0.70 \mu\text{W} / 1 \text{ mW}) = -31.55 \text{ dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [6.13 \text{ dBm} - (-31.55) \text{ dBm}] / 0.305 \text{ dB/km} = 123.53 \text{ km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max} [\text{ns}] = 0.44 / V [\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223 \text{ ns} = 6222.5 \text{ ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 872.3 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.085 / 4 \cdot (1310 - 1316^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.514 \text{ ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1 \text{ nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.51) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(872.3)^2 + (-0.51)^2} = L \cdot 872.3 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 872.3 \text{ ps/km} = 7.13 \text{ km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 7.13 \text{ km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 11.2 \text{ nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-5.75) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(872.3)^2 + (-5.75)^2} = L \cdot 872.3 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 872.3 \text{ ps/km} = 7.13 \text{ km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 7.13 \text{ km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g [\text{eV}] = E_g [\text{J}] / e [\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

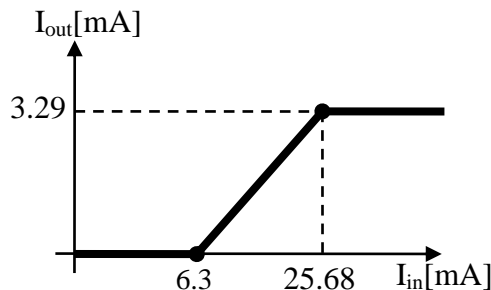
Laser:  $\lambda = 1452 \text{ nm}$ ,  $E_g = 1.37 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.855 \text{ eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x \text{Ga}_{1-x} \text{As}_y \text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g [\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.495 = 0$

$y = 0.792$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.367$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.367} \text{Ga}_{0.633} \text{As}_{0.792} \text{P}_{0.208}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.47 \text{ mW} < 6.2 \text{ mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.780 \text{ mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 25.68 \text{ mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 3.29 \text{ mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a)  $0.0 \text{ mW}$ , b)  $0.0 \text{ mW}$ , c)  $2.3 \text{ mW}$ , la curentul de  $30 \text{ mA}$  dioda NU este saturată.

5.  $P_r [\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(95 \mu\text{W} / 1 \text{ mW}) = -10.22 \text{ dBm}$ ,  $P_e [\text{dBm}] = A [\text{dB/km}] \cdot L [\text{km}] + P_r [\text{dBm}] = 5.14 \text{ dBm}$ ;

$$P_e [\text{mW}] = 10^{5.14/10} = 3.26 \text{ mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.290 \text{ nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii septembrie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna septembrie și luna următoare, octombrie. În septembrie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 42^\circ$ , în octombrie  $I_{\text{opt}} = 55^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 48.5^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 9.75 \text{ W} \cdot 1.5 \cdot 24 \text{ h} = 351.0 \text{ Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 2324.5 \text{ Wh}$ . În septembrie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $4600 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ , în octombrie  $3570 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 4085 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 42.0 \text{ cm} \times 42.0 \text{ cm} = 1764.00 \text{ cm}^2 = 0.1764 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 3.23$ , sunt necesare  $N = 4$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 26.64\text{W}$  la o tensiune optimă de  $11.65\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.29\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.29\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 9.15\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (septembrie/octombrie):  $3085 (3720/2450) \text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $3300 (3390/3210) \text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $3085\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 32.4% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile martie și aprilie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $39.0^\circ (46^\circ/32^\circ)$ , cu o densitate de energie solară disponibilă  $4680 (4210/5150) \text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 4 panouri fiecare cu suprafața  $0.1764\text{m}^2$  și eficiența de 15.1%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 498.6\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $20.78\text{W} > 9.75\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.

## Bilet nr. 18

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(1.7\text{mW} / 1\text{mW}) = 2.30\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(0.65\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -31.87\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [2.30\text{dBm} - (-31.87)\text{dBm}] / 0.305\text{dB/km} = 112.05\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 477.1 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.086 / 4 \cdot (1310 - 1323^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -1.135\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-1.13) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(477.1)^2 + (-1.13)^2} = L \cdot 477.1 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 477.1\text{ps/km} = 13.04\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 13.04\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 15.8\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-17.93) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(477.1)^2 + (-17.93)^2} = L \cdot 477.5 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 477.5\text{ps/km} = 13.03\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 13.03\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

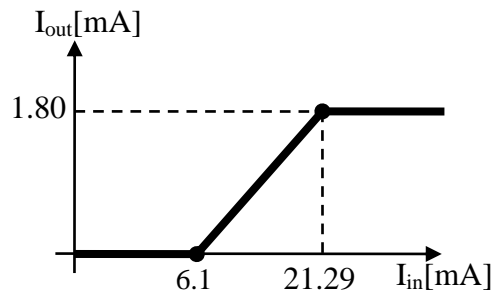
Laser:  $\lambda = 1292\text{nm}$ ,  $E_g = 1.54 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.961\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.389 = 0$

$y = 0.600$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.277$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.277} \text{Ga}_{0.723} \text{As}_{0.600} \text{P}_{0.400}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 0.86\text{mW} < 4.1\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.380\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 21.29\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 1.80\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a) 0.0mW, b) 0.0mW, c) 2.5mW, la curentul de 30mA dioda NU este saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(125\mu\text{W}/1\text{mW}) = -9.03\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 9.10\text{dBm}$ ;

$$P_e[\text{mW}] = 10^{9.10/10} = 8.13\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.433\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii aprilie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna aprilie și luna următoare, mai. În aprilie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 32^\circ$ , în mai  $I_{\text{opt}} = 19^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 25.5^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 5.85\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 210.6\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 1404.0\text{Wh}$ . În aprilie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $5150\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , în mai  $5960 \text{ Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 5555\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 46.5\text{cm} \times 46.5\text{cm} = 2162.25 \text{ cm}^2 = 0.2162 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 1.17$ , sunt necesare  $N = 2$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 32.43\text{W}$  la o tensiune optimă de  $11.65\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.78\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.78\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 5.57\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (aprilie/mai):  $5240$  ( $4580/5900$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $3175$  ( $3280/3070$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $3175\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 75.0% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile octombrie și noiembrie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $59.0^\circ$  ( $55^\circ/63^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $2785$  ( $3570/2000$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 2 panouri fiecare cu suprafața  $0.2162\text{m}^2$  și eficiența de 15.0%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 180.7\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $7.53\text{W} > 5.85\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, fără rezervă de 50%.

## Bilet nr. 19

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(3.9\text{mW} / 1\text{mW}) = 5.91\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(1.25\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -29.03\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [5.91\text{dBm} - (-29.03)\text{dBm}] / 0.305\text{dB/km} = 114.56\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 284.8 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.090 / 4 \cdot (1310 - 1319^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.818\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.82) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(284.8)^2 + (-0.82)^2} = L \cdot 284.8 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 284.8\text{ps/km} = 21.85\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 21.85\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 17.5\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-14.32) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(284.8)^2 + (-14.32)^2} = L \cdot 285.2 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 285.2\text{ps/km} = 21.82\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 21.82\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$2. E_g = h \cdot c / \lambda, E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]; c = 299792458 \text{ m/s}, h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}, e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C},$$

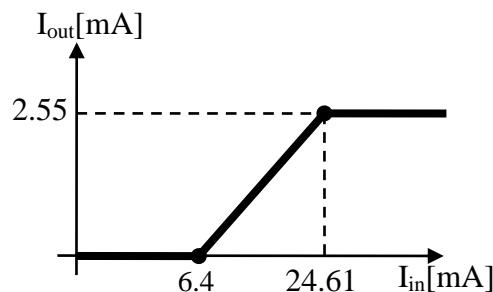
$$\text{Laser: } \lambda = 1382\text{nm}, E_g = 1.44 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.898\text{eV}, \text{ materiale utilizate } \text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$$

$$\text{Ecuație de gradul 2: } E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2; 0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.452 = 0$$

$$y = 0.712, x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.329, \text{ compoziția este: } \text{In}_{0.329} \text{Ga}_{0.671} \text{As}_{0.712} \text{P}_{0.288}$$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.43\text{mW} < 5.1\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.714\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 24.61\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 2.55\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a) 0.0mW, b) 1.2mW, c) 2.5mW, la curentul de 30mA dioda ESTE saturată.

$$5. P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(99\mu\text{W}/1\text{mW}) = -10.04\text{dBm}, P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 5.80\text{dBm};$$

$$P_e[\text{mW}] = 10^{5.80/10} = 3.80\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.250\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii octombrie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna octombrie și luna următoare, noiembrie. În octombrie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 55^\circ$ , în noiembrie  $I_{\text{opt}} = 63^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 59.0^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 7.65\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 275.4\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 2276.0\text{Wh}$ . În octombrie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $3570\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în noiembrie  $2000\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 2785\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 49.2\text{cm} \times 49.2\text{cm} = 2420.64 \text{ cm}^2 = 0.2421 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 3.38$ , sunt necesare  $N = 4$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W/m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W/m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 29.29\text{W}$  la o tensiune optimă de  $11.90\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.46\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.46\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 9.85\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (octombrie/noiembrie):  $1855$  ( $2450/1260$ )  $\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $2610$  ( $3210/2010$ )  $\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $1855\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 50.1% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile aprilie și mai. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $25.5^\circ$  ( $32^\circ/19^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $5555$  ( $5150/5960$ )  $\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ . Avem 4 panouri fiecare cu suprafața  $0.2421\text{m}^2$  și eficiența de 12.1%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 650.8\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $27.12\text{W} > 7.65\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.

## Bilet nr. 20

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(2.4\text{mW} / 1\text{mW}) = 3.80\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(0.65\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -31.87\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [3.80\text{dBm} - (-31.87)\text{dBm}] / 0.285\text{dB/km} = 125.17\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 405.2 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.093 / 4 \cdot (1310 - 1323^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -1.227\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-1.23) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(405.2)^2 + (-1.23)^2]} = L \cdot 405.2 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 405.2\text{ps/km} = 15.36\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 15.36\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 10.3\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-12.64) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(405.2)^2 + (-12.64)^2]} = L \cdot 405.4 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 405.4\text{ps/km} = 15.35\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 15.35\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

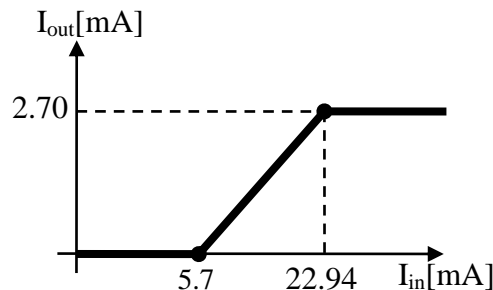
Laser:  $\lambda = 1372\text{nm}$ ,  $E_g = 1.45 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.905\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.445 = 0$

$y = 0.700$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.324$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.324} \text{Ga}_{0.676} \text{As}_{0.700} \text{P}_{0.300}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.51\text{mW} < 5.0\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.814\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 22.94\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 2.70\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a)  $0.0\text{mW}$ , b)  $2.1\text{mW}$ , c)  $4.5\text{mW}$ , la curentul de  $30\text{mA}$  dioda ESTE saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(98\mu\text{W}/1\text{mW}) = -10.09\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 12.35\text{dBm}$ ;

$$P_e[\text{mW}] = 10^{12.35/10} = 17.19\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.542\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii octombrie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna octombrie și luna următoare, noiembrie. În octombrie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 55^\circ$ , în noiembrie  $I_{\text{opt}} = 63^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 59.0^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 8.30\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 298.8\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 2046.6\text{Wh}$ . În octombrie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $3570\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în noiembrie  $2000\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 2785\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 44.8\text{cm} \times 44.8\text{cm} = 2007.04 \text{ cm}^2 = 0.2007 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 3.66$ , sunt necesare  $N = 4$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 29.30\text{W}$  la o tensiune optimă de  $12.10\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.42\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.42\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 9.69\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (octombrie/noiembrie):  $1855$  ( $2450/1260$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $2610$  ( $3210/2010$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $1855\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 50.1% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile aprilie și mai. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $25.5^\circ$  ( $32^\circ/19^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $5555$  ( $5150/5960$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 4 panouri fiecare cu suprafața  $0.2007\text{m}^2$  și eficiența de 14.6%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 651.1\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $27.13\text{W} > 8.30\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.



## Bilet nr. 21

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(3.4\text{mW} / 1\text{mW}) = 5.31\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(1.40\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -28.54\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [5.31\text{dBm} - (-28.54)\text{dBm}] / 0.330\text{dB/km} = 102.59\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 407.4 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.086 / 4 \cdot (1310 - 1312^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.172\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.17) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(407.4)^2 + (-0.17)^2]} = L \cdot 407.4 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 407.4\text{ps/km} = 15.27\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 15.27\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 11.0\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-1.90) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(407.4)^2 + (-1.90)^2]} = L \cdot 407.4 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 407.4\text{ps/km} = 15.27\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 15.27\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$2. E_g = h \cdot c / \lambda, E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]; c = 299792458 \text{ m/s}, h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}, e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C},$$

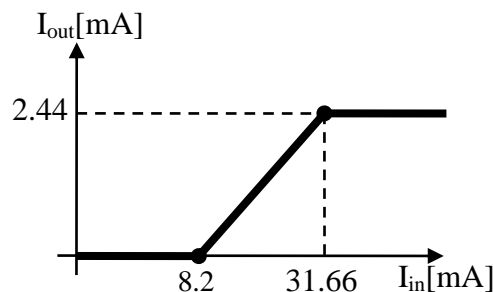
$$\text{Laser: } \lambda = 1197\text{nm}, E_g = 1.66 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1.037\text{eV}, \text{ materiale utilizate } \text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$$

$$\text{Ecuație de gradul 2: } E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2; 0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.313 = 0$$

$$y = 0.471, x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.217, \text{ compoziția este: } \text{In}_{0.217} \text{Ga}_{0.783} \text{As}_{0.471} \text{P}_{0.529}$$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.82\text{mW} < 6.1\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.728\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 31.66\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 2.44\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a) 0.0mW, b) 2.3mW, c) 5.7mW, la curentul de 30mA dioda NU este saturată.

$$5. P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(111\mu\text{W}/1\text{mW}) = -9.55\text{dBm}, P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 6.61\text{dBm};$$

$$P_e[\text{mW}] = 10^{6.61/10} = 4.58\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.203\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii martie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna martie și luna următoare, aprilie. În martie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 46^\circ$ , în aprilie  $I_{\text{opt}} = 32^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 39.0^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 9.75\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 351.0\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 2659.1\text{Wh}$ . În martie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $4210\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în aprilie  $5150\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 4680\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 44.2\text{cm} \times 44.2\text{cm} = 1953.64 \text{ cm}^2 = 0.1954 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 2.91$ , sunt necesare  $N = 3$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 25.79\text{W}$  la o tensiune optimă de  $11.55\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.23\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.23\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 6.70\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (martie/aprilie):  $3945$  ( $3310/4580$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $3305$  ( $3330/3280$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $3305\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de  $41.6\%$  față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile septembrie și octombrie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $48.5^\circ$  ( $42^\circ/55^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $4085$  ( $4600/3570$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 3 panouri fiecare cu suprafața  $0.1954\text{m}^2$  și eficiența de  $13.2\%$ , deci se poate obține zilnic o energie  $E = 316.0\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $13.17\text{W} > 9.75\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, fără rezervă de 50%.

## Bilet nr. 22

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(1.7\text{mW} / 1\text{mW}) = 2.30\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(0.55\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -32.60\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [2.30\text{dBm} - (-32.60)\text{dBm}] / 0.235\text{dB/km} = 148.51\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 593.2 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.089 / 4 \cdot (1310 - 1312^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.178\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.18) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(593.2)^2 + (-0.18)^2} = L \cdot 593.2 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 593.2\text{ps/km} = 10.49\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 10.49\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 16.5\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-2.94) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(593.2)^2 + (-2.94)^2} = L \cdot 593.2 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 593.2\text{ps/km} = 10.49\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 10.49\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

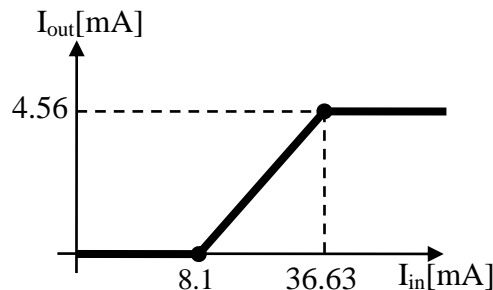
Laser:  $\lambda = 1437\text{nm}$ ,  $E_g = 1.38 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.864\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.486 = 0$

$y = 0.775$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.359$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.359} \text{Ga}_{0.641} \text{As}_{0.775} \text{P}_{0.225}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 2.35\text{mW} < 9.7\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 1.103\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 36.63\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 4.56\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a) 0.0mW, b) 1.1mW, c) 2.8mW, la curentul de 30mA dioda ESTE saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(140\mu\text{W}/1\text{mW}) = -8.54\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 11.22\text{dBm}$ ;

$$P_e[\text{mW}] = 10^{11.22/10} = 13.25\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.463\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii noiembrie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna noiembrie și luna următoare, decembrie. În noiembrie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 63^\circ$ , în decembrie  $I_{\text{opt}} = 64^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 63.5^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 9.75\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 351.0\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 2659.1\text{Wh}$ . În noiembrie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $2000\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , în decembrie  $1280 \text{ Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 1640\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 43.1\text{cm} \times 43.1\text{cm} = 1857.61 \text{ cm}^2 = 0.1858 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 8.73$ , sunt necesare  $N = 9$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 24.52\text{W}$  la o tensiune optimă de  $12.00\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.04\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.04\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 18.39\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (noiembrie/decembrie):  $1031$  ( $1260/802$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $1660$  ( $2010/1310$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $1031\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 59.1% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile mai și iunie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $16.0^\circ$  ( $19^\circ/13^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $5930$  ( $5960/5900$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 9 panouri fiecare cu suprafața  $0.1858\text{m}^2$  și eficiența de 13.2%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 1308.7\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $54.53\text{W} > 9.75\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.

## Bilet nr. 23

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(2.1 \text{ mW} / 1 \text{ mW}) = 3.22 \text{ dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(1.45 \mu\text{W} / 1 \text{ mW}) = -28.39 \text{ dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [3.22 \text{ dBm} - (-28.39) \text{ dBm}] / 0.260 \text{ dB/km} = 121.57 \text{ km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max} [\text{ns}] = 0.44 / V [\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223 \text{ ns} = 6222.5 \text{ ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 1012.2 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.086 / 4 \cdot (1310 - 1319^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.782 \text{ ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1 \text{ nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.78) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(1012.2)^2 + (-0.78)^2]} = L \cdot 1012.2 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 1012.2 \text{ ps/km} = 6.15 \text{ km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 6.15 \text{ km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 14.9 \text{ nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-11.65) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(1012.2)^2 + (-11.65)^2]} = L \cdot 1012.3 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 1012.3 \text{ ps/km} = 6.15 \text{ km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 6.15 \text{ km}$ , limitată de dispersie.

$$2. E_g = h \cdot c / \lambda, E_g [\text{eV}] = E_g [\text{J}] / e [\text{C}]; c = 299792458 \text{ m/s}, h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg/s}, e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C},$$

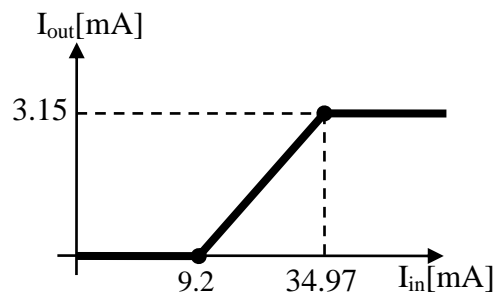
$$\text{Laser: } \lambda = 1517 \text{ nm}, E_g = 1.31 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.818 \text{ eV}, \text{ materiale utilizate } \text{In}_x \text{Ga}_{1-x} \text{As}_y \text{P}_{1-y}$$

$$\text{Ecuație de gradul 2: } E_g [\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2; 0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.532 = 0$$

$$y = 0.862, x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.401, \text{ compoziția este: } \text{In}_{0.401} \text{Ga}_{0.599} \text{As}_{0.862} \text{P}_{0.138}$$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 2.00 \text{ mW} < 6.7 \text{ mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.941 \text{ mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 34.97 \text{ mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 3.15 \text{ mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a) 0.0 mW, b) 1.7 mW, c) 2.2 mW, la curentul de 30 mA dioda ESTE saturată.

$$5. P_r [\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(83 \mu\text{W} / 1 \text{ mW}) = -10.81 \text{ dBm}, P_e [\text{dBm}] = A [\text{dB/km}] \cdot L [\text{km}] + P_r [\text{dBm}] = 4.73 \text{ dBm};$$

$$P_e [\text{mW}] = 10^{4.73/10} = 2.97 \text{ mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.446 \text{ nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii februarie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna februarie și luna următoare, martie. În februarie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 55^\circ$ , în martie  $I_{\text{opt}} = 46^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 50.5^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 9.50 \text{ W} \cdot 1.5 \cdot 24 \text{ h} = 342.0 \text{ Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 2164.6 \text{ Wh}$ . În februarie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $2350 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ , în martie  $4210 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 3280 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 42.6 \text{ cm} \times 42.6 \text{ cm} = 1814.76 \text{ cm}^2 = 0.1815 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 3.64$ , sunt necesare  $N = 4$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 28.67\text{W}$  la o tensiune optimă de  $11.55\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.48\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.48\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 9.93\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (februarie/martie):  $2495$  ( $1680/3310$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $2730$  ( $2130/3330$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $2495\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 31.5% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile august și septembrie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $35.0^\circ(28^\circ/42^\circ)$ , cu o densitate de energie solară disponibilă  $5280$  ( $5960/4600$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 4 panouri fiecare cu suprafața  $0.1815\text{m}^2$  și eficiența de 15.8%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 605.6\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $25.23\text{W} > 9.50\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.

## Bilet nr. 24

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(4.4\text{mW} / 1\text{mW}) = 6.43\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(1.35\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -28.70\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [6.43\text{dBm} - (-28.70)\text{dBm}] / 0.285\text{dB/km} = 123.27\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 821.5 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.093 / 4 \cdot (1310 - 1314^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.374\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.37) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(821.5)^2 + (-0.37)^2} = L \cdot 821.5 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 821.5\text{ps/km} = 7.57\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 7.57\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 11.3\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-4.22) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(821.5)^2 + (-4.22)^2} = L \cdot 821.5 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 821.5\text{ps/km} = 7.57\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 7.57\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

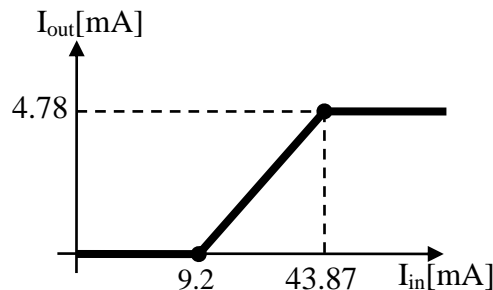
Laser:  $\lambda = 1142\text{nm}$ ,  $E_g = 1.74 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1.087\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.263 = 0$

$y = 0.390$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.179$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.179} \text{Ga}_{0.821} \text{As}_{0.390} \text{P}_{0.610}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 2.70\text{mW} < 10.4\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 1.242\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 43.87\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 4.78\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a) 0.0mW, b) 0.5mW, c) 3.9mW, la curentul de 30mA dioda NU este saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(120\mu\text{W}/1\text{mW}) = -9.21\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 8.79\text{dBm}$ ;

$$P_e[\text{mW}] = 10^{8.79/10} = 7.57\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.583\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii aprilie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna aprilie și luna următoare, mai. În aprilie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 32^\circ$ , în mai  $I_{\text{opt}} = 19^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 25.5^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 9.65\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 347.4\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 2331.5\text{Wh}$ . În aprilie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $5150\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în mai  $5960 \text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 5555\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 42.9\text{cm} \times 42.9\text{cm} = 1840.41 \text{cm}^2 = 0.1840 \text{m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 2.28$ , sunt necesare  $N = 3$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 27.42\text{W}$  la o tensiune optimă de  $11.60\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.36\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.36\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 7.09\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de  $50\%$  dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (aprilie/mai):  $5240$  ( $4580/5900$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $3175$  ( $3280/3070$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $3175\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de  $75.0\%$  față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile octombrie și noiembrie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $59.0^\circ$  ( $55^\circ/63^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $2785$  ( $3570/2000$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 3 panouri fiecare cu suprafața  $0.1840\text{m}^2$  și eficiența de  $14.9\%$ , deci se poate obține zilnic o energie  $E = 229.1\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $9.55\text{W} < 9.65\text{W}$ . În concluzie sistemul nu funcționează.



## Bilet nr. 25

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(1.7\text{mW} / 1\text{mW}) = 2.30\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(0.75\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -31.25\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [2.30\text{dBm} - (-31.25)\text{dBm}] / 0.295\text{dB/km} = 113.74\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 479.1 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.094 / 4 \cdot (1310 - 1315^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.473\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.47) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(479.1)^2 + (-0.47)^2} = L \cdot 479.1 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 479.1\text{ps/km} = 12.99\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 12.99\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 11.8\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-5.58) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(479.1)^2 + (-5.58)^2} = L \cdot 479.1 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 479.1\text{ps/km} = 12.99\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 12.99\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

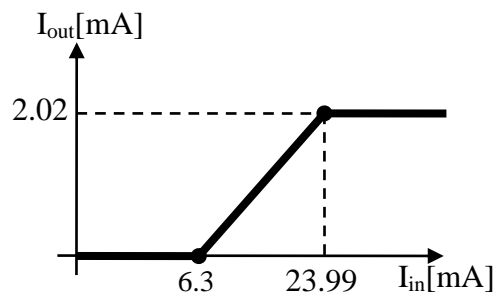
Laser:  $\lambda = 1272\text{nm}$ ,  $E_g = 1.56 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.976\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.374 = 0$

$y = 0.574$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.265$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.265} \text{Ga}_{0.735} \text{As}_{0.574} \text{P}_{0.426}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.14\text{mW} < 4.6\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.503\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 23.99\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 2.02\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a)  $0.0\text{mW}$ , b)  $0.5\text{mW}$ , c)  $3.1\text{mW}$ , la curentul de  $30\text{mA}$  dioda NU este saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(139\mu\text{W}/1\text{mW}) = -8.57\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 4.63\text{dBm}$ ;

$P_e[\text{mW}] = 10^{4.63/10} = 2.90\text{mW}$ ;

6.  $\Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.668\text{nm}$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii septembrie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna septembrie și luna următoare, octombrie. În septembrie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 42^\circ$ , în octombrie  $I_{\text{opt}} = 55^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 48.5^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 8.35\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 300.6\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 2348.4\text{Wh}$ . În septembrie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $4600\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în octombrie  $3570 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 4085\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 40.9\text{cm} \times 40.9\text{cm} = 1672.81 \text{ cm}^2 = 0.1673 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 3.44$ , sunt necesare  $N = 4$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 21.41\text{W}$  la o tensiune optimă de  $12.10\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $1.77\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 1.77\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 7.08\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (septembrie/octombrie):  $3085$  ( $3720/2450$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $3300$  ( $3390/3210$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $3085\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 32.4% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile martie și aprilie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $39.0^\circ$  ( $46^\circ/32^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $4680$  ( $4210/5150$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 4 panouri fiecare cu suprafața  $0.1673\text{m}^2$  și eficiența de 12.8%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 400.8\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $16.70\text{W} > 8.35\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.

## Bilet nr. 26

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(4.7 \text{ mW} / 1 \text{ mW}) = 6.72 \text{ dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(0.90 \mu\text{W} / 1 \text{ mW}) = -30.46 \text{ dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [6.72 \text{ dBm} - (-30.46) \text{ dBm}] / 0.235 \text{ dB/km} = 158.21 \text{ km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max} [\text{ns}] = 0.44 / V [\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223 \text{ ns} = 6222.5 \text{ ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 677.8 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.091 / 4 \cdot (1310 - 1318^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.735 \text{ ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1 \text{ nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.73) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(677.8)^2 + (-0.73)^2} = L \cdot 677.8 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 677.8 \text{ ps/km} = 9.18 \text{ km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 9.18 \text{ km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 13.9 \text{ nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-10.21) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(677.8)^2 + (-10.21)^2} = L \cdot 677.9 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 677.9 \text{ ps/km} = 9.18 \text{ km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 9.18 \text{ km}$ , limitată de dispersie.

$$2. E_g = h \cdot c / \lambda, E_g [\text{eV}] = E_g [\text{J}] / e [\text{C}]; c = 299792458 \text{ m/s}, h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg/s}, e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C},$$

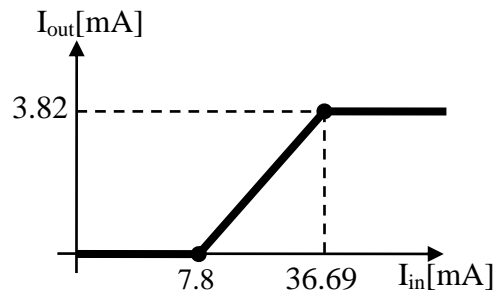
$$\text{Laser: } \lambda = 1497 \text{ nm}, E_g = 1.33 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.829 \text{ eV}, \text{ materiale utilizate } \text{In}_x \text{Ga}_{1-x} \text{As}_y \text{P}_{1-y}$$

$$\text{Ecuație de gradul 2: } E_g [\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2; 0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.521 = 0$$

$$y = 0.841, x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.391, \text{ compoziția este: } \text{In}_{0.391} \text{Ga}_{0.609} \text{As}_{0.841} \text{P}_{0.159}$$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.84 \text{ mW} < 7.8 \text{ mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.900 \text{ mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 36.69 \text{ mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 3.82 \text{ mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a) 0.0 mW, b) 0.0 mW, c) 2.7 mW, la curentul de 30 mA dioda NU este saturată.

$$5. P_r [\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(132 \mu\text{W} / 1 \text{ mW}) = -8.79 \text{ dBm}, P_e [\text{dBm}] = A [\text{dB/km}] \cdot L [\text{km}] + P_r [\text{dBm}] = 7.66 \text{ dBm};$$

$$P_e [\text{mW}] = 10^{7.66/10} = 5.83 \text{ mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.651 \text{ nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii iunie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna iunie și luna următoare, iulie. În iunie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 13^\circ$ , în iulie  $I_{\text{opt}} = 17^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 15.0^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 5.85 \text{ W} \cdot 1.5 \cdot 24 \text{ h} = 210.6 \text{ Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 1632.6 \text{ Wh}$ . În iunie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $5900 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ , în iulie  $6240 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 6070 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 47.8 \text{ cm} \times 47.8 \text{ cm} = 2284.84 \text{ cm}^2 = 0.2285 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 1.18$ , sunt necesare  $N = 2$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W/m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W/m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 29.47\text{W}$  la o tensiune optimă de  $12.30\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.40\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.40\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 4.79\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de  $50\%$  dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (iunie/iulie):  $6230$  ( $6140/6320$ )  $\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $2885$  ( $2760/3010$ )  $\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $2885\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de  $110.4\%$  față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile decembrie și ianuarie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $62.5^\circ$  ( $64^\circ/61^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $1360$  ( $1280/1440$ )  $\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ . Avem 2 panouri fiecare cu suprafața  $0.2285\text{m}^2$  și eficiența de  $12.9\%$ , deci se poate obține zilnic o energie  $E = 80.2\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $3.34\text{W} < 5.85\text{W}$ . În concluzie sistemul nu funcționează.

## Bilet nr. 27

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(1.6\text{mW} / 1\text{mW}) = 2.04\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(0.55\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -32.60\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [2.04\text{dBm} - (-32.60)\text{dBm}] / 0.335\text{dB/km} = 103.40\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 822.0 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.092 / 4 \cdot (1310 - 1320^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.931 \text{ ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.93) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(822.0)^2 + (-0.93)^2} = L \cdot 822.0 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 822.0 \text{ ps/km} = 7.57\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 7.57\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 11.7\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-10.89) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(822.0)^2 + (-10.89)^2} = L \cdot 822.1 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 822.1 \text{ ps/km} = 7.57\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 7.57\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

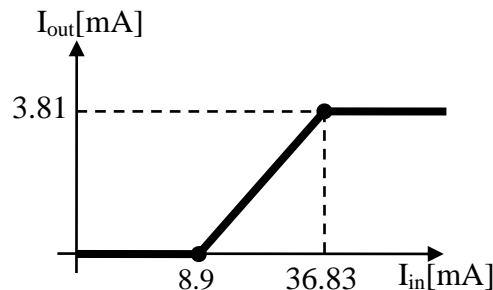
Laser:  $\lambda = 1527\text{nm}$ ,  $E_g = 1.30 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.813\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.537 = 0$

$y = 0.873$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.406$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.406} \text{Ga}_{0.594} \text{As}_{0.873} \text{P}_{0.127}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 2.29\text{mW} < 8.1\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 1.077\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 36.83\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 3.81\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a)  $0.0\text{mW}$ , b)  $1.8\text{mW}$ , c)  $2.3\text{mW}$ , la curentul de  $30\text{mA}$  dioda ESTE saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(106\mu\text{W}/1\text{mW}) = -9.75\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 9.39\text{dBm}$ ;

$P_e[\text{mW}] = 10^{9.39/10} = 8.70\text{mW}$ ;

6.  $\Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.142\text{nm}$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii septembrie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna septembrie și luna următoare, octombrie. În septembrie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 42^\circ$ , în octombrie  $I_{\text{opt}} = 55^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 48.5^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 5.55\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 199.8\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 1323.2\text{Wh}$ . În septembrie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $4600\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în octombrie  $3570 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 4085\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 48.3\text{cm} \times 48.3\text{cm} = 2332.89 \text{ cm}^2 = 0.2333 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 1.39$ , sunt necesare  $N = 2$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 35.23\text{W}$  la o tensiune optimă de  $11.55\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $3.05\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 3.05\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 6.10\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (septembrie/octombrie):  $3085 (3720/2450) \text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $3300 (3390/3210) \text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $3085\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 32.4% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile martie și aprilie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $39.0^\circ (46^\circ/32^\circ)$ , cu o densitate de energie solară disponibilă  $4680 (4210/5150) \text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 2 panouri fiecare cu suprafața  $0.2333\text{m}^2$  și eficiența de 15.1%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 329.7\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $13.74\text{W} > 5.55\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.

## Bilet nr. 28

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(1.6\text{mW} / 1\text{mW}) = 2.04\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(1.10\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -29.59\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [2.04\text{dBm} - (-29.59)\text{dBm}] / 0.245\text{dB/km} = 129.09\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 859.9 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.092 / 4 \cdot (1310 - 1313^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.277\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.28) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(859.9)^2 + (-0.28)^2} = L \cdot 859.9 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 859.9\text{ps/km} = 7.24\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 7.24\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 10.7\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-2.96) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(859.9)^2 + (-2.96)^2} = L \cdot 859.9 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 859.9\text{ps/km} = 7.24\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 7.24\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$2. E_g = h \cdot c / \lambda, E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]; c = 299792458 \text{ m/s}, h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}, e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C},$$

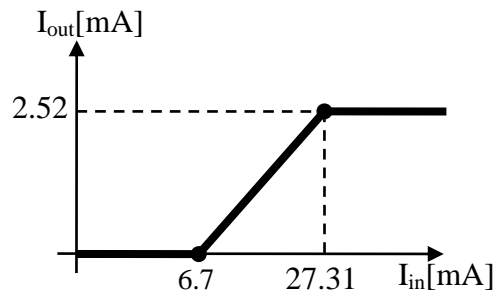
$$\text{Laser: } \lambda = 1467\text{nm}, E_g = 1.35 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.846\text{eV}, \text{ materiale utilizate } \text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$$

$$\text{Ecuație de gradul 2: } E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2; 0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.504 = 0$$

$$y = 0.809, x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.375, \text{ compoziția este: } \text{In}_{0.375} \text{Ga}_{0.625} \text{As}_{0.809} \text{P}_{0.191}$$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.52\text{mW} < 6.8\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.562\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 27.31\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 2.52\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a) 0.0mW, b) 1.3mW, c) 3.7mW, la curentul de 30mA dioda ESTE saturată.

$$5. P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(118\mu\text{W}/1\text{mW}) = -9.28\text{dBm}, P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 9.20\text{dBm};$$

$$P_e[\text{mW}] = 10^{9.20/10} = 8.32\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.161\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii iunie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna iunie și luna următoare, iulie. În iunie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 13^\circ$ , în iulie  $I_{\text{opt}} = 17^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 15.0^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 9.80\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 352.8\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 2383.8\text{Wh}$ . În iunie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $5900\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , în iulie  $6240 \text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 6070\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 45.3\text{cm} \times 45.3\text{cm} = 2052.09 \text{cm}^2 = 0.2052 \text{m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 1.91$ , sunt necesare  $N = 2$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 30.37\text{W}$  la o tensiune optimă de  $11.60\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.62\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.62\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 5.24\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (iunie/iulie):  $6230$  ( $6140/6320$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $2885$  ( $2760/3010$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $2885\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 110.4% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile decembrie și ianuarie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $62.5^\circ$  ( $64^\circ/61^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $1360$  ( $1280/1440$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 2 panouri fiecare cu suprafața  $0.2052\text{m}^2$  și eficiența de 14.8%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 82.6\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $3.44\text{W} < 9.80\text{W}$ . În concluzie sistemul nu funcționează.



## Bilet nr. 29

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(2.0\text{mW} / 1\text{mW}) = 3.01\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(0.80\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -30.97\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [3.01\text{dBm} - (-30.97)\text{dBm}] / 0.340\text{dB/km} = 99.94\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 440.5 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.091 / 4 \cdot (1310 - 1315^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.458\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.46) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(440.5)^2 + (-0.46)^2} = L \cdot 440.5 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 440.5\text{ps/km} = 14.12\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 14.12\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 16.8\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-7.69) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(440.5)^2 + (-7.69)^2} = L \cdot 440.6 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 440.6\text{ps/km} = 14.12\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 14.12\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

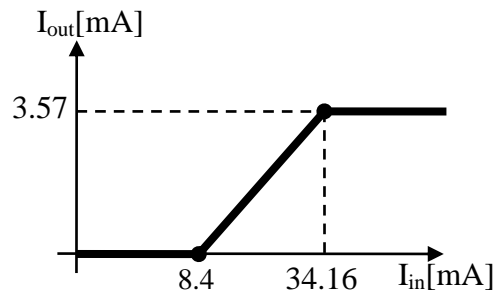
Laser:  $\lambda = 1402\text{nm}$ ,  $E_g = 1.42 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.886\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.464 = 0$

$y = 0.735$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.340$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.340} \text{Ga}_{0.660} \text{As}_{0.735} \text{P}_{0.265}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.88\text{mW} < 8.5\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.790\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 34.16\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 3.57\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a)  $0.0\text{mW}$ , b)  $1.9\text{mW}$ , c)  $4.1\text{mW}$ , la curentul de  $30\text{mA}$  dioda ESTE saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(90\mu\text{W}/1\text{mW}) = -10.46\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 9.77\text{dBm}$ ;

$$P_e[\text{mW}] = 10^{9.77/10} = 9.49\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.180\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii iulie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna iulie și luna următoare, august. În iulie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 17^\circ$ , în august  $I_{\text{opt}} = 28^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 22.5^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 5.50\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 198.0\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 1596.8\text{Wh}$ . În iulie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $6240\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în august  $5960 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 6100\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 40.1\text{cm} \times 40.1\text{cm} = 1608.01 \text{ cm}^2 = 0.1608 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 1.63$ , sunt necesare  $N = 2$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 19.94\text{W}$  la o tensiune optimă de  $12.05\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $1.65\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 1.65\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 3.31\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (iulie/august):  $5895$  ( $6320/5470$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $3235$  ( $3010/3460$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $3235\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 88.6% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile ianuarie și februarie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $58.0^\circ(61^\circ/55^\circ)$ , cu o densitate de energie solară disponibilă  $1895$  ( $1440/2350$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 2 panouri fiecare cu suprafața  $0.1608\text{m}^2$  și eficiența de 12.4%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 75.6\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $3.15\text{W} < 5.50\text{W}$ . În concluzie sistemul nu funcționează.

## Bilet nr. 30

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(2.8\text{mW} / 1\text{mW}) = 4.47\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(1.30\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -28.86\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [4.47\text{dBm} - (-28.86)\text{dBm}] / 0.240\text{dB/km} = 138.88\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 515.6 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.089 / 4 \cdot (1310 - 1319^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.809\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.81) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(515.6)^2 + (-0.81)^2} = L \cdot 515.6 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 515.6\text{ps/km} = 12.07\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 12.07\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 18.5\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-14.97) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(515.6)^2 + (-14.97)^2} = L \cdot 515.8 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 515.8\text{ps/km} = 12.06\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 12.06\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$2. E_g = h \cdot c / \lambda, E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]; c = 299792458 \text{ m/s}, h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}, e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C},$$

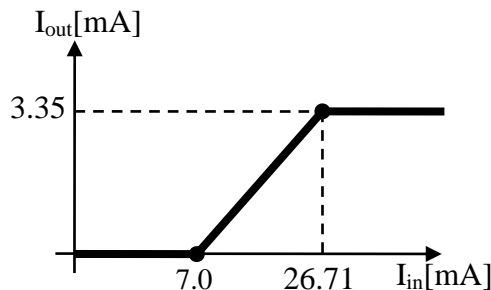
$$\text{Laser: } \lambda = 1627\text{nm}, E_g = 1.22 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.763\text{eV}, \text{ materiale utilizate } \text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$$

$$\text{Ecuație de gradul 2: } E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2; 0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.587 = 0$$

$$y = 0.973, x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.454, \text{ compoziția este: } \text{In}_{0.454} \text{Ga}_{0.546} \text{As}_{0.973} \text{P}_{0.027}$$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.53\text{mW} < 6.7\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.765\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 26.71\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 3.35\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a) 0.0mW, b) 0.7mW, c) 3.9mW, la curentul de 30mA dioda NU este saturată.

$$5. P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(60\mu\text{W}/1\text{mW}) = -12.22\text{dBm}, P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 9.41\text{dBm};$$

$$P_e[\text{mW}] = 10^{9.41/10} = 8.73\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.700\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii iunie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna iunie și luna următoare, iulie. În iunie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 13^\circ$ , în iulie  $I_{\text{opt}} = 17^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 15.0^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 9.45\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 340.2\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 2223.5\text{Wh}$ . În iunie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $5900\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , în iulie  $6240 \text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 6070\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 45.1\text{cm} \times 45.1\text{cm} = 2034.01 \text{ cm}^2 = 0.2034 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 1.80$ , sunt necesare  $N = 2$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 31.12\text{W}$  la o tensiune optimă de  $11.70\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.66\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.66\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 5.32\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (iunie/iulie):  $6230$  ( $6140/6320$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $2885$  ( $2760/3010$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $2885\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 110.4% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile decembrie și ianuarie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $62.5^\circ$  ( $64^\circ/61^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $1360$  ( $1280/1440$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 2 panouri fiecare cu suprafața  $0.2034\text{m}^2$  și eficiența de 15.3%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 84.6\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $3.53\text{W} < 9.45\text{W}$ . În concluzie sistemul nu funcționează.

## Bilet nr. 31

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(2.0\text{mW} / 1\text{mW}) = 3.01\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(1.15\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -29.39\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [3.01\text{dBm} - (-29.39)\text{dBm}] / 0.255\text{dB/km} = 127.07\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 718.3 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.087 / 4 \cdot (1310 - 1316^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.526\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.53) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(718.3)^2 + (-0.53)^2} = L \cdot 718.3 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 718.3\text{ps/km} = 8.66\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 8.66\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 17.8\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-9.36) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(718.3)^2 + (-9.36)^2} = L \cdot 718.4 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 718.4\text{ps/km} = 8.66\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 8.66\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

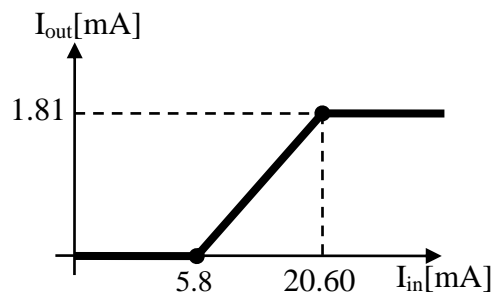
Laser:  $\lambda = 1127\text{nm}$ ,  $E_g = 1.76 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1.102\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.248 = 0$

$y = 0.367$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.168$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.168} \text{Ga}_{0.832} \text{As}_{0.367} \text{P}_{0.633}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 0.75\text{mW} < 3.7\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.367\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 20.60\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 1.81\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a)  $0.0\text{mW}$ , b)  $2.7\text{mW}$ , c)  $2.7\text{mW}$ , la curentul de  $30\text{mA}$  dioda ESTE saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(78\mu\text{W}/1\text{mW}) = -11.08\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 9.35\text{dBm}$ ;

$$P_e[\text{mW}] = 10^{9.35/10} = 8.61\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.233\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii septembrie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna septembrie și luna următoare, octombrie. În septembrie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 42^\circ$ , în octombrie  $I_{\text{opt}} = 55^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 48.5^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 6.45\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 232.2\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 1498.1\text{Wh}$ . În septembrie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $4600\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în octombrie  $3570 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 4085\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 46.9\text{cm} \times 46.9\text{cm} = 2199.61 \text{ cm}^2 = 0.2200 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 1.67$ , sunt necesare  $N = 2$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 34.09\text{W}$  la o tensiune optimă de  $12.35\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.76\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.76\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 5.52\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (septembrie/octombrie):  $3085$  ( $3720/2450$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $3300$  ( $3390/3210$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $3085\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 32.4% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile martie și aprilie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $39.0^\circ$  ( $46^\circ/32^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $4680$  ( $4210/5150$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 2 panouri fiecare cu suprafața  $0.2200\text{m}^2$  și eficiența de 15.5%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 319.1\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $13.30\text{W} > 6.45\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.

## Bilet nr. 32

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(3.1 \text{mW} / 1 \text{mW}) = 4.91 \text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(1.45 \mu\text{W} / 1 \text{mW}) = -28.39 \text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [4.91 \text{dBm} - (-28.39) \text{dBm}] / 0.245 \text{dB/km} = 135.92 \text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max} [\text{ns}] = 0.44 / V [\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223 \text{ns} = 6222.5 \text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 443.5 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.092 / 4 \cdot (1310 - 1319^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.837 \text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1 \text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.84) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(443.5)^2 + (-0.84)^2]} = L \cdot 443.5 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 443.5 \text{ps/km} = 14.03 \text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 14.03 \text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 18.1 \text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-15.14) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(443.5)^2 + (-15.14)^2]} = L \cdot 443.8 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 443.8 \text{ps/km} = 14.02 \text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 14.02 \text{km}$ , limitată de dispersie.

$$2. E_g = h \cdot c / \lambda, E_g [\text{eV}] = E_g [\text{J}] / e [\text{C}]; c = 299792458 \text{ m/s}, h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2 \text{kg/s}, e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C},$$

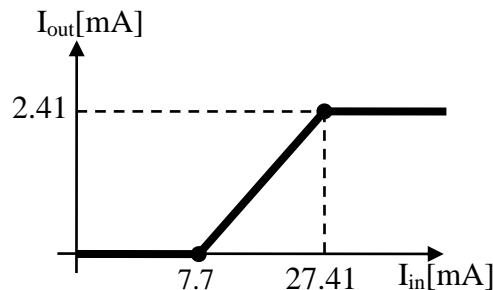
$$\text{Laser: } \lambda = 1642 \text{nm}, E_g = 1.21 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.756 \text{eV}, \text{ materiale utilizate } \text{In}_x \text{Ga}_{1-x} \text{As}_y \text{P}_{1-y}$$

$$\text{Ecuație de gradul 2: } E_g [\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2; 0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.594 = 0$$

$$y = 0.987, x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.461, \text{ compoziția este: } \text{In}_{0.461} \text{Ga}_{0.539} \text{As}_{0.987} \text{P}_{0.013}$$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.87 \text{mW} < 6.7 \text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.673 \text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 27.41 \text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 2.41 \text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a)  $0.1 \text{mW}$ , b)  $3.1 \text{mW}$ , c)  $5.5 \text{mW}$ , la curentul de  $30 \text{mA}$  dioda ESTE saturată.

$$5. P_r [\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(70 \mu\text{W} / 1 \text{mW}) = -11.55 \text{dBm}, P_e [\text{dBm}] = A [\text{dB/km}] \cdot L [\text{km}] + P_r [\text{dBm}] = 6.69 \text{dBm};$$

$$P_e [\text{mW}] = 10^{6.69/10} = 4.67 \text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.452 \text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii noiembrie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna noiembrie și luna următoare, decembrie. În noiembrie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 63^\circ$ , în decembrie  $I_{\text{opt}} = 64^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 63.5^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 8.55 \text{W} \cdot 1.5 \cdot 24 \text{h} = 307.8 \text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 2297.0 \text{Wh}$ . În noiembrie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $2000 \text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în decembrie  $1280 \text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 1640 \text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 42.3 \text{cm} \times 42.3 \text{cm} = 1789.29 \text{ cm}^2 = 0.1789 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 7.83$ , sunt necesare  $N = 8$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 23.98\text{W}$  la o tensiune optimă de  $11.65\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.06\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.06\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 16.46\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (noiembrie/decembrie):  $1031$  ( $1260/802$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $1660$  ( $2010/1310$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $1031\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 59.1% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile mai și iunie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $16.0^\circ$  ( $19^\circ/13^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $5930$  ( $5960/5900$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 8 panouri fiecare cu suprafața  $0.1789\text{m}^2$  și eficiența de 13.4%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 1137.4\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $47.39\text{W} > 8.55\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.



## Bilet nr. 33

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(4.4\text{mW} / 1\text{mW}) = 6.43\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(1.00\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -30.00\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [6.43\text{dBm} - (-30.00)\text{dBm}] / 0.320\text{dB/km} = 113.86\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 637.0 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.090 / 4 \cdot (1310 - 1318^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.727\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.73) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(637.0)^2 + (-0.73)^2]} = L \cdot 637.0 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 637.0\text{ps/km} = 9.77\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 9.77\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 13.0\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-9.45) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(637.0)^2 + (-9.45)^2]} = L \cdot 637.0 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 637.0\text{ps/km} = 9.77\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 9.77\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

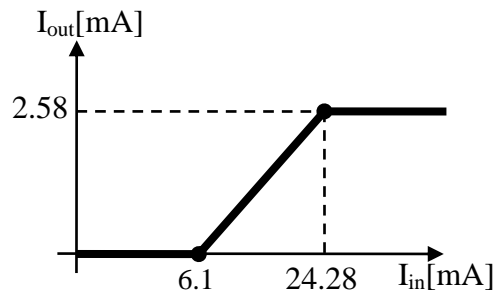
Laser:  $\lambda = 1412\text{nm}$ ,  $E_g = 1.41 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.879\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.471 = 0$

$y = 0.747$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.346$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.346} \text{Ga}_{0.654} \text{As}_{0.747} \text{P}_{0.253}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.78\text{mW} < 6.0\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.766\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 24.28\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 2.58\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a)  $0.4\text{mW}$ , b)  $3.7\text{mW}$ , c)  $4.9\text{mW}$ , la curentul de  $30\text{mA}$  dioda ESTE saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(124\mu\text{W}/1\text{mW}) = -9.07\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 5.83\text{dBm}$ ;

$$P_e[\text{mW}] = 10^{5.83/10} = 3.83\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.413\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii decembrie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna decembrie și luna următoare, ianuarie. În decembrie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 64^\circ$ , în ianuarie  $I_{\text{opt}} = 61^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 62.5^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 5.35\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 192.6\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 1470.2\text{Wh}$ . În decembrie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $1280\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în ianuarie  $1440 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 1360\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 44.4\text{cm} \times 44.4\text{cm} = 1971.36 \text{ cm}^2 = 0.1971 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 5.48$ , sunt necesare  $N = 6$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 25.82\text{W}$  la o tensiune optimă de  $11.70\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.21\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.21\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 13.24\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (decembrie/ianuarie):  $879$  ( $802/956$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $1360$  ( $1310/1410$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $879\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 54.7% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile iunie și iulie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $15.0^\circ$  ( $13^\circ/17^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $6070$  ( $5900/6240$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 6 panouri fiecare cu suprafața  $0.1971\text{m}^2$  și eficiența de 13.1%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 940.5\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $39.19\text{W} > 5.35\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.

## Bilet nr. 34

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(1.8\text{mW} / 1\text{mW}) = 2.55\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(1.25\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -29.03\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [2.55\text{dBm} - (-29.03)\text{dBm}] / 0.270\text{dB/km} = 116.98\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 683.4 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.085 / 4 \cdot (1310 - 1317^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.600\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.60) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(683.4)^2 + (-0.60)^2]} = L \cdot 683.4 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 683.4\text{ps/km} = 9.11\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 9.11\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 11.8\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-7.08) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(683.4)^2 + (-7.08)^2]} = L \cdot 683.4 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 683.4\text{ps/km} = 9.11\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 9.11\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

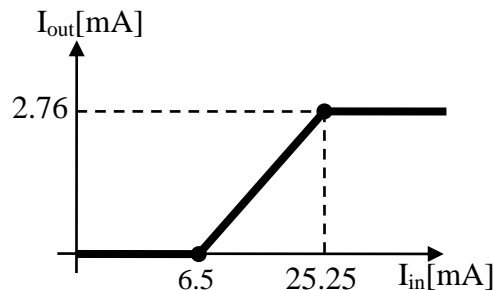
Laser:  $\lambda = 1492\text{nm}$ ,  $E_g = 1.33 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.832\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.518 = 0$

$y = 0.836$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.388$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.388} \text{Ga}_{0.612} \text{As}_{0.836} \text{P}_{0.164}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.73\text{mW} < 6.0\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.795\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 25.25\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 2.76\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a)  $0.0\text{mW}$ , b)  $0.7\text{mW}$ , c)  $3.6\text{mW}$ , la curentul de  $30\text{mA}$  dioda NU este saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(54\mu\text{W}/1\text{mW}) = -12.68\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 11.08\text{dBm}$ ;

$$P_e[\text{mW}] = 10^{11.08/10} = 12.83\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.416\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii octombrie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna octombrie și luna următoare, noiembrie. În octombrie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 55^\circ$ , în noiembrie  $I_{\text{opt}} = 63^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 59.0^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 5.20\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 187.2\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 1397.0\text{Wh}$ . În octombrie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $3570\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în noiembrie  $2000 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 2785\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 46.3\text{cm} \times 46.3\text{cm} = 2143.69 \text{ cm}^2 = 0.2144 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 2.34$ , sunt necesare  $N = 3$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 28.73\text{W}$  la o tensiune optimă de  $11.95\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.40\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.40\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 7.21\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (octombrie/noiembrie):  $1855$  ( $2450/1260$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $2610$  ( $3210/2010$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $1855\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 50.1% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile aprilie și mai. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $25.5^\circ$  ( $32^\circ/19^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $5555$  ( $5150/5960$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 3 panouri fiecare cu suprafața  $0.2144\text{m}^2$  și eficiența de 13.4%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 478.7\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $19.95\text{W} > 5.20\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.

## Bilet nr. 35

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(2.1 \text{ mW} / 1 \text{ mW}) = 3.22 \text{ dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(0.75 \mu\text{W} / 1 \text{ mW}) = -31.25 \text{ dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [3.22 \text{ dBm} - (-31.25) \text{ dBm}] / 0.300 \text{ dB/km} = 114.91 \text{ km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max} [\text{ns}] = 0.44 / V [\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223 \text{ ns} = 6222.5 \text{ ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 1026.2 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.089 / 4 \cdot (1310 - 1322^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -1.083 \text{ ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1 \text{ nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-1.08) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(1026.2)^2 + (-1.08)^2]} = L \cdot 1026.2 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 1026.2 \text{ ps/km} = 6.06 \text{ km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 6.06 \text{ km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 11.8 \text{ nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-12.78) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(1026.2)^2 + (-12.78)^2]} = L \cdot 1026.2 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 1026.2 \text{ ps/km} = 6.06 \text{ km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 6.06 \text{ km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g [\text{eV}] = E_g [\text{J}] / e [\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

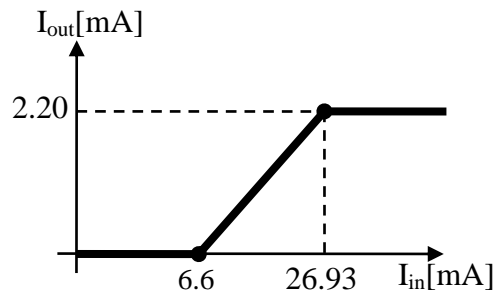
Laser:  $\lambda = 1422 \text{ nm}$ ,  $E_g = 1.40 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.873 \text{ eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x \text{Ga}_{1-x} \text{As}_y \text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g [\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.477 = 0$

$y = 0.758$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.351$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.351} \text{Ga}_{0.649} \text{As}_{0.758} \text{P}_{0.242}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.14 \text{ mW} < 6.1 \text{ mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.410 \text{ mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 26.93 \text{ mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 2.20 \text{ mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a)  $0.0 \text{ mW}$ , b)  $0.1 \text{ mW}$ , c)  $3.3 \text{ mW}$ , la curentul de  $30 \text{ mA}$  dioda ESTE saturată.

5.  $P_r [\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(128 \mu\text{W} / 1 \text{ mW}) = -8.93 \text{ dBm}$ ,  $P_e [\text{dBm}] = A [\text{dB/km}] \cdot L [\text{km}] + P_r [\text{dBm}] = 4.23 \text{ dBm}$ ;

$$P_e [\text{mW}] = 10^{4.23/10} = 2.65 \text{ mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.274 \text{ nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii martie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna martie și luna următoare, aprilie. În martie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 46^\circ$ , în aprilie  $I_{\text{opt}} = 32^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 39.0^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 8.25 \text{ W} \cdot 1.5 \cdot 24 \text{ h} = 297.0 \text{ Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 2106.4 \text{ Wh}$ . În martie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $4210 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ , în aprilie  $5150 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 4680 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 44.7 \text{ cm} \times 44.7 \text{ cm} = 1998.09 \text{ cm}^2 = 0.1998 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 2.25$ , sunt necesare  $N = 3$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 28.17\text{W}$  la o tensiune optimă de  $11.80\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.39\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.39\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 7.16\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (martie/aprilie):  $3945$  ( $3310/4580$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $3305$  ( $3330/3280$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $3305\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de  $41.6\%$  față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile septembrie și octombrie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $48.5^\circ$  ( $42^\circ/55^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $4085$  ( $4600/3570$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 3 panouri fiecare cu suprafața  $0.1998\text{m}^2$  și eficiența de  $14.1\%$ , deci se poate obține zilnic o energie  $E = 345.3\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $14.39\text{W} > 8.25\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.

## Bilet nr. 36

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(1.9\text{mW} / 1\text{mW}) = 2.79\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(1.25\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -29.03\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [2.79\text{dBm} - (-29.03)\text{dBm}] / 0.305\text{dB/km} = 104.32\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 720.3 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.090 / 4 \cdot (1310 - 1319^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.818\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.82) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(720.3)^2 + (-0.82)^2} = L \cdot 720.3 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 720.3\text{ps/km} = 8.64\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 8.64\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 15.6\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-12.77) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(720.3)^2 + (-12.77)^2} = L \cdot 720.4 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 720.4\text{ps/km} = 8.64\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 8.64\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

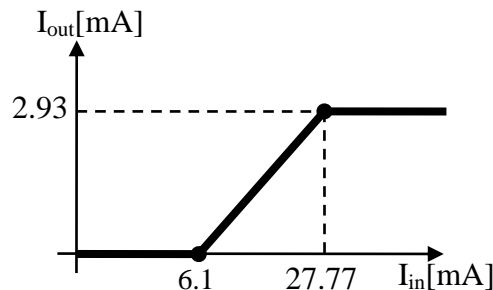
Laser:  $\lambda = 1627\text{nm}$ ,  $E_g = 1.22 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.763\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.587 = 0$

$y = 0.973$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.454$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.454} \text{Ga}_{0.546} \text{As}_{0.973} \text{P}_{0.027}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.47\text{mW} < 6.5\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.662\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 27.77\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 2.93\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a) 0.0mW, b) 0.2mW, c) 2.5mW, la curentul de 30mA dioda ESTE saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(113\mu\text{W}/1\text{mW}) = -9.47\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 9.93\text{dBm}$ ;

$P_e[\text{mW}] = 10^{9.93/10} = 9.84\text{mW}$ ;

6.  $\Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.439\text{nm}$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii aprilie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna aprilie și luna următoare, mai. În aprilie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 32^\circ$ , în mai  $I_{\text{opt}} = 19^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 25.5^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 7.30\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 262.8\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 2037.2\text{Wh}$ . În aprilie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $5150\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în mai  $5960 \text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 5555\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 43.1\text{cm} \times 43.1\text{cm} = 1857.61 \text{ cm}^2 = 0.1858 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 1.97$ , sunt necesare  $N = 2$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W/m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W/m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 23.96\text{W}$  la o tensiune optimă de  $11.90\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.01\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.01\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 4.03\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (aprilie/mai):  $5240$  ( $4580/5900$ )  $\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $3175$  ( $3280/3070$ )  $\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $3175\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 75.0% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile octombrie și noiembrie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $59.0^\circ$  ( $55^\circ/63^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $2785$  ( $3570/2000$ )  $\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ . Avem 2 panouri fiecare cu suprafața  $0.1858\text{m}^2$  și eficiența de 12.9%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 133.5\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $5.56\text{W} < 7.30\text{W}$ . În concluzie sistemul nu funcționează.



## Bilet nr. 37

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(4.2\text{mW} / 1\text{mW}) = 6.23\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(1.15\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -29.39\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [6.23\text{dBm} - (-29.39)\text{dBm}] / 0.325\text{dB/km} = 109.62\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 371.1 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.092 / 4 \cdot (1310 - 1312^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.184\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.18) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(371.1)^2 + (-0.18)^2} = L \cdot 371.1 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 371.1\text{ps/km} = 16.77\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 16.77\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 19.2\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-3.54) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(371.1)^2 + (-3.54)^2} = L \cdot 371.1 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 371.1\text{ps/km} = 16.77\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 16.77\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

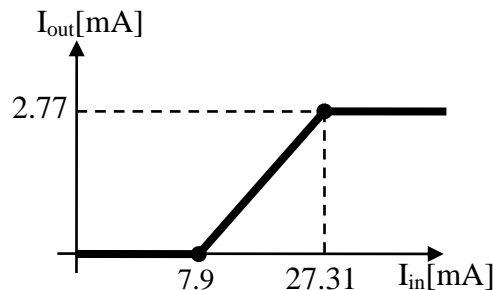
Laser:  $\lambda = 1387\text{nm}$ ,  $E_g = 1.43 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.895\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.455 = 0$

$y = 0.718$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.332$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.332} \text{Ga}_{0.668} \text{As}_{0.718} \text{P}_{0.282}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.70\text{mW} < 6.6\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.714\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 27.31\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 2.77\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a)  $0.0\text{mW}$ , b)  $1.0\text{mW}$ , c)  $4.3\text{mW}$ , la curentul de  $30\text{mA}$  dioda NU este saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(51\mu\text{W}/1\text{mW}) = -12.92\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 8.80\text{dBm}$ ;

$$P_e[\text{mW}] = 10^{8.80/10} = 7.58\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.405\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii iulie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna iulie și luna următoare, august. În iulie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 17^\circ$ , în august  $I_{\text{opt}} = 28^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 22.5^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 7.05\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 253.8\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 1998.4\text{Wh}$ . În iulie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $6240\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în august  $5960 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 6100\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 44.4\text{cm} \times 44.4\text{cm} = 1971.36 \text{ cm}^2 = 0.1971 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 1.66$ , sunt necesare  $N = 2$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 25.04\text{W}$  la o tensiune optimă de  $11.90\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.10\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.10\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 4.21\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (iulie/august):  $5895$  ( $6320/5470$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $3235$  ( $3010/3460$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $3235\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 88.6% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile ianuarie și februarie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $58.0^\circ$  ( $61^\circ/55^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $1895$  ( $1440/2350$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 2 panouri fiecare cu suprafața  $0.1971\text{m}^2$  și eficiența de 12.7%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 94.9\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $3.95\text{W} < 7.05\text{W}$ . În concluzie sistemul nu funcționează.

## Bilet nr. 38

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(2.3\text{mW} / 1\text{mW}) = 3.62\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(0.90\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -30.46\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [3.62\text{dBm} - (-30.46)\text{dBm}] / 0.235\text{dB/km} = 145.00\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 548.8 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.085 / 4 \cdot (1310 - 1320^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.860\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.86) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(548.8)^2 + (-0.86)^2} = L \cdot 548.8 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 548.8\text{ps/km} = 11.34\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 11.34\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 16.2\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-13.93) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(548.8)^2 + (-13.93)^2} = L \cdot 549.0 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 549.0\text{ps/km} = 11.33\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 11.33\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

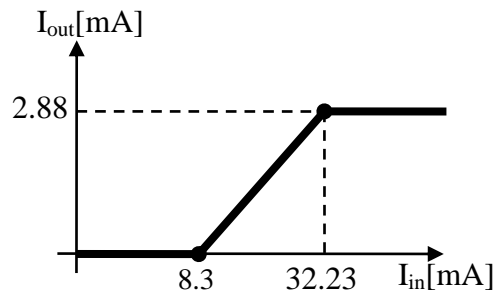
Laser:  $\lambda = 1647\text{nm}$ ,  $E_g = 1.21 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.754\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.596 = 0$

$y = 0.992$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.463$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.463} \text{Ga}_{0.537} \text{As}_{0.992} \text{P}_{0.008}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.51\text{mW} < 6.7\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.650\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 32.23\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 2.88\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a) 0.0mW, b) 0.0mW, c) 2.9mW, la curentul de 30mA dioda NU este saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(53\mu\text{W}/1\text{mW}) = -12.76\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 9.92\text{dBm}$ ;

$$P_e[\text{mW}] = 10^{9.92/10} = 9.82\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.309\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii iulie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna iulie și luna următoare, august. În iulie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 17^\circ$ , în august  $I_{\text{opt}} = 28^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 22.5^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 5.05\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 181.8\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 1271.3\text{Wh}$ . În iulie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $6240\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în august  $5960\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 6100\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 42.3\text{cm} \times 42.3\text{cm} = 1789.29 \text{ cm}^2 = 0.1789 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 1.16$ , sunt necesare  $N = 2$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 25.59\text{W}$  la o tensiune optimă de  $12.40\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.06\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.06\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 4.13\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (iulie/august):  $5895$  ( $6320/5470$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $3235$  ( $3010/3460$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $3235\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 88.6% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile ianuarie și februarie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $58.0^\circ$  ( $61^\circ/55^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $1895$  ( $1440/2350$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 2 panouri fiecare cu suprafața  $0.1789\text{m}^2$  și eficiența de 14.3%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 97.0\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $4.04\text{W} < 5.05\text{W}$ . În concluzie sistemul nu funcționează.

## Bilet nr. 39

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(1.8\text{mW} / 1\text{mW}) = 2.55\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(1.10\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -29.59\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [2.55\text{dBm} - (-29.59)\text{dBm}] / 0.315\text{dB/km} = 102.03\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 510.3 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.089 / 4 \cdot (1310 - 1323^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -1.174\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-1.17) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(510.3)^2 + (-1.17)^2} = L \cdot 510.3 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 510.3\text{ps/km} = 12.19\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 12.19\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 14.6\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-17.15) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(510.3)^2 + (-17.15)^2} = L \cdot 510.6 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 510.6\text{ps/km} = 12.19\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 12.19\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

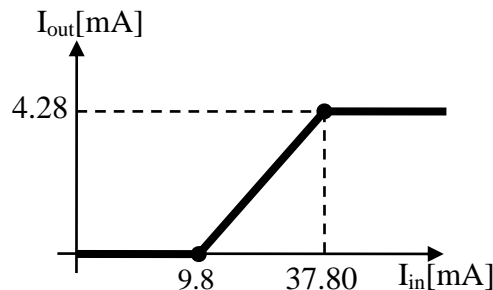
Laser:  $\lambda = 1337\text{nm}$ ,  $E_g = 1.49 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.929\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.421 = 0$

$y = 0.657$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.304$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.304} \text{Ga}_{0.696} \text{As}_{0.657} \text{P}_{0.343}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 2.10\text{mW} < 8.4\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 1.071\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 37.80\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 4.28\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a)  $0.0\text{mW}$ , b)  $2.3\text{mW}$ , c)  $3.9\text{mW}$ , la curentul de  $30\text{mA}$  dioda ESTE saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(80\mu\text{W}/1\text{mW}) = -10.97\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 10.15\text{dBm}$ ;

$$P_e[\text{mW}] = 10^{10.15/10} = 10.35\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.522\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii aprilie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna aprilie și luna următoare, mai. În aprilie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 32^\circ$ , în mai  $I_{\text{opt}} = 19^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 25.5^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 5.00\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 180.0\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 1463.4\text{Wh}$ . În aprilie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $5150\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , în mai  $5960 \text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 5555\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 43.3\text{cm} \times 43.3\text{cm} = 1874.89 \text{ cm}^2 = 0.1875 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 1.41$ , sunt necesare  $N = 2$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 23.06\text{W}$  la o tensiune optimă de  $11.55\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.00\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.00\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 3.99\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de  $50\%$  dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (aprilie/mai):  $5240$  ( $4580/5900$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $3175$  ( $3280/3070$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $3175\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de  $75.0\%$  față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile octombrie și noiembrie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $59.0^\circ$  ( $55^\circ/63^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $2785$  ( $3570/2000$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 2 panouri fiecare cu suprafața  $0.1875\text{m}^2$  și eficiența de  $12.3\%$ , deci se poate obține zilnic o energie  $E = 128.5\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $5.35\text{W} > 5.00\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, fără rezervă de  $50\%$ .

## Bilet nr. 40

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(1.7\text{mW} / 1\text{mW}) = 2.30\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(0.55\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -32.60\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [2.30\text{dBm} - (-32.60)\text{dBm}] / 0.295\text{dB/km} = 118.31\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 517.7 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.085 / 4 \cdot (1310 - 1312^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.170\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.17) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(517.7)^2 + (-0.17)^2} = L \cdot 517.7 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 517.7\text{ps/km} = 12.02\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 12.02\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 17.1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-2.91) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(517.7)^2 + (-2.91)^2} = L \cdot 517.7 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 517.7\text{ps/km} = 12.02\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 12.02\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

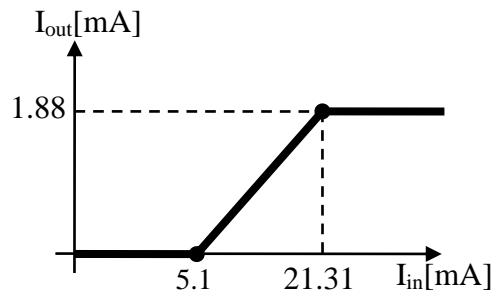
Laser:  $\lambda = 1367\text{nm}$ ,  $E_g = 1.45 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.908\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.442 = 0$

$y = 0.694$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.321$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.321} \text{Ga}_{0.679} \text{As}_{0.694} \text{P}_{0.306}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 0.99\text{mW} < 4.7\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.394\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 21.31\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 1.88\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a)  $0.0\text{mW}$ , b)  $0.0\text{mW}$ , c)  $2.7\text{mW}$ , la curentul de  $30\text{mA}$  dioda NU este saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(134\mu\text{W}/1\text{mW}) = -8.73\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 9.45\text{dBm}$ ;

$P_e[\text{mW}] = 10^{9.45/10} = 8.81\text{mW}$ ;

6.  $\Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.544\text{nm}$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii august ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna august și luna următoare, septembrie. În august înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 28^\circ$ , în septembrie  $I_{\text{opt}} = 42^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 35.0^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 6.20\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 223.2\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 1430.8\text{Wh}$ . În august, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $5960\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în septembrie  $4600\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 5280\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 44.1\text{cm} \times 44.1\text{cm} = 1944.81 \text{ cm}^2 = 0.1945 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 1.39$ , sunt necesare  $N = 2$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 30.34\text{W}$  la o tensiune optimă de  $12.35\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.46\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.46\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 4.91\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (august/septembrie):  $4595$  ( $5470/3720$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $3425$  ( $3460/3390$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $3425\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 54.2% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile februarie și martie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $50.5^\circ$  ( $55^\circ/46^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $3280$  ( $2350/4210$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 2 panouri fiecare cu suprafața  $0.1945\text{m}^2$  și eficiența de 15.6%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 199.0\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $8.29\text{W} > 6.20\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, fără rezervă de 50%.



## Bilet nr. 41

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(1.0\text{mW} / 1\text{mW}) = 0.00\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(1.35\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -28.70\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [0.00\text{dBm} - (-28.70)\text{dBm}] / 0.290\text{dB/km} = 98.95\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 338.8 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.089 / 4 \cdot (1310 - 1314^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.358\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.36) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(338.8)^2 + (-0.36)^2} = L \cdot 338.8 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 338.8\text{ps/km} = 18.37\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 18.37\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 14.1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-5.04) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(338.8)^2 + (-5.04)^2} = L \cdot 338.9 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 338.9\text{ps/km} = 18.36\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 18.36\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

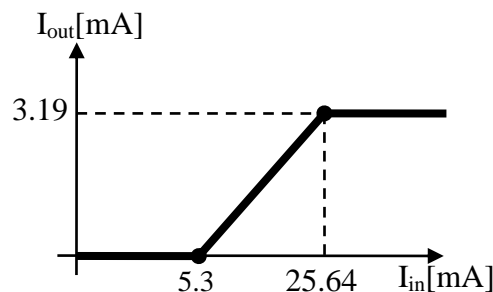
Laser:  $\lambda = 1627\text{nm}$ ,  $E_g = 1.22 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.763\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.587 = 0$

$y = 0.973$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.454$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.454} \text{Ga}_{0.546} \text{As}_{0.973} \text{P}_{0.027}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.54\text{mW} < 5.9\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.830\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 25.64\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 3.19\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a)  $0.0\text{mW}$ , b)  $1.2\text{mW}$ , c)  $3.9\text{mW}$ , la curentul de  $30\text{mA}$  dioda NU este saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(52\mu\text{W}/1\text{mW}) = -12.84\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 5.76\text{dBm}$ ;

$$P_e[\text{mW}] = 10^{5.76/10} = 3.77\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.388\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii aprilie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna aprilie și luna următoare, mai. În aprilie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 32^\circ$ , în mai  $I_{\text{opt}} = 19^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 25.5^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 7.35\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 264.6\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 1718.2\text{Wh}$ . În aprilie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $5150\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în mai  $5960 \text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 5555\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 45.2\text{cm} \times 45.2\text{cm} = 2043.04 \text{ cm}^2 = 0.2043 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 1.51$ , sunt necesare  $N = 2$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 31.46\text{W}$  la o tensiune optimă de  $11.85\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.66\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.66\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 5.31\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (aprilie/mai):  $5240$  ( $4580/5900$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $3175$  ( $3280/3070$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $3175\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 75.0% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile octombrie și noiembrie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $59.0^\circ$  ( $55^\circ/63^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $2785$  ( $3570/2000$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 2 panouri fiecare cu suprafața  $0.2043\text{m}^2$  și eficiența de 15.4%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 175.2\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $7.30\text{W} < 7.35\text{W}$ . În concluzie sistemul nu funcționează.

## Bilet nr. 42

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(3.2\text{mW} / 1\text{mW}) = 5.05\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(0.80\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -30.97\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [5.05\text{dBm} - (-30.97)\text{dBm}] / 0.290\text{dB/km} = 124.21\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 865.8 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.086 / 4 \cdot (1310 - 1316^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.520\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.52) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(865.8)^2 + (-0.52)^2]} = L \cdot 865.8 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 865.8\text{ps/km} = 7.19\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 7.19\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 11.2\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-5.82) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(865.8)^2 + (-5.82)^2]} = L \cdot 865.8 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 865.8\text{ps/km} = 7.19\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 7.19\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

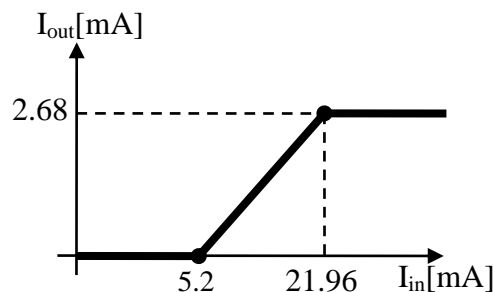
Laser:  $\lambda = 1197\text{nm}$ ,  $E_g = 1.66 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1.037\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.313 = 0$

$y = 0.471$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.217$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.217} \text{Ga}_{0.783} \text{As}_{0.471} \text{P}_{0.529}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.63\text{mW} < 5.7\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.767\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 21.96\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 2.68\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a)  $0.0\text{mW}$ , b)  $0.6\text{mW}$ , c)  $3.6\text{mW}$ , la curentul de  $30\text{mA}$  dioda NU este saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(133\mu\text{W}/1\text{mW}) = -8.76\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 12.12\text{dBm}$ ;

$$P_e[\text{mW}] = 10^{12.12/10} = 16.29\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.386\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii ianuarie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna ianuarie și luna următoare, februarie. În ianuarie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 61^\circ$ , în februarie  $I_{\text{opt}} = 55^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 58.0^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 6.60\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 237.6\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 1673.2\text{Wh}$ . În ianuarie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $1440\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , în februarie  $2350 \text{ Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 1895\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 44.6\text{cm} \times 44.6\text{cm} = 1989.16 \text{ cm}^2 = 0.1989 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 4.44$ , sunt necesare  $N = 5$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 28.25\text{W}$  la o tensiune optimă de  $12.45\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.27\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.27\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 11.34\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (ianuarie/februarie):  $1318 (956/1680) \text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $1770 (1410/2130) \text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $1318\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 43.8% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile iulie și august. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $22.5^\circ (17^\circ/28^\circ)$ , cu o densitate de energie solară disponibilă  $6100 (6240/5960) \text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 5 panouri fiecare cu suprafața  $0.1989\text{m}^2$  și eficiența de 14.2%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 861.5\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $35.90\text{W} > 6.60\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.

## Bilet nr. 43

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(2.5\text{mW} / 1\text{mW}) = 3.98\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(0.95\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -30.22\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [3.98\text{dBm} - (-30.22)\text{dBm}] / 0.255\text{dB/km} = 134.13\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 587.5 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.090 / 4 \cdot (1310 - 1316^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.544\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.54) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(587.5)^2 + (-0.54)^2} = L \cdot 587.5 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 587.5\text{ps/km} = 10.59\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 10.59\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 14.2\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-7.72) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(587.5)^2 + (-7.72)^2} = L \cdot 587.6 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 587.6\text{ps/km} = 10.59\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 10.59\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

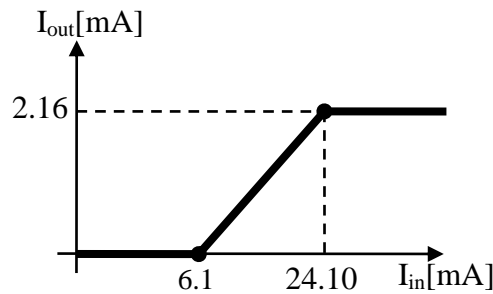
Laser:  $\lambda = 1607\text{nm}$ ,  $E_g = 1.24 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.773\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.577 = 0$

$y = 0.954$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.445$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.445} \text{Ga}_{0.555} \text{As}_{0.954} \text{P}_{0.046}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.30\text{mW} < 4.5\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.624\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 24.10\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 2.16\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a)  $0.4\text{mW}$ , b)  $3.3\text{mW}$ , c)  $4.7\text{mW}$ , la curentul de  $30\text{mA}$  dioda ESTE saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(132\mu\text{W}/1\text{mW}) = -8.79\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 11.41\text{dBm}$ ;

$$P_e[\text{mW}] = 10^{11.41/10} = 13.82\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.690\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii ianuarie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna ianuarie și luna următoare, februarie. În ianuarie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 61^\circ$ , în februarie  $I_{\text{opt}} = 55^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 58.0^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 5.05\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 181.8\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 1307.9\text{Wh}$ . În ianuarie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $1440\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , în februarie  $2350 \text{ Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 1895\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 46.8\text{cm} \times 46.8\text{cm} = 2190.24 \text{ cm}^2 = 0.2190 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 3.15$ , sunt necesare  $N = 4$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 30.44\text{W}$  la o tensiune optimă de  $11.80\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.58\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.58\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 10.32\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (ianuarie/februarie):  $1318$  ( $956/1680$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $1770$  ( $1410/2130$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $1318\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de  $43.8\%$  față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile iulie și august. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $22.5^\circ$  ( $17^\circ/28^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $6100$  ( $6240/5960$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 4 panouri fiecare cu suprafața  $0.2190\text{m}^2$  și eficiența de  $13.9\%$ , deci se poate obține zilnic o energie  $E = 742.8\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $30.95\text{W} > 5.05\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.

## Bilet nr. 44

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(4.2\text{mW} / 1\text{mW}) = 6.23\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(0.90\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -30.46\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [6.23\text{dBm} - (-30.46)\text{dBm}] / 0.345\text{dB/km} = 106.35\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 822.0 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.090 / 4 \cdot (1310 - 1316^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.544\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.54) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(822.0)^2 + (-0.54)^2]} = L \cdot 822.0 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 822.0\text{ps/km} = 7.57\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 7.57\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 13.6\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-7.39) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(822.0)^2 + (-7.39)^2]} = L \cdot 822.1 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 822.1\text{ps/km} = 7.57\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 7.57\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$2. E_g = h \cdot c / \lambda, E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]; c = 299792458 \text{ m/s}, h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}, e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C},$$

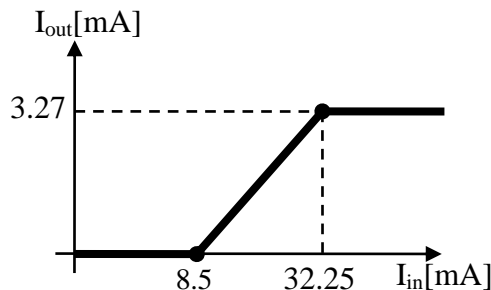
$$\text{Laser: } \lambda = 1647\text{nm}, E_g = 1.21 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.754\text{eV}, \text{ materiale utilizate } \text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$$

$$\text{Ecuație de gradul 2: } E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2; 0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.596 = 0$$

$$y = 0.992, x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.463, \text{ compoziția este: } \text{In}_{0.463} \text{Ga}_{0.537} \text{As}_{0.992} \text{P}_{0.008}$$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.92\text{mW} < 7.6\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.826\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 32.25\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 3.27\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a)  $0.0\text{mW}$ , b)  $0.5\text{mW}$ , c)  $3.4\text{mW}$ , la curentul de  $30\text{mA}$  dioda NU este saturată.

$$5. P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(67\mu\text{W}/1\text{mW}) = -11.74\text{dBm}, P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 9.50\text{dBm};$$

$$P_e[\text{mW}] = 10^{9.50/10} = 8.91\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.596\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii noiembrie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna noiembrie și luna următoare, decembrie. În noiembrie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 63^\circ$ , în decembrie  $I_{\text{opt}} = 64^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 63.5^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 5.60\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 201.6\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 1440.0\text{Wh}$ . În noiembrie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $2000\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în decembrie  $1280 \text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 1640\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 40.3\text{cm} \times 40.3\text{cm} = 1624.09 \text{ cm}^2 = 0.1624 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 5.41$ , sunt necesare  $N = 6$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 22.74\text{W}$  la o tensiune optimă de  $12.05\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $1.89\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 1.89\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 11.32\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (noiembrie/decembrie):  $1031$  ( $1260/802$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $1660$  ( $2010/1310$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $1031\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 59.1% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile mai și iunie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $16.0^\circ$  ( $19^\circ/13^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $5930$  ( $5960/5900$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 6 panouri fiecare cu suprafața  $0.1624\text{m}^2$  și eficiența de 14.0%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 809.0\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $33.71\text{W} > 5.60\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.



## Bilet nr. 45

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(4.5\text{mW} / 1\text{mW}) = 6.53\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(0.65\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -31.87\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [6.53\text{dBm} - (-31.87)\text{dBm}] / 0.260\text{dB/km} = 147.70\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 1069.2 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.085 / 4 \cdot (1310 - 1323^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -1.122\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-1.12) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(1069.2)^2 + (-1.12)^2]} = L \cdot 1069.2 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 1069.2\text{ps/km} = 5.82\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 5.82\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 14.3\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-16.04) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(1069.2)^2 + (-16.04)^2]} = L \cdot 1069.3 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 1069.3\text{ps/km} = 5.82\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 5.82\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

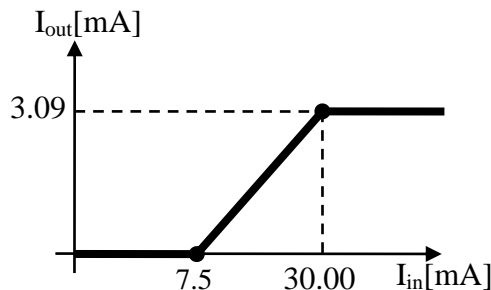
Laser:  $\lambda = 1147\text{nm}$ ,  $E_g = 1.73 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1.082\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.268 = 0$

$y = 0.398$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.182$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.182} \text{Ga}_{0.818} \text{As}_{0.398} \text{P}_{0.602}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.46\text{mW} < 6.3\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.713\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 30.00\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 3.09\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a)  $0.0\text{mW}$ , b)  $0.3\text{mW}$ , c)  $3.3\text{mW}$ , la curentul de  $30\text{mA}$  dioda NU este saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(101\mu\text{W}/1\text{mW}) = -9.96\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 9.66\text{dBm}$ ;

$$P_e[\text{mW}] = 10^{9.66/10} = 9.25\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.219\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii iulie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna iulie și luna următoare, august. În iulie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 17^\circ$ , în august  $I_{\text{opt}} = 28^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 22.5^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 5.15\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 185.4\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 1269.9\text{Wh}$ . În iulie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $6240\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în august  $5960 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 6100\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 43.0\text{cm} \times 43.0\text{cm} = 1849.00 \text{ cm}^2 = 0.1849 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 1.13$ , sunt necesare  $N = 2$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 27.00\text{W}$  la o tensiune optimă de  $12.40\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.18\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.18\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 4.35\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (iulie/august):  $5895$  ( $6320/5470$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $3235$  ( $3010/3460$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $3235\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 88.6% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile ianuarie și februarie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $58.0^\circ$  ( $61^\circ/55^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $1895$  ( $1440/2350$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 2 panouri fiecare cu suprafața  $0.1849\text{m}^2$  și eficiența de 14.6%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 102.3\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $4.26\text{W} < 5.15\text{W}$ . În concluzie sistemul nu funcționează.

## Bilet nr. 46

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(1.5\text{mW} / 1\text{mW}) = 1.76\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(0.75\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -31.25\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [1.76\text{dBm} - (-31.25)\text{dBm}] / 0.255\text{dB/km} = 129.45\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 312.3 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.091 / 4 \cdot (1310 - 1323^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -1.201 \text{ ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-1.20) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(312.3)^2 + (-1.20)^2]} = L \cdot 312.3 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 312.3 \text{ ps/km} = 19.92\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 19.92\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 19.1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-22.93) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(312.3)^2 + (-22.93)^2]} = L \cdot 313.2 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 313.2 \text{ ps/km} = 19.87\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a,b) = 19.87\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

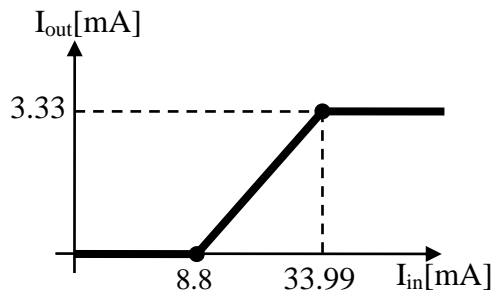
Laser:  $\lambda = 1587\text{nm}$ ,  $E_g = 1.25 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.782\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.568 = 0$

$y = 0.934$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.435$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.435} \text{Ga}_{0.565} \text{As}_{0.934} \text{P}_{0.066}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.89\text{mW} < 6.8\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.926\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 33.99\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 3.33\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a) 0.0mW, b) 2.0mW, c) 3.5mW, la curentul de 30mA dioda ESTE saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(55\mu\text{W}/1\text{mW}) = -12.60\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 10.83\text{dBm}$ ;

$$P_e[\text{mW}] = 10^{10.83/10} = 12.12\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.774\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii septembrie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna septembrie și luna următoare, octombrie. În septembrie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 42^\circ$ , în octombrie  $I_{\text{opt}} = 55^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 48.5^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 5.50\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 198.0\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 1534.9\text{Wh}$ . În septembrie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $4600\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în octombrie  $3570 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 4085\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 49.3\text{cm} \times 49.3\text{cm} = 2430.49 \text{ cm}^2 = 0.2430 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 1.55$ , sunt necesare  $N = 2$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 31.35\text{W}$  la o tensiune optimă de  $12.25\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.56\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.56\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 5.12\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (septembrie/octombrie):  $3085 (3720/2450) \text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $3300 (3390/3210) \text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $3085\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 32.4% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile martie și aprilie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $39.0^\circ (46^\circ/32^\circ)$ , cu o densitate de energie solară disponibilă  $4680 (4210/5150) \text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 2 panouri fiecare cu suprafața  $0.2430\text{m}^2$  și eficiența de 12.9%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 293.5\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $12.23\text{W} > 5.50\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.

## Bilet nr. 47

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(4.0\text{mW} / 1\text{mW}) = 6.02\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(0.95\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -30.22\text{dBm};$$

$$L_{\text{max}} = (P_e - S_r) / A_{\text{max}} = [6.02\text{dBm} - (-30.22)\text{dBm}] / 0.325\text{dB/km} = 111.52\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\text{max}}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 471.9 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.089 / 4 \cdot (1310 - 1319^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.809\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.81) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(471.9)^2 + (-0.81)^2]} = L \cdot 471.9 \text{ ps/km}; L_{\text{max}} = \Delta\tau_{\text{max}} / 471.9\text{ps/km} = 13.19\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\text{max}} = \min(a,b) = 13.19\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 10.5\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-8.50) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(471.9)^2 + (-8.50)^2]} = L \cdot 472.0 \text{ ps/km}; L_{\text{max}} = \Delta\tau_{\text{max}} / 472.0\text{ps/km} = 13.18\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\text{max}} = \min(a,b) = 13.18\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

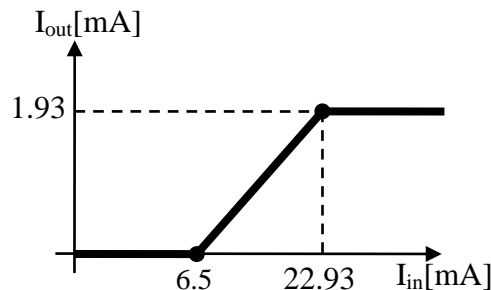
Laser:  $\lambda = 1292\text{nm}$ ,  $E_g = 1.54 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.961\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.389 = 0$

$y = 0.600$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.277$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.277} \text{Ga}_{0.723} \text{As}_{0.600} \text{P}_{0.400}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.23\text{mW} < 4.6\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.517\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 22.93\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 1.93\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a)  $0.0\text{mW}$ , b)  $0.2\text{mW}$ , c)  $3.1\text{mW}$ , la curentul de  $30\text{mA}$  dioda ESTE saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(100\mu\text{W}/1\text{mW}) = -10.00\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 9.98\text{dBm}$ ;

$$P_e[\text{mW}] = 10^{9.98/10} = 9.95\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.246\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii septembrie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna septembrie și luna următoare, octombrie. În septembrie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 42^\circ$ , în octombrie  $I_{\text{opt}} = 55^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 48.5^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 9.90\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 356.4\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 2679.7\text{Wh}$ . În septembrie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $4600\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în octombrie  $3570 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 4085\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 49.1\text{cm} \times 49.1\text{cm} = 2410.81 \text{ cm}^2 = 0.2411 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 2.72$ , sunt necesare  $N = 3$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 32.06\text{W}$  la o tensiune optimă de  $12.10\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.65\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.65\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 7.95\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (septembrie/octombrie):  $3085$  ( $3720/2450$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $3300$  ( $3390/3210$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $3085\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 32.4% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile martie și aprilie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $39.0^\circ$  ( $46^\circ/32^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $4680$  ( $4210/5150$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 3 panouri fiecare cu suprafața  $0.2411\text{m}^2$  și eficiența de 13.3%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 450.2\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $18.76\text{W} > 9.90\text{W}$ . În concluzie sistemul funcționează, cu rezervă de 50%.

## Bilet nr. 48

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(1.8\text{mW} / 1\text{mW}) = 2.55\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(0.80\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -30.97\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [2.55\text{dBm} - (-30.97)\text{dBm}] / 0.240\text{dB/km} = 139.67\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 771.3 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.091 / 4 \cdot (1310 - 1321^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -1.014\text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-1.01) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(771.3)^2 + (-1.01)^2} = L \cdot 771.3 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 771.3\text{ps/km} = 8.07\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 8.07\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 11.7\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-11.86) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(771.3)^2 + (-11.86)^2} = L \cdot 771.3 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 771.3\text{ps/km} = 8.07\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 8.07\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

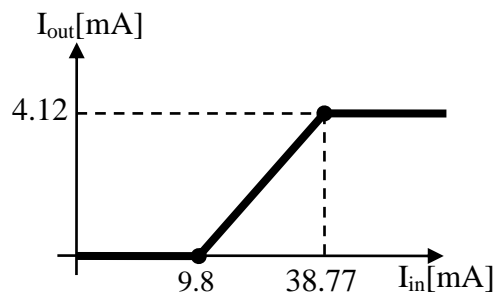
Laser:  $\lambda = 1352\text{nm}$ ,  $E_g = 1.47 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.918\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.432 = 0$

$y = 0.676$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.312$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.312} \text{Ga}_{0.688} \text{As}_{0.676} \text{P}_{0.324}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 2.32\text{mW} < 8.4\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 1.137\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 38.77\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 4.12\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a)  $0.0\text{mW}$ , b)  $2.4\text{mW}$ , c)  $4.4\text{mW}$ , la curentul de  $30\text{mA}$  dioda ESTE saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(58\mu\text{W}/1\text{mW}) = -12.37\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 11.03\text{dBm}$ ;

$$P_e[\text{mW}] = 10^{11.03/10} = 12.69\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.743\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii aprilie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna aprilie și luna următoare, mai. În aprilie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 32^\circ$ , în mai  $I_{\text{opt}} = 19^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 25.5^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 8.45\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 304.2\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 1975.3\text{Wh}$ . În aprilie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $5150\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în mai  $5960 \text{ Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 5555\text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 46.8\text{cm} \times 46.8\text{cm} = 2190.24 \text{ cm}^2 = 0.2190 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 1.62$ , sunt necesare  $N = 2$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 33.73\text{W}$  la o tensiune optimă de  $11.60\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.91\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.91\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 5.82\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (aprilie/mai):  $5240$  ( $4580/5900$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $3175$  ( $3280/3070$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $3175\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 75.0% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile octombrie și noiembrie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $59.0^\circ$  ( $55^\circ/63^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $2785$  ( $3570/2000$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 2 panouri fiecare cu suprafața  $0.2190\text{m}^2$  și eficiența de 15.4%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 187.9\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $7.83\text{W} < 8.45\text{W}$ . În concluzie sistemul nu funcționează.



## Bilet nr. 49

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(4.9\text{mW} / 1\text{mW}) = 6.90\text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(0.65\mu\text{W} / 1\text{mW}) = -31.87\text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [6.90\text{dBm} - (-31.87)\text{dBm}] / 0.270\text{dB/km} = 143.60\text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max}[\text{ns}] = 0.44 / V[\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223\text{ns} = 6222.5\text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 440.5 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.093 / 4 \cdot (1310 - 1320^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.941 \text{ ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.94) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(440.5)^2 + (-0.94)^2]} = L \cdot 440.5 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 440.5 \text{ ps/km} = 14.12\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 14.12\text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 16.9\text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-15.90) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{[(440.5)^2 + (-15.90)^2]} = L \cdot 440.8 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 440.8 \text{ ps/km} = 14.12\text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 14.12\text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g[\text{eV}] = E_g[\text{J}] / e[\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

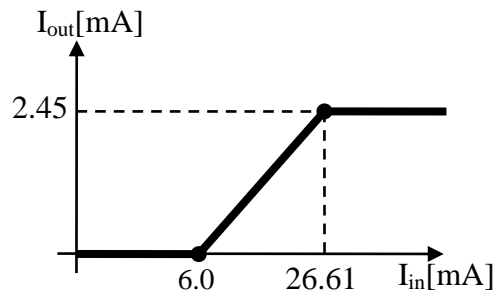
Laser:  $\lambda = 1442\text{nm}$ ,  $E_g = 1.38 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.861\text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g[\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.489 = 0$

$y = 0.781$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.362$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.362} \text{Ga}_{0.638} \text{As}_{0.781} \text{P}_{0.219}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 1.68\text{mW} < 6.8\text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.606\text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 26.61\text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 2.45\text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a)  $0.0\text{mW}$ , b)  $0.6\text{mW}$ , c)  $3.8\text{mW}$ , la curentul de  $30\text{mA}$  dioda ESTE saturată.

5.  $P_r[\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(84\mu\text{W}/1\text{mW}) = -10.76\text{dBm}$ ,  $P_e[\text{dBm}] = A[\text{dB/km}] \cdot L[\text{km}] + P_r[\text{dBm}] = 11.92\text{dBm}$ ;

$$P_e[\text{mW}] = 10^{11.92/10} = 15.57\text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.165\text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii iunie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna iunie și luna următoare, iulie. În iunie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 13^\circ$ , în iulie  $I_{\text{opt}} = 17^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 15.0^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 9.85\text{W} \cdot 1.5 \cdot 24\text{h} = 354.6\text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 2479.7\text{Wh}$ . În iunie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $5900\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , în iulie  $6240 \text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 6070\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 45.0\text{cm} \times 45.0\text{cm} = 2025.00 \text{ cm}^2 = 0.2025 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 2.02$ , sunt necesare  $N = 3$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 28.96\text{W}$  la o tensiune optimă de  $11.55\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $2.51\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 2.51\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 7.52\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (iunie/iulie):  $6230$  ( $6140/6320$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $2885$  ( $2760/3010$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $2885\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 110.4% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile decembrie și ianuarie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $62.5^\circ$  ( $64^\circ/61^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $1360$  ( $1280/1440$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 3 panouri fiecare cu suprafața  $0.2025\text{m}^2$  și eficiența de 14.3%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 118.1\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $4.92\text{W} < 9.85\text{W}$ . În concluzie sistemul nu funcționează.

## Bilet nr. 50

1. a) Distanța limitată de atenuare:

$$P_e = 10 \cdot \lg(4.6 \text{mW} / 1 \text{mW}) = 6.63 \text{dBm}; S_r = 10 \cdot \lg(1.15 \mu\text{W} / 1 \text{mW}) = -29.39 \text{dBm};$$

$$L_{\max} = (P_e - S_r) / A_{\max} = [6.63 \text{dBm} - (-29.39) \text{dBm}] / 0.285 \text{dB/km} = 126.39 \text{km}$$

b) Distanța limitată de viteză:

$$\Delta\tau_{\max} [\text{ns}] = 0.44 / V [\text{Gb/s}] \cdot \sqrt{2} = 6.223 \text{ns} = 6222.5 \text{ps}$$

Fibra este multimod cu indice gradat, dispersia va cuprinde efectul dispersiei modale și cromatice:

$$\Delta\tau_{\text{mod}} = L \cdot n_{\text{miez}} \cdot \Delta^2 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot c) = L \cdot 813.1 \text{ ps/km}$$

$$\text{Dispersia } D(\lambda) = S_0 / 4 \cdot (\lambda - \lambda_0^4 / \lambda^3) = 0.085 / 4 \cdot (1310 - 1314^4 / 1310^3) \text{ ps/nm/km} = -0.342 \text{ps/nm/km};$$

$$\Delta\lambda = 1 \text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-0.34) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(813.1)^2 + (-0.34)^2} = L \cdot 813.1 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 813.1 \text{ps/km} = 7.65 \text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 7.65 \text{km}$ , limitată de dispersie.

$$\text{Cu } \Delta\lambda = 10.5 \text{nm}; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot D(\lambda) \cdot \Delta\lambda; \Delta\tau_{\text{cr}} = L \cdot (-3.59) \text{ ps/km}; \Delta\tau_{\text{tot}} = \sqrt{(\Delta\tau_{\text{mod}}^2 + \Delta\tau_{\text{cr}}^2)}$$

$$\Delta\tau_{\text{tot}} = L \cdot \sqrt{(813.1)^2 + (-3.59)^2} = L \cdot 813.2 \text{ ps/km}; L_{\max} = \Delta\tau_{\max} / 813.2 \text{ps/km} = 7.65 \text{km}$$

Distanța maximă  $L_{\max} = \min(a, b) = 7.65 \text{km}$ , limitată de dispersie.

2.  $E_g = h \cdot c / \lambda$ ,  $E_g [\text{eV}] = E_g [\text{J}] / e [\text{C}]$ ;  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2 \text{kg/s}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,

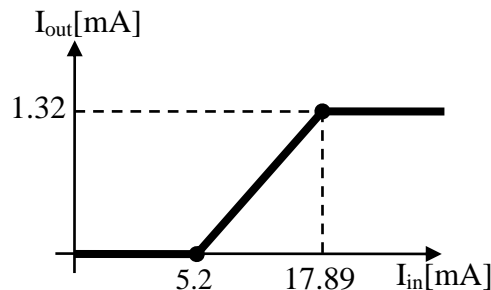
Laser:  $\lambda = 1597 \text{nm}$ ,  $E_g = 1.24 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.777 \text{eV}$ , materiale utilizate  $\text{In}_x \text{Ga}_{1-x} \text{As}_y \text{P}_{1-y}$

Ecuatie de gradul 2:  $E_g [\text{eV}] = 1.35 - 0.72 \cdot y + 0.12 \cdot y^2$ ;  $0.12 \cdot y^2 - 0.72 \cdot y + 0.573 = 0$

$y = 0.944$ ,  $x = 0.4526 \cdot y / (1 - 0.031 \cdot y) = 0.440$ , compoziția este:  $\text{In}_{0.440} \text{Ga}_{0.560} \text{As}_{0.944} \text{P}_{0.056}$

3. a)  $P_1 = r_1 \cdot (I_1 - I_{\text{th}}) = 0.70 \text{mW} < 3.3 \text{mW}$ , dioda laser nu este saturată,  $I_2 = r_2 \cdot P_1 = 0.281 \text{mA}$

b) Dioda laser se saturează la un curent de  $I_{1\text{sat}} = I_{\text{th}} + P_{\text{sat}} / r_1 = 17.89 \text{mA}$ , condiții în care prin fotodiodă se obține  $I_{2\text{sat}} = r_2 \cdot P_{\text{sat}} = 1.32 \text{mA}$ . Caracteristica de transfer:



4. a)  $0.0 \text{mW}$ , b)  $0.0 \text{mW}$ , c)  $2.5 \text{mW}$ , la curentul de  $30 \text{mA}$  dioda ESTE saturată.

5.  $P_r [\text{dBm}] = 10 \cdot \lg(115 \mu\text{W} / 1 \text{mW}) = -9.39 \text{dBm}$ ,  $P_e [\text{dBm}] = A [\text{dB/km}] \cdot L [\text{km}] + P_r [\text{dBm}] = 12.50 \text{dBm}$ ;

$$P_e [\text{mW}] = 10^{12.50/10} = 17.77 \text{mW};$$

$$6. \Delta\lambda \approx \Delta f_0 \cdot \lambda_0^2 / c = 0.580 \text{nm}$$

7. a) Data fiind la sfârșitul lunii iunie ne interesează unghiurile optime de înclinare pentru luna iunie și luna următoare, iulie. În iunie înclinarea optimă este  $I_{\text{opt}} = 13^\circ$ , în iulie  $I_{\text{opt}} = 17^\circ$ . Deci orientarea optimă este pe spre Sud, cu o înclinare de  $I_{\text{opt}} = 15.0^\circ$  (media celor două).

b) Energia necesară pentru 24 de ore (cu rezerva de 50%):  $E_{\text{nec}} = 6.35 \text{W} \cdot 1.5 \cdot 24 \text{h} = 228.6 \text{Wh}$ . Ținând cont de randamentul panourilor, energia solară captată necesară este  $E_{\text{sol}} = 1437.7 \text{Wh}$ . În iunie, la înclinarea optimă, densitatea de energie solară disponibilă este  $5900 \text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , în iulie  $6240 \text{Wh/m}^2/\text{zi}$ , cu o medie de  $E_{\text{disp}} = 6070 \text{Wh/m}^2/\text{zi}$ .

Suprafața unui panou:  $S = 49.8 \text{cm} \times 49.8 \text{cm} = 2480.04 \text{ cm}^2 = 0.2480 \text{ m}^2$ , deci pentru a acoperi necesarul de energie e nevoie de  $N > E_{\text{sol}} / E_{\text{disp}} / S = 0.96$ , sunt necesare  $N = 1$  panouri.

c) Curentul maxim oferit de un panou se obține într-un singur moment din zi când orientarea panoului corespunde exact poziției soarelui. La latitudinea de  $47.9^\circ$  (Iași,  $\sim 48^\circ$ ) densitatea de putere corespunzătoare iluminării maxime este AM 1.5 global:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Puterea maximă generată de un panou este  $P = 1000\text{W}/\text{m}^2 \cdot S \cdot \eta_p = 39.43\text{W}$  la o tensiune optimă de  $11.65\text{V}$  deci oferă un curent maxim de  $3.38\text{A}$ . În funcție de cum sunt conectate panourile (în serie sau în paralel) curentul maxim care trebuie gestionat de circuitul de încărcare este cuprins între  $I_{\text{serie}} = 3.38\text{A}$  și  $I_{\text{paralel}} = N \cdot I_{\text{serie}} = 3.38\text{A}$

d) Cu aproximație, orientarea diferită de optimă a panourilor este acoperită de rezerva de 50% dacă normala la panou este înclinată față de normala optimă cu un unghi de  $\theta = \arccos(1/1.5) = 41.81^\circ$ .

Dacă se păstrează orientarea spre Sud dar înclinarea e diferită, extremele se întâlnesc la poziționare orizontală sau verticală. Din tabel (C9/S72) densitatea de energie solară disponibilă la orientare orizontală este ca valoare medie (iunie/iulie):  $6230$  ( $6140/6320$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Pentru orientarea verticală se obțin  $2885$  ( $2760/3010$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Cazul cel mai defavorabil duce la obținerea unei valori de  $2885\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ , cu o abatere de 110.4% față de poziționarea optimă.

e) Funcționarea exact 6 luni mai târziu înseamnă la limita dintre lunile decembrie și ianuarie. Același număr de panouri, cu aceeași suprafață ar trebui înclinate optim la un unghi  $62.5^\circ$  ( $64^\circ/61^\circ$ ), cu o densitate de energie solară disponibilă  $1360$  ( $1280/1440$ )  $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{zi}$ . Avem 1 panouri fiecare cu suprafața  $0.2480\text{m}^2$  și eficiența de 15.9%, deci se poate obține zilnic o energie  $E = 53.6\text{Wh}$ , suficient pentru o putere medie în cele 24 de ore de  $2.23\text{W} < 6.35\text{W}$ . În concluzie sistemul nu funcționează.

