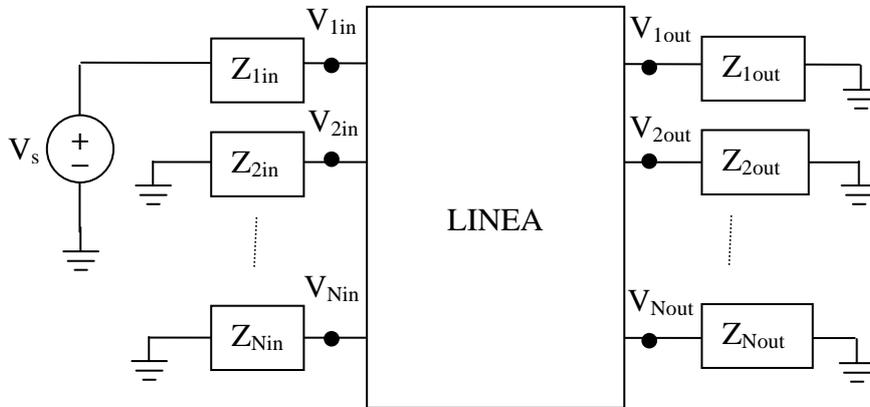


### Esercitazione 4. Modelli per la stima del rumore di crosstalk

La figura seguente rappresenta la forma generale di un circuito per la valutazione del crosstalk.



**RUMORE NEXT:**

$$\left( \frac{V_{kin}}{V_s} \right) \quad k = 2, \dots, N$$

**RUMORE FEXT:**

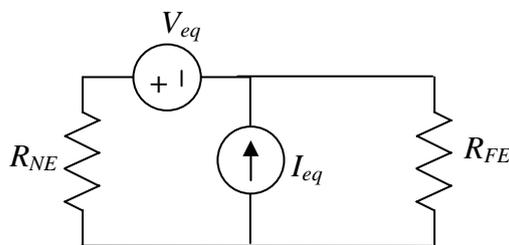
$$\left( \frac{V_{kout}}{V_s} \right) \quad k = 2, \dots, N$$

#### Punto A: Implementazione del modello semplificato per N=2 e linee corte

Si faccia riferimento al caso semplice con N=2, assumendo carichi resistivi:

$$Z_{1in} = R_{lin}; Z_{1out} = R_{1out}; Z_{2in} = R_{NE}; Z_{2out} = R_{FE}$$

Nell'ipotesi che la linea sia elettricamente, dette  $L'_m$  e  $C'_m$  la mutua induttanza e la mutua capacità per unità di lunghezza e detta  $len$  la lunghezza della linea, per l'analisi del rumore può essere utilizzato il modello semplificato nella figura seguente:



$$V_{eq}(\omega) = j\omega L'_m len \frac{V_s(\omega)}{R_{lin} + R_{1out}}$$

$$I_{eq}(\omega) = j\omega C'_m len \frac{R_{lin}}{R_{lin} + R_{1out}} V_s(\omega)$$

1. Realizzare una function Matlab che implementi il suddetto modello, assumendo il seguente protocollo input-output:

|        |  |
|--------|--|
| INPUT  | $R_{lin}, R_{1out}, R_{ne}, R_{FE}, len, C'_m, L'_m, f$ (asse delle frequenze) |
| OUTPUT | NEXT e FEXT (in dBu) e relativi grafici in frequenza                           |

2. Utilizzando la suddetta function, studiare nel range di frequenza [0-1 GHz] i seguenti casi:

|        |  |
|--------|--|
| CASO 1 | $R_{lin} = R_{1out} = R_{NE} = R_{FE} = 50 \Omega; len = 10cm; C'_m = -4.9 pF / m; L'_m = 63.3 nH / m$ |
| CASO 2 | Stessi dati di prima, con $R_{1out} = 5 \Omega$  |
| CASO 3 | Stessi dati di prima, con $R_{1out} = 5 k\Omega$   |

**Punto B: Implementazione del modello generale**

Si faccia riferimento al problema generale. La linea viene descritta con un modello a linea di trasmissione di cui si conoscono le matrici di impedenza  $Z(\omega)$  e di ammettenza  $Y(\omega)$  per unità di lunghezza, da cui si ricavano le matrici di impedenza caratteristica  $Z_c(\omega)$  e di propagazione  $k(\omega)$ :

$$Z_c(\omega) = Y^{-1}(\omega)\sqrt{Z(\omega)Y(\omega)} \qquad k(\omega) = \sqrt{Z(\omega)Y(\omega)}$$

A partire da tali parametri è possibile ricavare la rappresentazione in termini di matrice di trasmissione o quella in termini di matrice di impedenza:

$$\begin{aligned} T_{11}(\omega) &= \cosh(k(\omega) \cdot l) & Z_{11}(\omega) &= Z_{22}(\omega) = -T_{11}(\omega)T_{21}^{-1}(\omega) \\ T_{12}(\omega) &= -\sinh(k(\omega) \cdot l)Z_c(\omega) & Z_{12}(\omega) &= Z_{21}(\omega) = -T_{21}^{-1}(\omega) \\ T_{21}(\omega) &= -Z_c^{-1}(\omega)\sinh(k(\omega) \cdot l) \\ T_{22}(\omega) &= Y(\omega)\cosh(k(\omega) \cdot l)Y^{-1}(\omega) \end{aligned}$$

1. Realizzare una function Matlab che implementi il suddetto modello, assumendo il seguente protocollo input-output:

|        |   |
|--------|---|
| INPUT  | $Z_{in}(\omega); Z_{out}(\omega); Z(\omega); Y(\omega); len \ f$ (asse delle frequenze) |
| OUTPUT | NEXT, FEXT (in dBu) e relativi grafici in frequenza                                     |

2. Utilizzando la suddetta function, riprodurre il Caso 1 del Punto A, assumendo che la linea sia ideale e sia descritta dalle matrici

$$L = \begin{bmatrix} 494.6 & 63.3 \\ 63.3 & 494.6 \end{bmatrix} \text{ nH/m}, \quad C = \begin{bmatrix} 62.8 & -4.9 \\ -4.9 & 62.8 \end{bmatrix} \text{ pF/m} .$$

Verificare fino a che frequenza massima il modello semplificato del Punto A è in grado di riprodurre i risultati del modello generale, assumendo un errore massimo tollerabile del 5 %.

3. Utilizzando la suddetta function, analizzare il seguente caso relativo ad una linea a N=3 conduttori di lunghezza  $len=1\text{m}$  e assumendo le impedenze  $Z_{k1in} = Z_{kout} = 50 \Omega, k = 1,2,3$ . Valutare il rumore FEXT sulle linee out2 e out3, nel range [0 -1 GHz].

|                    |  |   |
|--------------------|--|---|
| Parametri<br>linea | $G = 0.59 \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} [mS]/[m]$                          | $R = 41.67 \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} [\Omega]/[m]$                        |
|                    | $L = \begin{vmatrix} 2.42 & 0.69 & 0.64 \\ 0.69 & 2.36 & 0.69 \\ 0.64 & 0.69 & 2.42 \end{vmatrix} [\mu H]/[m]$ | $C = \begin{vmatrix} 21.0 & -12.3 & -4.01 \\ -12.3 & 26.2 & -12.3 \\ -4.01 & -12.3 & 21.0 \end{vmatrix} [pF]/[m]$ |

Ripetere l'analisi, assumendo ora che le impedenze  $Z_{kout}, k = 1,2,3$ , siano condensatori di capacità  $C = 1 \text{ pF}$ .