

TD: 2

EXO: 1

$$1) R_1 = 0,632 \cdot 10^{-3} \sqrt{f} \left(\frac{1}{d_1 \sqrt{\epsilon_1}} + \frac{1}{d_2 \sqrt{\epsilon_2}} \right)$$

$$f = 1 \text{ GHz} = 10^9$$

$$d_1 = 0,91 \text{ mm} = 0,91 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$d_2 = 3,02 = 3,02 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\epsilon_1 = \epsilon_2 = 5,8 \cdot 10^2 \text{ s/m}$$

$$\underline{\underline{AN}}: R_1 = 0,632 \cdot 10^{-3} \sqrt{10^9} \left(\frac{1}{0,91 \cdot 10^{-3} \sqrt{5,8 \cdot 10^2}} + \frac{1}{3,02 \cdot 10^{-3} \sqrt{5,8 \cdot 10^2}} \right)$$

$$(R_1 = 3,737 \Omega/\text{m})$$

$$L_1 = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \left(\frac{d_2}{d_1} \right) = 0,2 \cdot 10^{-6} \ln \left(\frac{d_2}{d_1} \right) = 0,2 \cdot 10^{-6} \ln \frac{3,02 \cdot 10^{-3}}{0,91 \cdot 10^{-3}}$$

$(L_1 = 2,4 \cdot 10^{-7} \text{ H/m})$

$$G_1 = \frac{4\pi^2 \epsilon f \epsilon_0 s}{\ln \left(\frac{d_2}{d_1} \right)} = 0,349 \cdot 10^{-9} \frac{\epsilon f \epsilon_0 s}{\ln \left(\frac{d_2}{d_1} \right)}$$

$$= 0,349 \cdot 10^{-9} \frac{2,4 \cdot 10^{-7} \cdot 10^{-3}}{\ln \frac{3,02 \cdot 10^{-3}}{0,91 \cdot 10^{-3}}}$$

$$\epsilon_r \text{ de Teflon} = 2,1$$

$$= 0,610 \cdot 10^{-3} \text{ S/m} = 6,10 \cdot 10^{-4} \text{ S/m}$$

$$C_1 = \frac{2\pi \epsilon}{\ln \left(\frac{d_2}{d_1} \right)} = 0,077 \cdot 10^{-9} \frac{\epsilon_r}{\ln \left(\frac{d_2}{d_1} \right)} = 0,09628 \cdot 10^{-9} \text{ F/m}$$

$$(C_1 = 9,62 \cdot 10^{-11} \text{ F/m})$$

$$2) Z_c = \sqrt{L_1 / C_1} \text{ donc:}$$

$$Z_c = \sqrt{2,4 \cdot 10^{-7} / 9,62 \cdot 10^{-11}} = 49,94 \approx 50 \Omega$$

1

EX012

$$Z_c = \sqrt{\frac{L}{C}} \left(1 - j \frac{R}{2L\omega} + j \frac{C_1}{2C\omega} \right)$$

$$R = ?$$

$$L = ?$$

$$C_1 = ?$$

$$C = ?$$

$$R = 0,632 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{1}{\epsilon_1}} \left(\frac{1}{d_1 \sqrt{\epsilon_1}} + \frac{1}{d_2 \sqrt{\epsilon_2}} \right)$$

$$= 0,632 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{1}{\epsilon_1}} \left(\frac{1}{d_1} \right) \left(\frac{d_2}{d_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{\epsilon_2}} + \frac{1}{\sqrt{\epsilon_2}} \right)$$

$$= 0,632 \cdot 10^{-3} \sqrt{100 \cdot 10^6} \left(\frac{1}{10^{-2}} \right) \left(3,6 \cdot \frac{1}{5,8 \cdot 10^2} + \frac{1}{5,8 \cdot 10^2} \right)$$

$$= 0,632 \cdot 10^{-3} \cdot 0,603 \cdot 10^3 = 0,381 \Omega/m$$

$$= 0,381 \Omega/m$$

$$C_1 = 0,349 \cdot 10^{-9} \frac{\epsilon_r \epsilon_0 \epsilon_s}{\ln \frac{d_2}{d_1}} = 0,349 \cdot 10^{-9} \frac{2,25 \cdot 10^{-8} \cdot 10^{-3}}{\ln 3,6}$$

$$= 0,613 \cdot 10^{-4} \text{ s/m}$$

$$L = 0,2 \cdot 10^{-6} \ln \left(\frac{d_2}{d_1} \right)$$

$$= 0,2 \cdot 10^{-6} \ln 3,6 = 0,256 \cdot 10^{-6} \text{ H/m}$$

$$C_1 = 0,017 \cdot 10^{-9} \frac{\epsilon_r}{\ln \left(\frac{d_2}{d_1} \right)} = 0,017 \cdot 10^{-9} \frac{2,25}{\ln 3,6}$$

$$C_1 = 0,0966 \cdot 10^{-9} \text{ F/m}$$

done!

$$Z_c = \sqrt{\frac{L}{C}} \left(1 - j \frac{R}{2L\omega} + j \frac{C_1}{2C\omega} \right)$$

$$= \sqrt{\frac{0,256 \cdot 10^{-6}}{0,0966 \cdot 10^{-9}}} \left(1 + j \frac{0,381}{2 \cdot 0,256 \cdot 10^{-6} \cdot 2\pi \cdot 10^8} + j \frac{0,613}{2 \cdot 0,0966 \cdot 10^{-9} \cdot 2\pi \cdot 10^8} \right)$$

$$= 51,479 \left(1 - j 0,1184 \cdot 10^{-2} + j 5,049 \right)$$

$$= 51,479 \left(1 + j 5,048 \right) \Omega$$

(2)

EXO 3 : $h = 0,631 \text{ m}$, $w = \frac{h}{2}$, $\epsilon_r = 9$, $\epsilon_{eff} = 10$

$\epsilon_e = ?$

Or a : $w = \frac{h}{2} \Rightarrow \frac{w}{h} = \frac{1}{2}$

$\frac{w}{h} \leq 1 \Rightarrow$

$$\epsilon_e = \frac{1}{2} (\epsilon_r + 1) + \frac{1}{2} (\epsilon_r - 1) \left[\left(1 + 12 \frac{h}{w} \right)^{-\frac{1}{2}} + 0,04 \left(1 - \frac{w}{h} \right)^2 \right]$$

AN :

$$\epsilon_e = \frac{1}{2} (9 + 1) + \frac{1}{2} (9 - 1) \left[\left(1 + 12 \cdot 2 \right)^{-\frac{1}{2}} + 0,04 \left(1 - \frac{1}{2} \right)^2 \right]$$

$$= 5 + 4 \left(\frac{1}{5} + 0,03 \right)$$

$$\boxed{\epsilon_e = 5,84}$$

donc $\epsilon_e = \epsilon_{eff} \Rightarrow \sqrt{\epsilon_{eff}} = 2,41$

$Z_c = ?$

① formule de Hammerstad :

$$\frac{w}{h} = \frac{1}{2}$$

$\frac{w}{h} \leq 1 \Rightarrow$

$$Z_c = \frac{Z_0}{2\pi \sqrt{\epsilon_{eff}}} \ln \left(\frac{8h}{w} + \frac{w}{4h} \right)$$

AN : $Z_c = \frac{120\pi}{2\pi \cdot 2,41} \left(8 \cdot 2 + \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2} \right)$

$$= \frac{60}{2,41} \ln \left(16 + \frac{1}{8} \right)$$

$$\boxed{Z_c = 69,22 \Omega}$$

② formule de Wheeler

$\frac{w}{h} = \frac{1}{2} \leq 2 \Rightarrow$

$$Z_c = \frac{60 \sqrt{2}}{\sqrt{\epsilon_{eff} + 1}} \left[\ln \left(\frac{8h}{w} \right) + \frac{1}{8} \left(\frac{w}{2h} \right)^2 - \frac{\epsilon_r - 1}{2(\epsilon_r + 1)} \left(\ln \frac{\pi}{2} + \frac{1}{\epsilon_r} \ln \frac{4}{\pi} \right) \right]$$

AN : $Z_c = \frac{60 \sqrt{2}}{\sqrt{10}} \left(\ln(16) + \frac{1}{8} \cdot \frac{1}{16} - \frac{8}{20} \left(\ln \frac{\pi}{2} + \frac{1}{9} \ln \frac{4}{\pi} \right) \right) = 69,47 \Omega$

③

EX014

Déterminer la largeur du ruban d'une ligne microbande de $Z_c = 50 \Omega$ constituée d'un substrat de 1 cm en Alumine ($\epsilon_r = 9,8$)

Sol exo 14

$$Z_c = 50 \Omega, R = 1 \text{ cm}$$

On suppose que : $\frac{W}{R} \leq 2$.

donc :

$$\frac{W}{R} = \frac{4}{\frac{2e^A}{2} - e^{-A}}$$

$$A = \pi \sqrt{\epsilon(\epsilon_r + 1)} \cdot \frac{Z_c}{Z_0} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left(0,23 + \frac{0,11}{\epsilon_r} \right)$$

AN :

$$A = \pi \sqrt{2(9,8 + 1)} \cdot \frac{50}{120\pi} + \frac{9,8 - 1}{9,8 + 1} \left(0,23 + \frac{0,11}{9,8} \right)$$

$(A = 2,13)$

$$W = \frac{4R}{\frac{1}{2}e^A - e^{-A}} \Rightarrow W = \frac{4 \cdot 10^{-2}}{\frac{1}{2}e^{2,13} - e^{-2,13}} \Rightarrow W = 0,97 \cdot 10^{-2} \text{ m} \approx 1 \text{ cm}$$

AN : W

$$\frac{W}{R} \geq 2 \Rightarrow \beta = \frac{\pi}{2\sqrt{\epsilon_r}} \cdot \frac{Z_0}{Z_c}$$

AN :

$$\beta = \frac{\pi}{2\sqrt{9,8}} \cdot \frac{120\pi}{50} = 3,78$$

$$\frac{W}{R} = \frac{\epsilon_r - 1}{\pi \epsilon_r} \left(\ln(\beta - 1) + 0,39 - \frac{0,69}{\epsilon_r} \right) + \frac{2}{\pi} \left(\beta - 1 - \ln(2\beta - 1) \right)$$

$$\frac{W}{R} = 0,9782 \Rightarrow W \approx R = 1 \text{ cm}$$