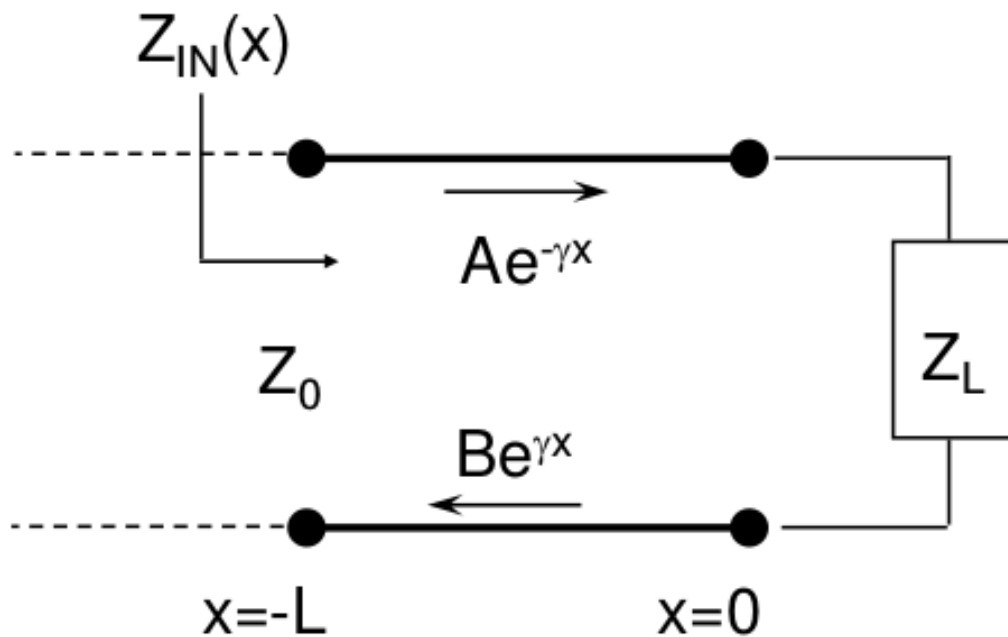


## 1 Linhas e Transmissão

Métrica da linha	Expressão	Simplificação
Onda de tensão	$V(x) = Ae^{-\gamma x} + Be^{\gamma x}$	
Onda de corrente	$I(x) = \frac{A}{Z_0}e^{-\gamma x} + \frac{B}{Z_0}e^{\gamma x}$	
Impedância característica	$Z_0 = \sqrt{\frac{R+j\omega L}{G+j\omega C}}$	$R = 0, G = 0 \Rightarrow Z_0 = \frac{L}{C}$
Constante de propagação	$\gamma = \alpha + j\beta$	
Coefficiente de ...	$\Gamma = \frac{Be^{j\gamma x}}{Ae^{-\gamma x}} = \frac{B}{A}e^{2\gamma x}$	$\Gamma(x) = \Gamma_0 e^{2\gamma x} = \Gamma(0)e^{2\gamma x}$
Impedância de entrada	$Z_{IN}(x) = \frac{V(x)}{I(x)} = Z_0 \frac{e^{\gamma x} + \Gamma_0 e^{-\gamma x}}{e^{\gamma x} - \Gamma_0 e^{-\gamma x}}$	$Z_{IN}(0) = Z_L = Z_0 \frac{1 + \Gamma_0}{1 - \Gamma_0}$
Coefficiente de ...	$\Gamma_0 = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$	



**Figure 1:** Linha de Transmissão

Em grande parte da cadeira vamos assumir que não existe atenuação

Exemplos de linhas de transmissão:

- 
- Bifilar
  - Coplanar
  - Coaxial
  - Microstrip

## 2 Microondas

- frequência(f):  $1 \text{ GHz} \approx 300 \text{ GHz}$
- comprimento de onda( $\lambda$ ):  $30 \text{ cm} \approx 1 \text{ mm}$

## 3 Radiofrequência (RF)

- Em RF usam-se fontes de potência
- Se tiver uma fonte de tensão, determino a potência pela resistência interna da fonte
- Os cabos não são meros fios de ligação:
  - possuem uma determinada resistividade  $\Rightarrow$  resistência parasita
  - Sofrem de efeito indutivo
  - e efeito capacitivo
  - Também é preciso ter em consideração a ruptura do dielétrico
  - Os circuitos têm **sempre** de ser vistos como **modelos de elementos distribuídos**
  - OS parâmetros passam a ser distribuídos pela linha
    - \* R/m
    - \* C/m
    - \* L/m
    - \* G/m

Valores típicos de linhas  $Z_0$ :

- $75\Omega$  - antenas de televisão
- $50\Omega$  - material de laboratório

A impedância característica do ar é  $Z_{0_{ar}} = 120\pi$

## 4 Efeito Pelicular

À medida que a frequência aumenta a zona do metal onde se propaga a corrente diminui. Este fenómeno ocorre devido ao efeito de autoindução do metal, no qual o campo magnético no seu interior se

---

cancela, aumentando, fazendo que a onda de corrente circule preferencialmente na periferia, criando uma distribuição não-uniforme da densidade de corrente ao longo do condutor

$$\delta = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho}{f\mu_r}}$$

Para evitar, devo libertar dos elementos discretos sempre que possível. Limites:

- Resistências *through hole*: 10 MHz máx
- Resistências SMD 1 GHz máx
  - 0.8, 0.5
  - 0.6, 0.3

## 5 Componentes Passivos a altas frequências

### 5.1 Resistências

- Deixam de seguir a lei de Ohm
- Possuem condensadores em paralelo e bobines em série para representar as indutâncias e capacidades parasitas resultantes da sua construção

### 5.2 Bobines

- O modelo equivalente é uma bobine com uma resistência em série, em paralelo com um condensador
- Para uma dada frequência o circuito RLC formado com a indutância e capacidade parasita possui um máximo  $\Rightarrow$  **frequência de ressonância**

$$f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

- Onde L é dado por:

$$L = \frac{r^2 n^2}{22.9l + 25.4r} (\mu H)$$

- e onde:

- \*  $r$ : raio da bobine (cm)
- \*  $l$ : comprimento da bobine (cm)
- \*  $n$ : número de voltas da bobine

- O fator de qualidade do filtro produzido pode ser dado por  $Q = \frac{X_L}{R} = \frac{2\pi f_R L}{R} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$ , onde  $X_L$  é a reatância do condensador

- 
- Para frequências superiores à frequência de ressonância, a capacidade parasita domina e a bobine passa a ter comportamento capacitivo

### 5.3 Condensadores

- Para altas frequências, um condensador pode ser descrito por um circuito RLC série.
- A frequência de ressonância é dada por:

$$f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

- Onde a capacidade de um condensador de placas paralelas é dada por:

$$C = \frac{\epsilon_{dielectric} A}{d}$$

- $A$ : área da superfície sobreposta
- $d$ : distância entre as placas
- O fator de qualidade do filtro produzido pode ser dado por  $Q = \frac{X_C}{R} = \frac{1}{2\pi f_R R C} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$ , onde  $X_C$  é a reatância do condensador
- Para frequências superiores à frequência de ressonância, a indutância parasita domina e o condensador passa a ter comportamento indutivo