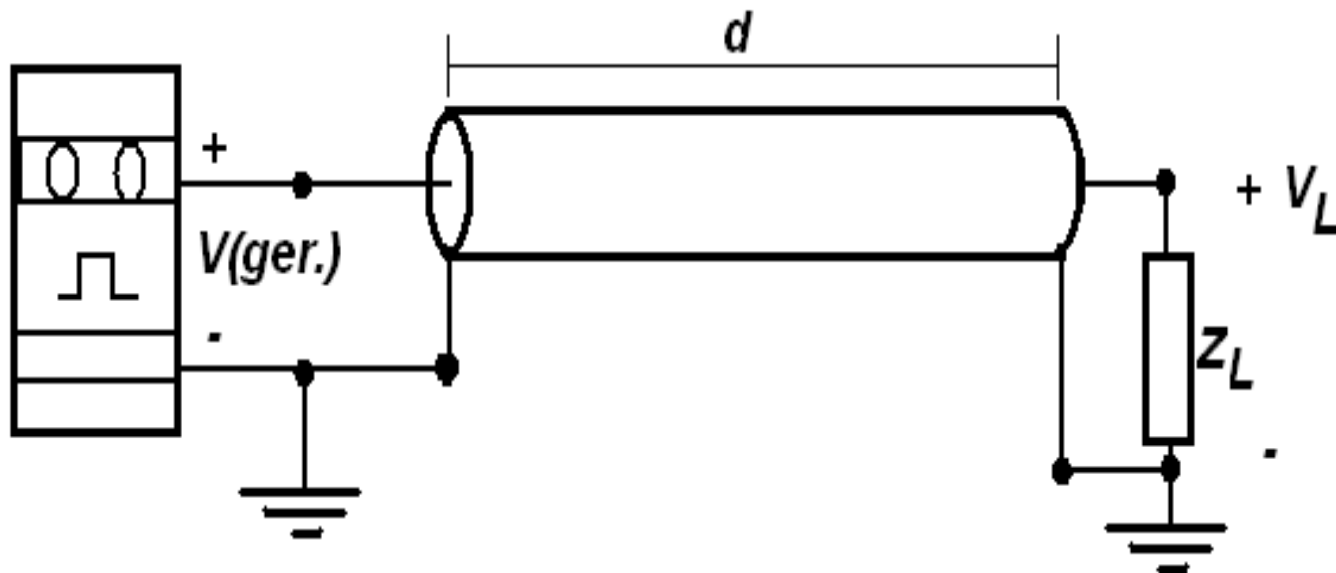


**F540 C**

Linhas de Transmissão

# Gerador de sinais, linha de transmissão e carga.

A conexão entre um transmissor de sinais elétricos e um receptor se faz por uma linha de transmissão ou por ar. Como exemplo de linha de transmissão de sinais, usaremos o cabo coaxial.



# A onda eletromagnética

<https://www.youtube.com/watch?v=ozeYaikl11g>

# Propagação de sinais

Um pulso elétrico é aplicado a uma linha de transmissão, alinhada com o eixo  $x$ . O sinal propaga-se como uma onda eletromagnética na direção positiva do eixo  $x$  conforme Eq.7. (figura 2).

$$V_+ = F(\omega t - kx) \quad (7)$$

A amplitude da tensão  $V_+$  é uma função  $F$  do tempo,  $t$ , e do espaço percorrido,  $x$ , através das constantes  $\omega$  ( $s^{-1}$ ) e  $k$  ( $m^{-1}$ ). O pico da onda (amplitude e fase constante) ocorre em uma fase:  $(\omega t - kx) = \text{constante}$ . Portanto, propaga-se para a direita com a velocidade:

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{\omega}{k} \quad (8)$$

A velocidade é determinada pela geometria da linha (fios paralelos, barras paralelas, cabo coaxial, etc) e pelo material dielétrico entre os condutores. A máxima velocidade é  $c = 3 \times 10^8$  m/s, a velocidade da luz. A corrente  $I_+$  também é uma  $f(x,t)$  cujo valor depende da razão entre a tensão  $V_+$  e a impedância característica do cabo,  $Z_0$ :

$$I_+ = \frac{V_+}{Z_0} \quad (9)$$

Se uma parte do sinal de tensão for refletido no final da linha conectada a uma carga  $Z_L$  a onda refletida será:

$$V_- = F(\omega t + kx) \quad (10).$$

A correspondente onda de corrente refletida,  $I_-$ , será dada por:

$$I_- = -\frac{V_-}{Z_0} \quad (11)$$

O sinal é negativo na Eq. 11 porque o sentido da corrente  $I_-$  é oposto ao da corrente  $I_+$ .

Na carga  $Z_L$  teremos a soma das ondas incidente e refletida:

$$V = V_+ + V_- \quad (12)$$

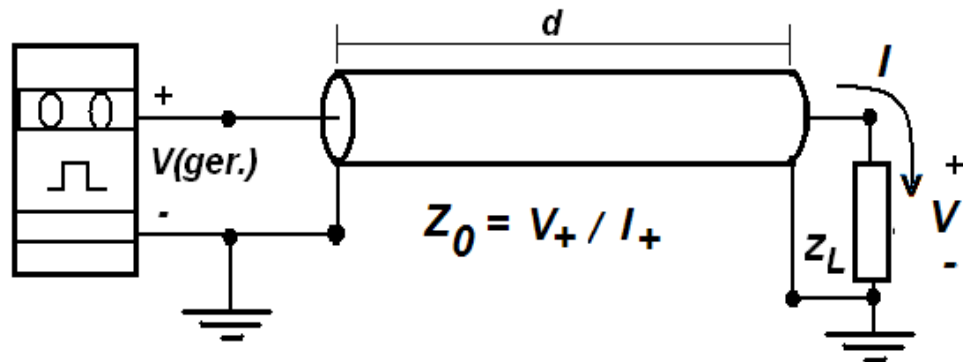
$$I = I_+ + I_- \quad (13)$$

A impedância de carga  $Z_L$  é igual à relação entre os dois parâmetros,  $V$  e  $I$ , Fig.2:

$$Z_L = \frac{V}{I} = \frac{V_+ + V_-}{I_+ + I_-} \quad (14)$$

Usando as Eqs. 12, 13, 14 deduzimos o coeficiente de reflexão,  $\rho$ , razão entre a onda de tensão refletida pela carga e a tensão incidente:

**Figura 2.** LT de comprimento  $d$  conectada a um gerador de ondas quadradas e a uma carga  $Z_L$ .



# Reflexão e Transmissão

Usando as Eqs. 12, 13, 14 deduzimos o coeficiente de reflexão,  $\rho$ , razão entre a onda de tensão refletida pela carga e a tensão incidente:

$$\rho = \frac{V_-}{V_+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (15)$$

Também podemos calcular o coeficiente de transmissão,  $\tau$ , razão entre a tensão transmitida à carga  $Z_L$ ,  $V$ , e a onda de tensão incidente  $V_+$ :

$$\tau = \frac{V}{V_+} = \frac{2Z_L}{Z_L + Z_0} \quad (16)$$

Observe que  $\tau = 1 - \rho$ .

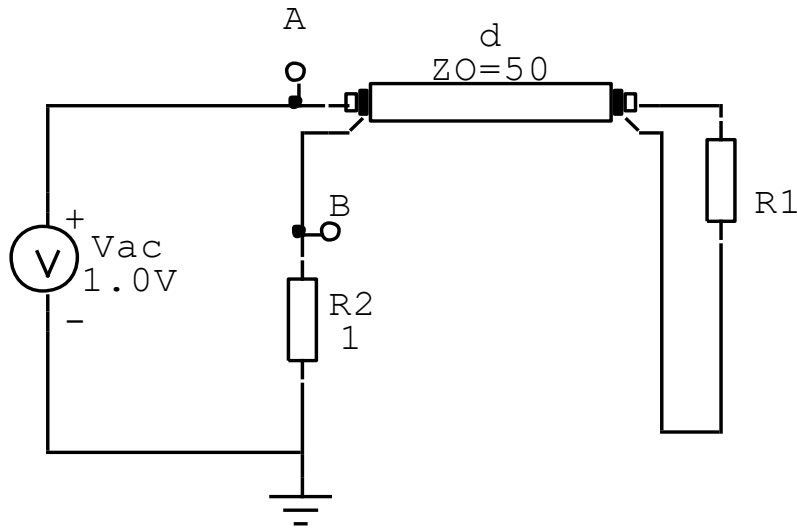
# Corrente alternada regime permanente e linhas de transmissão.

Considerando uma LT conectada a uma fonte de tensão alternada e a uma carga. Esta terá uma impedância de entrada de:

$$Z_i = Z_0 \frac{Z_R + jZ_0 \tan \beta d}{Z_0 - jZ_R \tan \beta d} \quad (17)$$

Na eq. (17),  $Z_R$  é a impedância de carga.  $\beta = 2\pi/\lambda$  é denominado constante de fase. A figura mostra a LT acoplada a uma carga  $Z_R=R_1$ .





Se  $R_1=0$ , teremos :  $Z_i = Z_0 \frac{0+jZ_0 \tan \beta d}{Z_0-j0 \tan \beta d} = jZ_0 \tan \beta d$  (18)

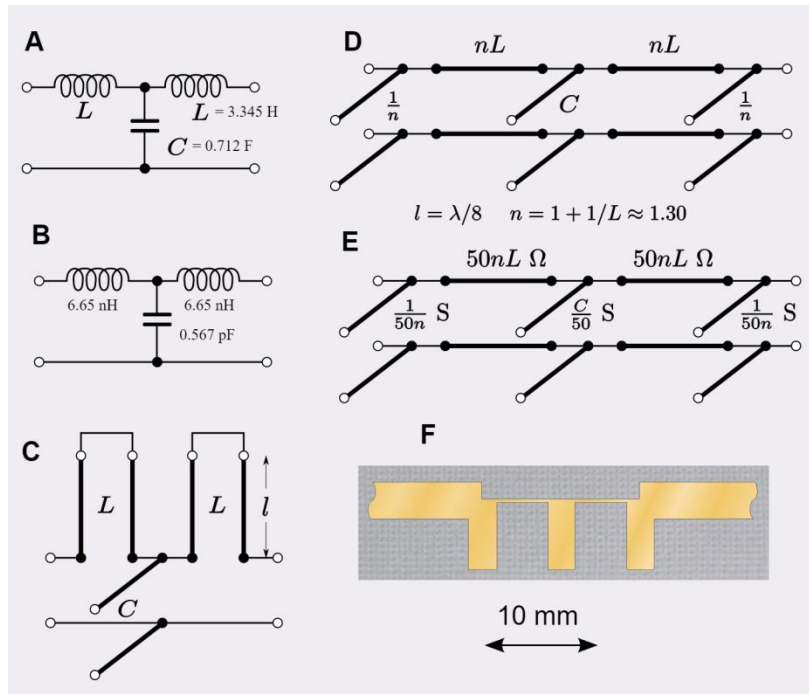
Se  $R_1=\infty$ , teremos:  $Z_i = Z_0 \frac{1}{-j \tan \beta d} = -jZ_0 \cot \beta d$  (19)

Observe então que controlando o comprimento  $d$  da linha, pode-se fazer a mesma funcionar como indutor ou como capacitor.

Para ilustrar, um capacitor de valor  $C$  para uma linha em curto, teria o comprimento

$$d = -\frac{1}{\beta} \tan^{-1} \frac{1}{\omega C Z_0} \quad (20)$$

Para altas frequências, micro-ondas [0.3GHz (1m), 300GHz (1mm)] e UHF (0,3GH a 3GHz): rádio, transceptores, “bluetooth” e redes “wireless”, os elementos de circuitos reativos podem ser feitos com LT curto-circuitadas ou não. Esses elementos são chamados de “Stubs”.



# 50 Ohms

R-BX050

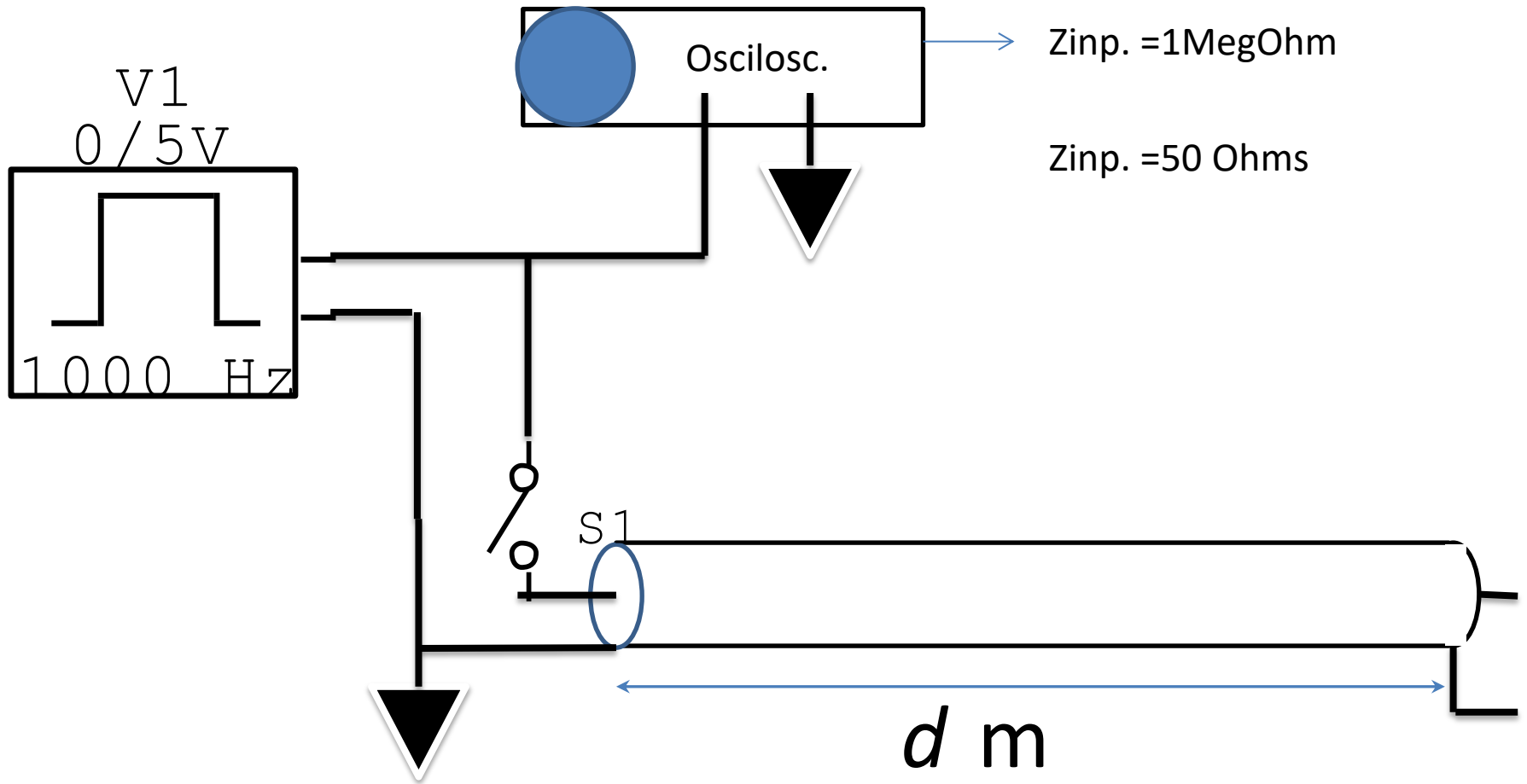


# The installation of BNC connector onto a coaxial cable

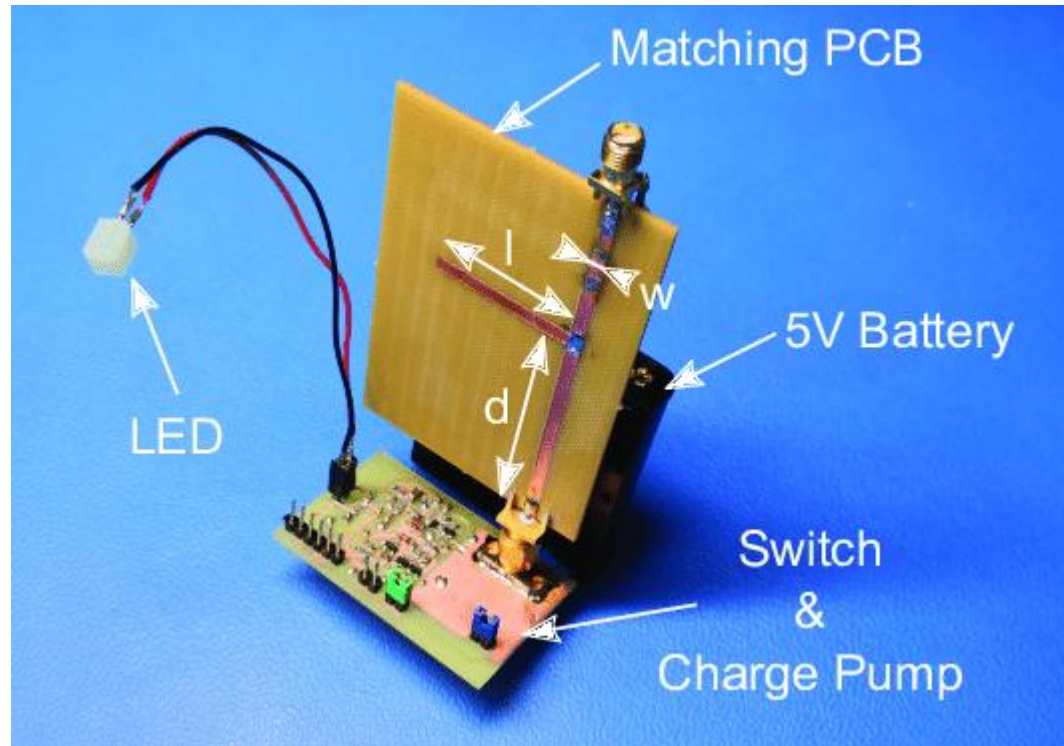
<https://www.youtube.com/watch?v=y8pdWttAVmE>



# Laboratorio



[https://www.youtube.com/watch?v=Il\\_eju4D\\_TM](https://www.youtube.com/watch?v=Il_eju4D_TM)



End