

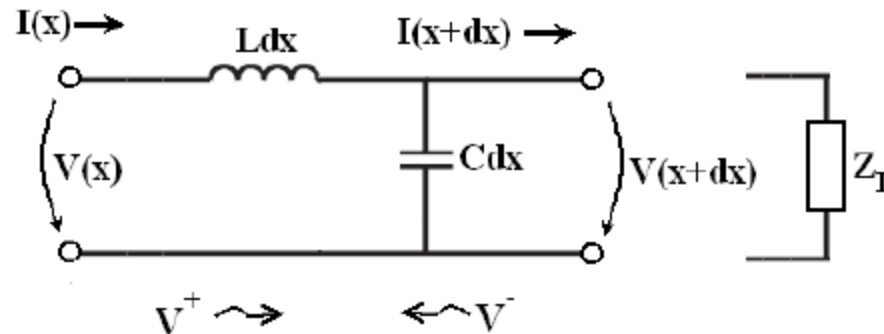
6.2 Proiectarea pentru integritatea semnalelor



Dr. Ing. Marius RANGU
Universitatea "Politehnica" Timișoara
Facultatea de Electronică și Telecomunicații
2009



1. Reflexiile în liniile de transmisiune



Propagarea unui semnal printr-un segment infimezimal al unei linii de transmisiune este descris de ecuațiile:

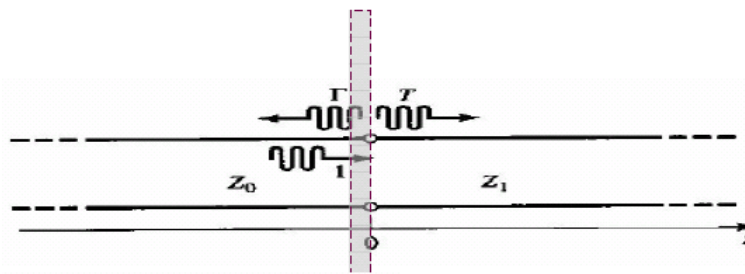
$$\begin{cases} V(x+dx) - V(x) = \frac{\partial V(t,x)}{\partial x} \cdot dx = -L \cdot dx \cdot \frac{\partial I(t,x)}{\partial t} \\ I(x+dx) - I(x) = \frac{\partial I(t,x)}{\partial x} \cdot dx = -C \cdot dx \cdot \frac{\partial V(t,x)}{\partial t} \end{cases}$$

Derivând ecuațiile de propagare se obțin ecuațiile telegrafiștilor, a căror soluție în tensiune are forma:

$$V(t,x) = \frac{1}{Z_0} \cdot \left[V^+ \left(t - \frac{x}{v} \right) + V^- \left(t + \frac{x}{v} \right) \right]$$

\downarrow \downarrow
 unda unda
 directă reflectată

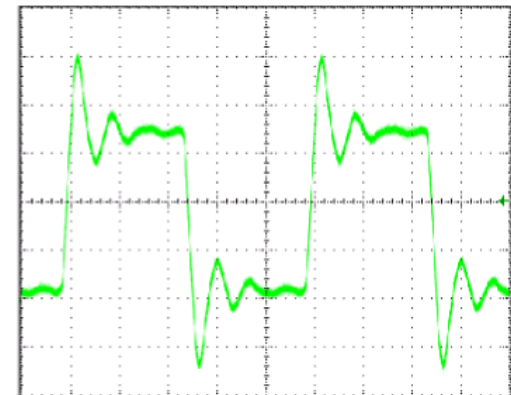
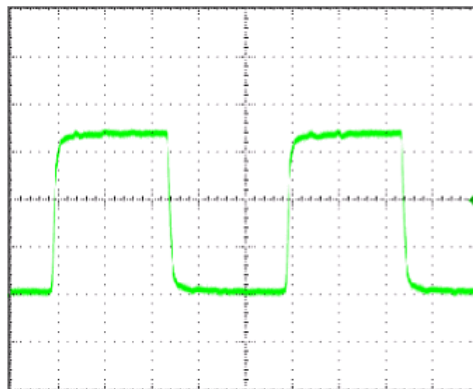
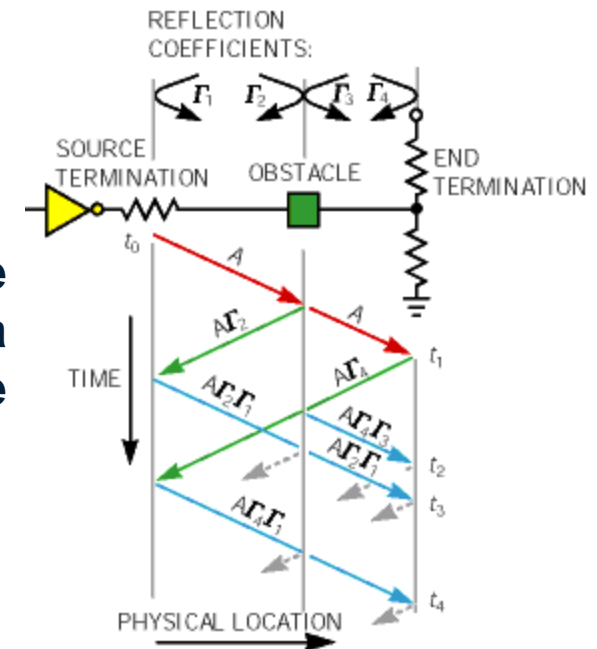
$$\begin{cases} \frac{\partial^2 V(t,x)}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \cdot \frac{\partial^2 I(t,x)}{\partial t^2} \\ \frac{\partial^2 I(t,x)}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \cdot \frac{\partial^2 V(t,x)}{\partial t^2} \end{cases}$$



Coeficientul de reflexie: raportul dintre amplitudinea unei reflectate și amplitudinea unei incidente într-un punct de discontinuitate de impedanță

$$\Gamma_R = \frac{V^-(0)}{V^+(0)} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

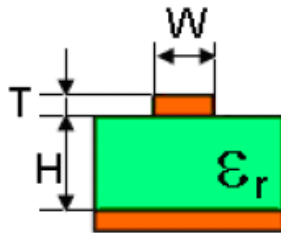
- $Z_L > Z_0$: $\Gamma_R > 0$, prin urmare unda reflectată va avea aceeași polaritate cu cea directă
- $Z_L < Z_0$: $\Gamma_R < 0$, prin urmare unda reflectată va avea polaritate opusă celei directe
- $Z_L = Z_0$: $\Gamma_R = 0$, prin urmare nu va exista undă reflectată, condiție denumită adaptare la receptor.



2. Soluții de diminuare a reflexiilor

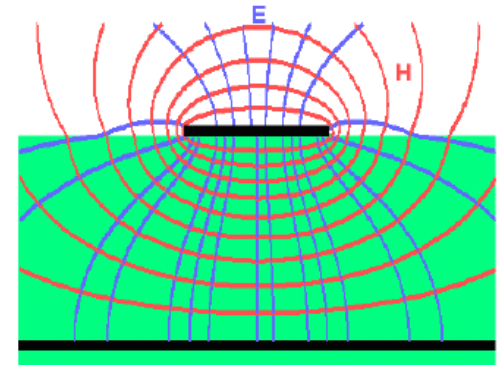
1. Controlul impedanțelor traseelor

MICROSTRIP

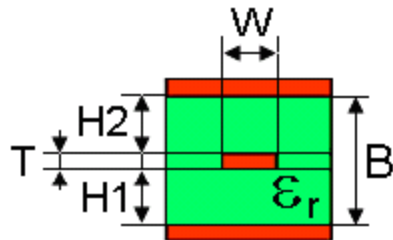


$$Z_0 = \frac{87}{\sqrt{\epsilon_r + 1.41}} \ln \left(\frac{5.98H}{.8W + T} \right)$$

$$C_0 = \frac{.67(\epsilon_r + 1.41)}{\ln \left[\frac{5.98H}{(.8W + T)} \right]}$$

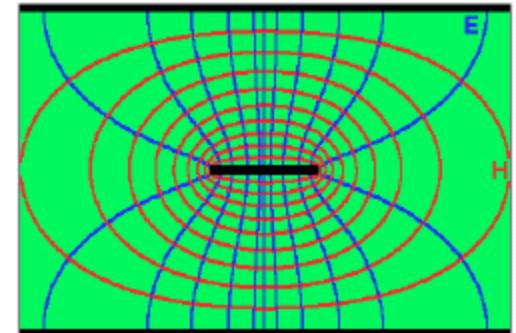


STRIPLINE



$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln \left(\frac{1.9(2H + T)}{.8W + T} \right)$$

$$C_0 = \frac{1.41\epsilon_r}{\ln \left[\frac{3.81H}{(.8W + T)} \right]}$$



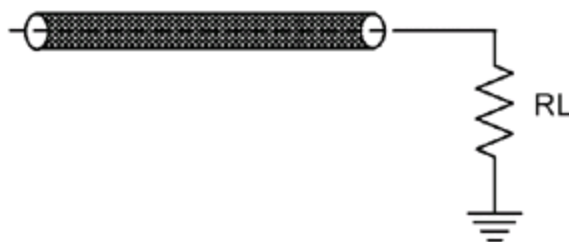
2. Adaptarea transmițătorului



$$R_S = Z_{\text{sursa}} - Z_0$$

- Crește curentul de comandă al sursei, pe durata regimului tranzitoriu
- Împreună cu capacitatea liniei formează un filtru trece-jos cu constanta de timp $2,2 \cdot Z_0 \cdot C_{\text{linie}}$
- Nu elimină prima reflexie

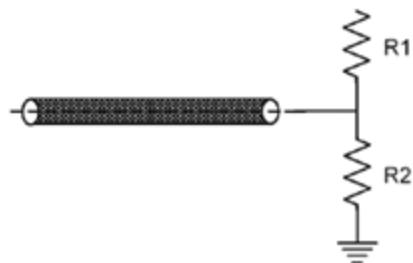
3. Adaptarea receptorului - paralel



$$R_L \cong Z_0$$

- Crește curentul de comandă al sursei în regim staționar
- Decalează nivelurile logice
- În regim tranzitoriu impedanța liniei în punctul de conexiune cu sarcina devine $Z_0/2$. Împreună cu capacitatea de intrare a receptorului formează un filtru trece-jos cu constanta $1,1 \cdot Z_0 \cdot C_{\text{in}}$

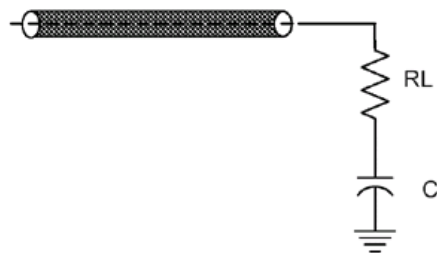
4. Adaptarea receptorului - Thevenin



$$R1 \parallel R2 \cong Z_0$$

- Crește curentul de comandă al sursei în regim staționar
- Decalează nivelurile logice mai puțin decât adaptarea paralel
- Permite ajustarea curenților și tensiunilor în stările LOW și HIGH
- În regim tranzitoriu impedanța liniei în punctul de conexiune cu sarcina devine $Z_0/2$. Împreună cu capacitatea de intrare a receptorului formează un filtru trece-jos cu constanta $1,1 \cdot Z_0 \cdot C_{in}$

5. Adaptarea receptorului - RC



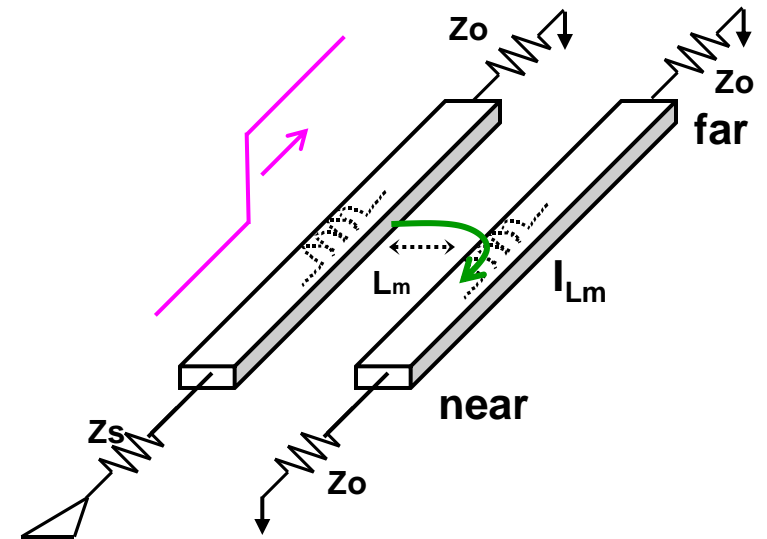
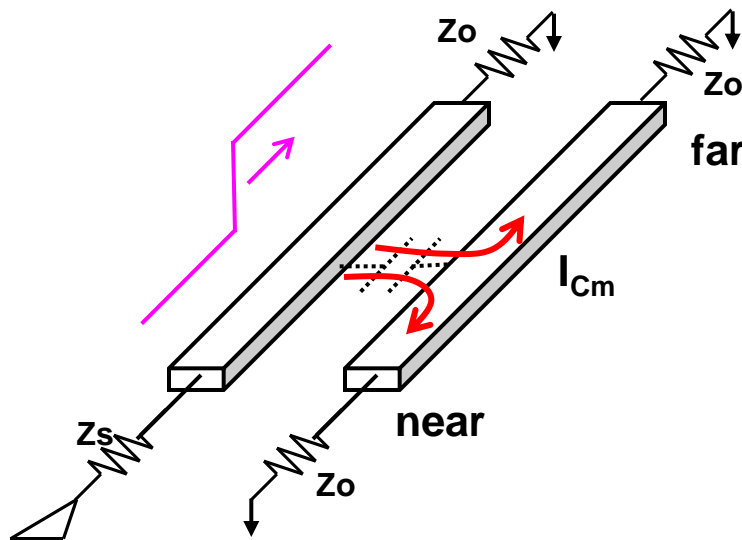
$$R_L \cong Z_0$$

- Se utilizează pentru adaptarea traseelor de tact
- Decuplează rezistența R_L în regim staționar (reduce consumul de curent, nu decalează nivelurile logice)
- Constanta de timp $R_L \cdot C$ trebuie aleasă mult mai mare decât perioada semnalului de tact pentru menținerea C încărcat la $\frac{1}{2}$ amplitudine

3. Diafonia (cuplajul în câmp apropiat)

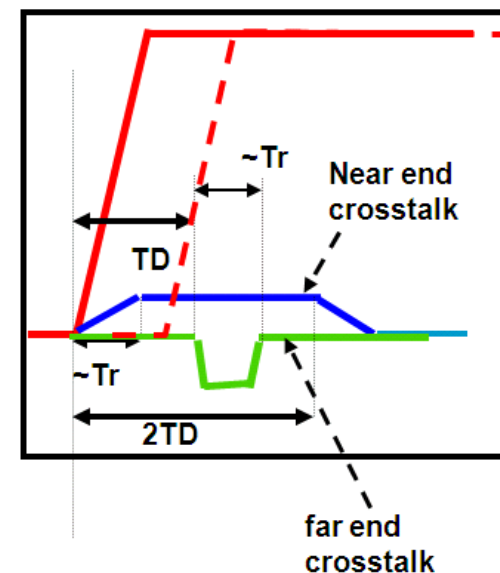
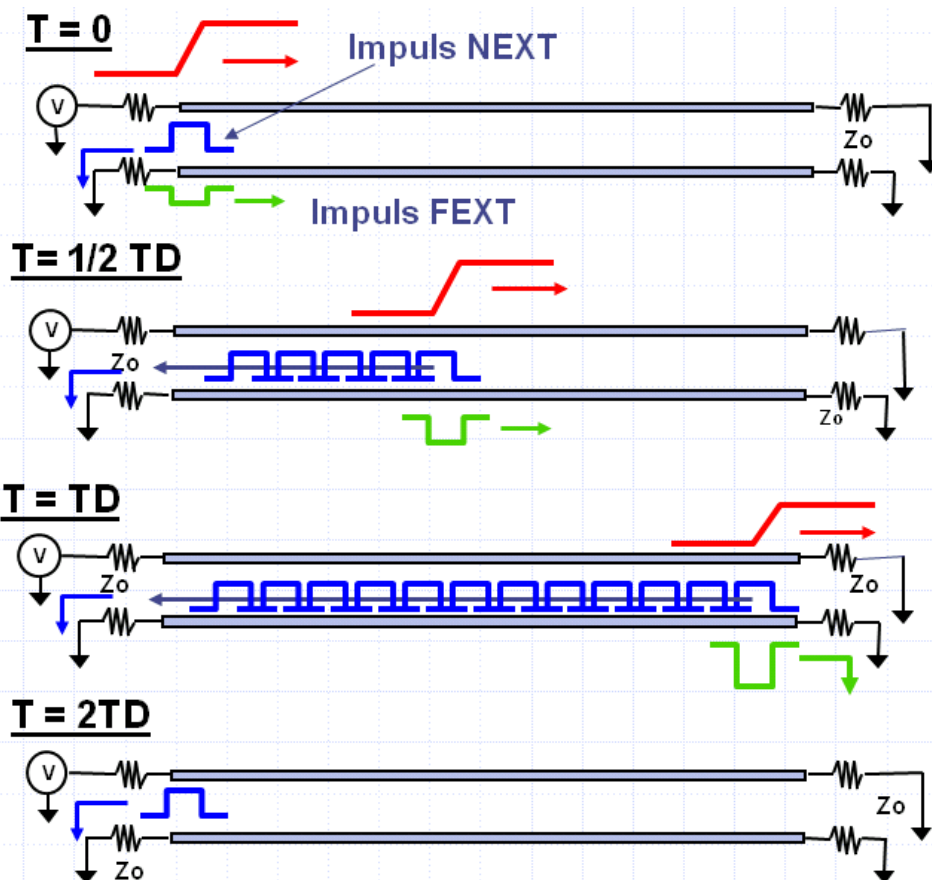
$$I_{Cm} = C_m \frac{dV}{dt}$$

$$V_{Lm} = L_m \frac{dI}{dt} \Rightarrow I_{Lm} = \frac{L_m}{Z_o} \cdot \frac{dI}{dt}$$



$$I_{near} = I_{Cm} + I_{Lm}$$

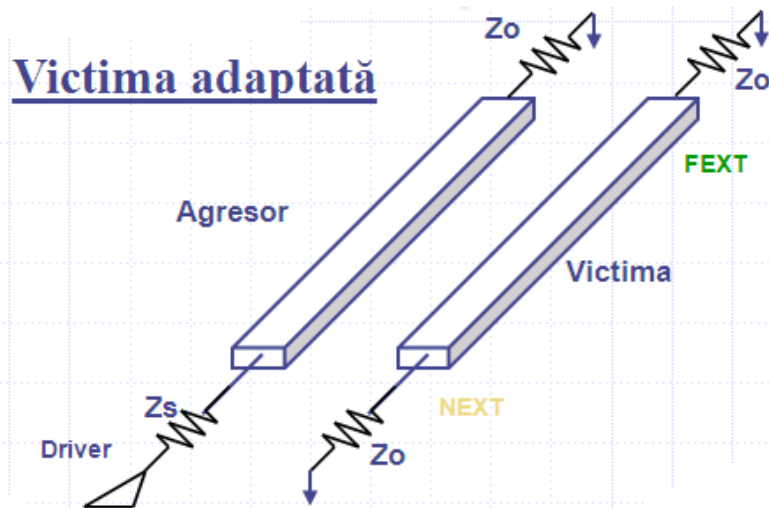
$$I_{far} = I_{Cm} - I_{Lm}$$



| | NEXT | FEXT |
|--------------------|--|--|
| Amplitudine | Independentă de lungimea zonei de cuplaj, crește cu amplitudinea agresorului | Crește cu lungimea zonei de cuplaj și amplitudinea agresorului, scade cu timpul de creștere al agresorului |
| Polaritate | Aceeași cu a agresorului | <ul style="list-style-type: none"> • Aceeași cu a agresorului pentru cuplaj predominant capacitiv • Opusă celei a agresorului pentru cuplaj predominant inductiv • Nulă dacă $L_{12} = C_{12} \cdot Z_0^2$ |
| Durată | 2 · timpul de propagare | Timpul de creștere al agresorului |

4. Estimarea diafoniei

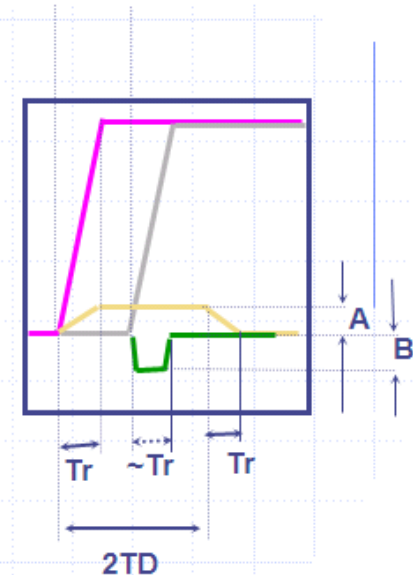
- Soluții analitice: rapide, aproximative (~ 10%)
- Soluții numerice: necesită modelare și un simulator de câmpuri electromagnetice (*field solver*), însă acuratețea rezultatelor este considerabil îmbunătățită (~ 0,1 %)



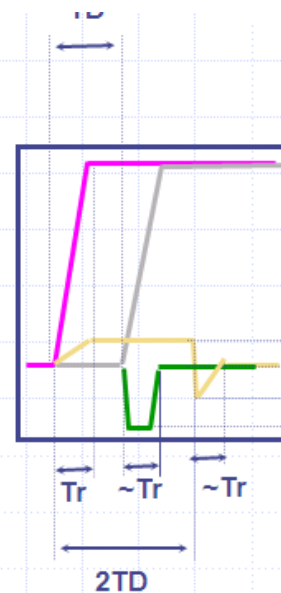
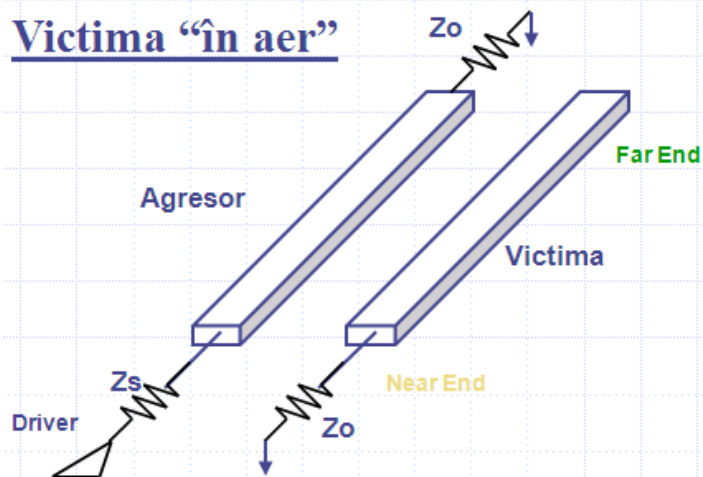
$$A = \frac{V_{input}}{4} \left[\frac{L_M}{L} + \frac{C_M}{C} \right]$$

$$TD = X\sqrt{LC}$$

$$B = -\frac{V_{input}X\sqrt{LC}}{2T_r} \left[\frac{L_M}{L} - \frac{C_M}{C} \right]$$



Victima "în aer"

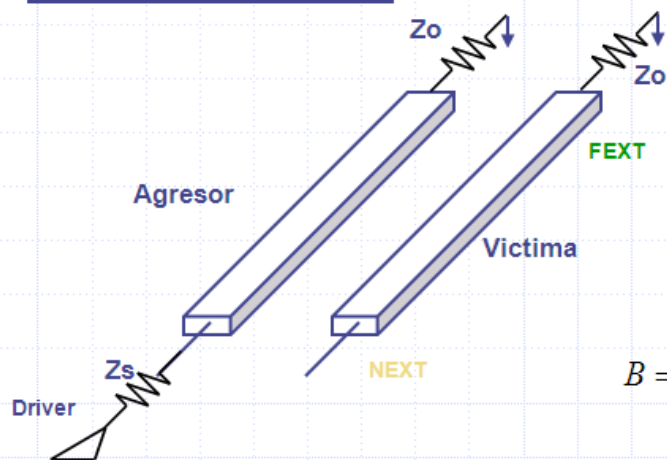


$$A = \frac{V_{input}}{4} \left[\frac{L_M}{L} + \frac{C_M}{C} \right]$$

$$B = \frac{1}{2} C$$

$$C = -\frac{V_{input} X \sqrt{LC}}{T_r} \left[\frac{L_M}{L} - \frac{C_M}{C} \right]$$

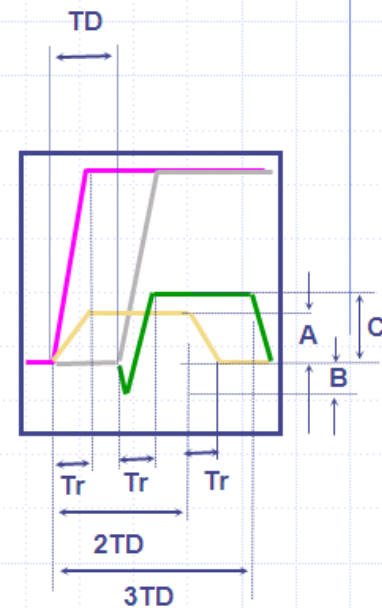
Victima fără driver



$$A = \frac{V_{input}}{2} \left[\frac{L_M}{L} + \frac{C_M}{C} \right]$$

$$C = \frac{V_{input}}{4} \left[\frac{L_M}{L} - \frac{C_M}{C} \right]$$

$$B = -\frac{V_{input} X \sqrt{LC}}{2T_r} \left[\frac{L_M}{L} - \frac{C_M}{C} \right]$$



5. Soluții de reducere a diafoniei

- **Adaptarea liniilor de transmisiune**
- **Distanțarea traseelor (reducerea cuplajului)**
- **Reducerea timpului de propagare (a lungimii traseelor) în comparație cu timpul de creștere al semnalului agresor**
- **Defazarea semnalelor (propagare în sensuri opuse)**
- **Alăturarea traseelor ce conduc semnale ce comută sincron (imunitate mai ridicată la diafonie)**
- **Utilizarea de trasee de gardă conectate în ambele capete la masă, dispuse între traseele de semnal (la frecvențe joase)**
- **Alocarea conexiunilor la nivelurile de interconectare și plasarea componentelor sunt esențiale**