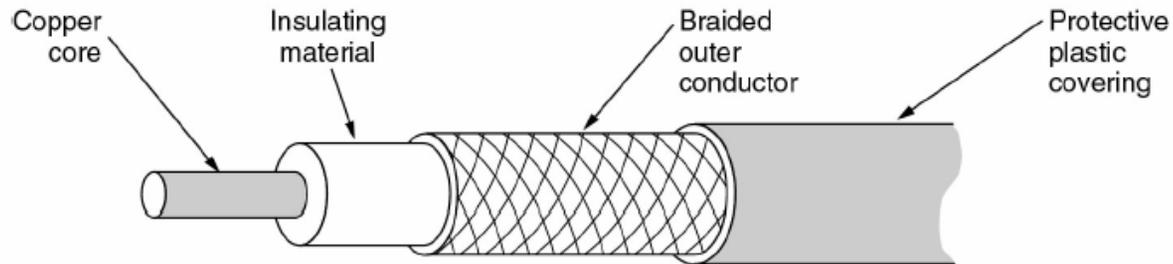


TRAMMISSIONE su linea metallica a RF



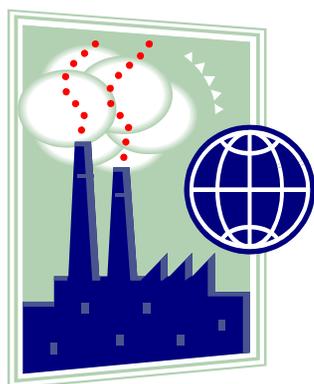
Cavo coassiale

Category 3 UTP (16 MHz)

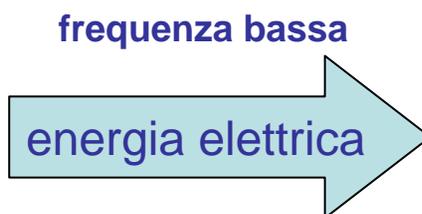


Doppino - Twisted Pair





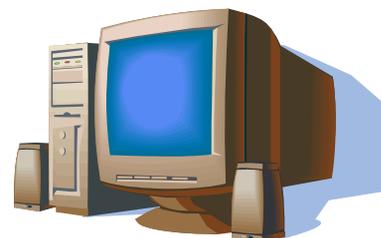
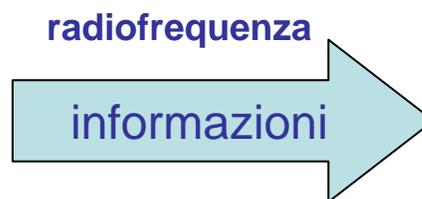
centrali



utenze



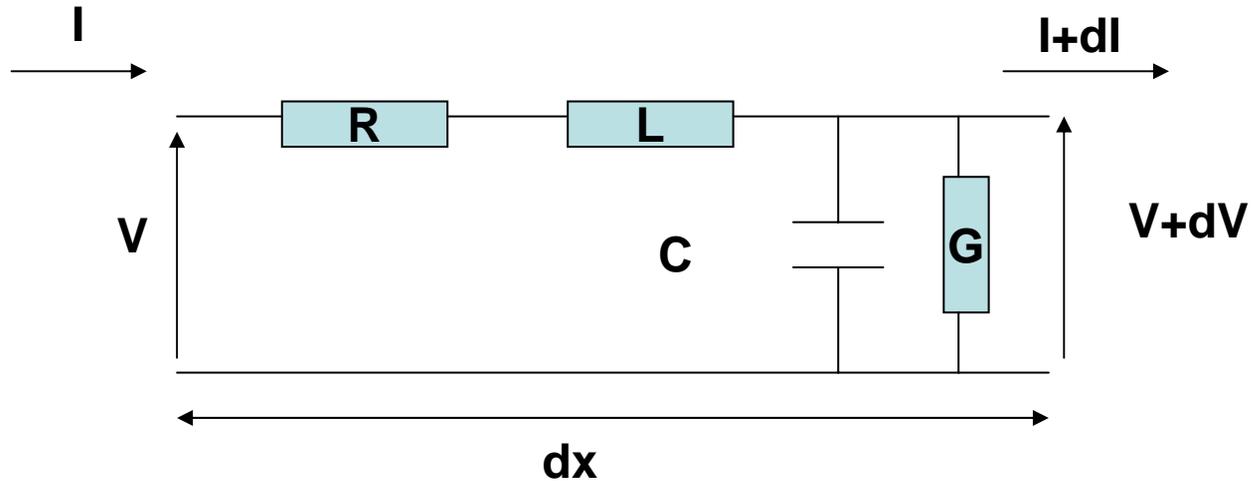
utente 1



utente 2



Modello elettrico: equazioni dei
TELEGRAFISTI E DEI TELEFONISTI



R, L, G, C



**distribuite uniformemente lungo le linee
costanti primarie delle linee**

$$\frac{dV}{dx} = -(R + j\omega L)I$$

$$\frac{dI}{dx} = -(G + j\omega C)V$$

soluzioni delle equazioni dei telefonisti e dei telegrafisti sono:

$$V(x) = A \cdot e^{-\gamma x} + B \cdot e^{\gamma x} \qquad I(x) = \frac{A}{Z_0} \cdot e^{-\gamma x} - \frac{B}{Z_0} \cdot e^{\gamma x}$$

Onda incidente Onda riflessa

- γ assume il nome di **costante di propagazione**

$$\gamma = \sqrt{(R + j\omega L) \cdot (G + j\omega C)}$$

- Z_0 assume il nome di **impedenza caratteristica**

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$$

γ e Z_0  **costanti secondarie delle linee**



γ - costante di propagazione

- $\gamma = \alpha + j\beta$ è un numero complesso
- α è la parte reale, indica di quanto si attenua il segnale ogni metro che avanza e si misura in Neper /metro ed è la **costante di attenuazione**,
- β invece è la parte immaginaria ed indica di quanto ruota la fase del segnale ogni metro che avanza e si misura quindi in radianti/ metro ed è la **costante di rotazione**
- Poiché la fase avanza di 2π radianti per ogni lunghezza d'onda λ che avanza, essa risulta:

$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (\text{radianti/metro})$$



VELOCITA' DI PROPAGAZIONE

- La velocità con cui si propagano queste onde è data da:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f$$

- moltiplicando numeratore e denominatore per 2π e ricordando che $\omega=2\pi f$ si ha: $\beta = \frac{2\pi}{\lambda}$

$$v = \lambda f = \frac{2\pi f \lambda}{2\pi} = \frac{2\pi f}{\frac{2\pi}{\lambda}} = \frac{\omega}{\beta}$$

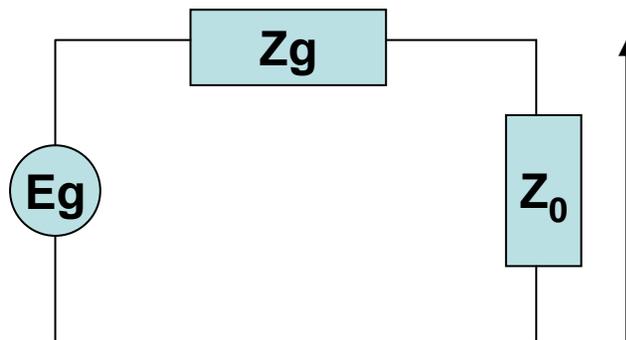
- v è la **velocità di fase** poiché rappresenta la velocità con cui un osservatore deve spostarsi lungo la linea per vedere sempre la stessa fase dell'onda



Valore di A

Nel caso di linea infinita, il generatore trasmette le due sole onde incidenti di tensione e di corrente che stanno tra loro nel rapporto Z_0 .

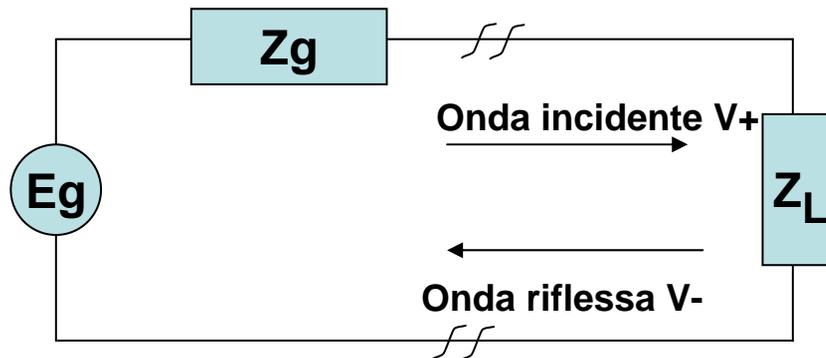
Il generatore quindi vede come suo carico immediato, nell'attesa di un'eventuale onda riflessa, un'impedenza uguale a Z_0 per cui lo schema equivalente cui fare riferimento nel caso del transitorio iniziale, per determinare A è il seguente:



$$A = \frac{E_g}{Z_g + Z_0} \cdot Z_0$$

ONDE STAZIONARIE

- Se la linea non è infinita, ma è chiusa su di un carico qualunque Z_L , il segnale al termine della linea, subisce una riflessione in corrispondenza del carico.



- Si verifica un regime di onde stazionarie dovuto al sovrapporsi di due segnali, quello diretto, e quello riflesso che si propagano in versi opposti. Si generano dei
 - ✓ **Ventri**: le onde incidenti e le onde riflesse si incontrano restando sempre in fase ed ivi la tensione totale è massima
 - ✓ **Nodi**: le due onde si vengono a incontrare sempre in opposizione di fase determinando dei minimi di tensione



COEFFICIENTE DI RIFLESSIONE Γ

- La tensione $V(x)$ e la corrente $I(x)$ lungo la linea misurate a partire dal carico, risultano

$$V(x) = V_L^+ \cdot e^{\gamma d} + V_L^- \cdot e^{-\gamma d} \qquad I(x) = \frac{V_L^+}{Z_0} \cdot e^{\gamma d} - \frac{V_L^-}{Z_0} \cdot e^{-\gamma d}$$

- Queste due grandezze risultano correlate dal **coefficiente di riflessione Γ** :

$$\Gamma = \frac{V_L^-}{V_L^+} \qquad 0 < |\Gamma| < 1$$

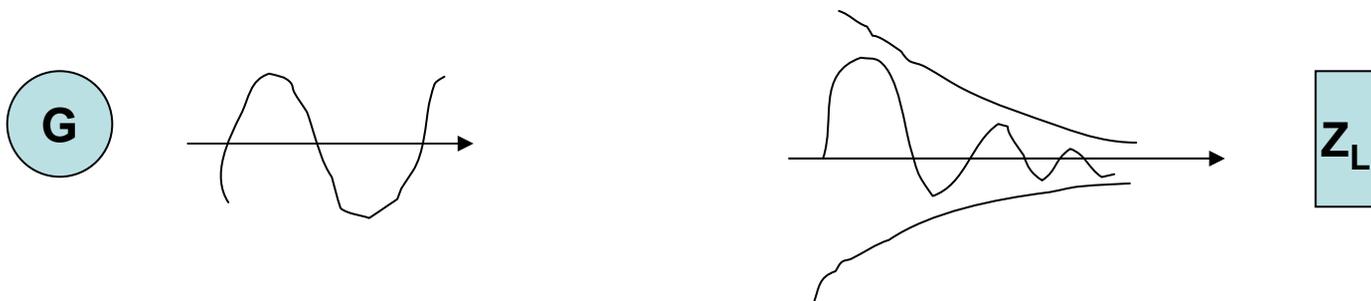
- In generale Γ un numero complesso
- ✓ Γ è funzione dell'impedenza di carico Z_L e dell'impedenza caratteristica della linea Z_0 secondo l'espressione:



ADATTAMENTO DI IMPEDENZA

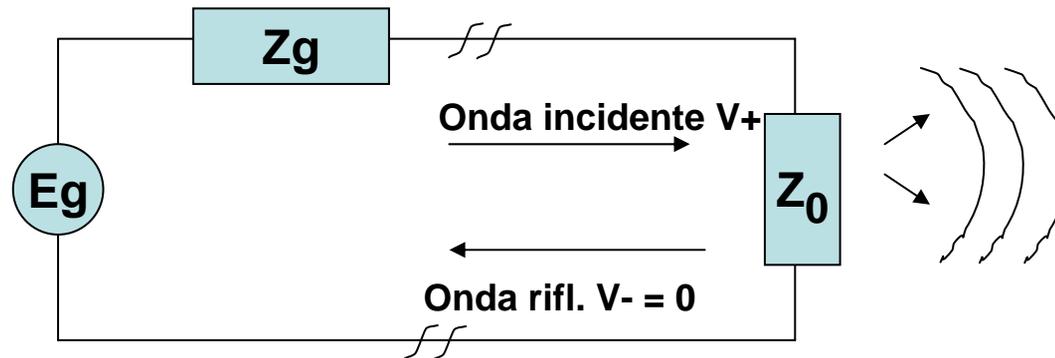
$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

- Con $Z_L = Z_0$, il coefficiente di riflessione Γ è nullo e non si hanno onde riflesse $V^- = 0$
- L'onda progressiva, nelle linee senza perdite è una senoide, mentre nelle linee con perdite è una senoide smorzata che si propaga a velocità prossima a quella della luce dal generatore verso il carico



REGIME PROGRESSIVO

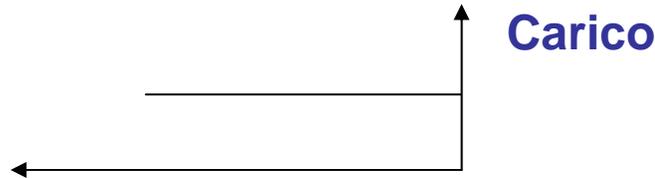
- Quando il carico è adattato, cioè quando l'impedenza del carico coincide con l'impedenza caratteristica della linea, allora la riflessione non si verifica e la linea funziona a regime progressivo e non più stazionario.



- Le onde emesse dal generatore non tornano più verso di esso perché vengono assorbite dal carico ove si trasformano in energia di altra forma, ad es. vengono irradiate nello spazio sotto forma di onde elettromagnetiche se il carico è un'antenna.

ROS

- L'onda stazionaria, nelle linee senza perdite invece non si propaga, ma è una curva che fornisce i valori massimi della tensione nei vari punti della linea, e quindi è fissa come posizione



- Il rapporto fra il valore massimo ed il valore minimo della tensione di un'onda stazionaria si chiama ROS

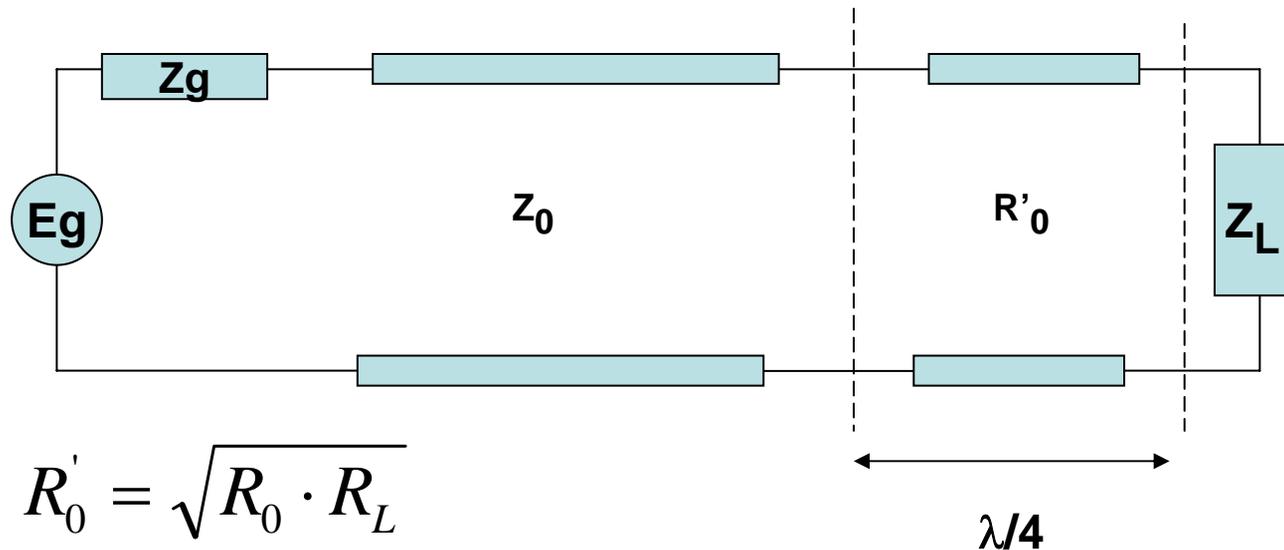
$$ROS = \frac{V_{MAX}}{V_{MIN}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad |\Gamma| = \frac{ROS - 1}{ROS + 1}$$

- $ROS=1$ se $Z_0=Z_L$
- $ROS=\infty$ se la linea è c.a. o in c.c. o $Z_L = Z(j\omega)$



ADATTAMENTO DELLE LINEE

- Il disadattamento di una linea a radiofrequenza può comportare parecchi inconvenienti
- Si può adattare un carico di tipo resistivo ad una linea inserendo un breve tratto di linea a $\lambda/4$



BIBLIOGRAFIA

- TOMASSINI – CORSO DI TELECOMUNICAZIONI – ED. THECNA
- AMBROSINI LORENZI – CORSO DI ELETTRONICA SPERIMENTALE
L'Elettronica e le Telecomunicazioni – ED. TRAMONTANA
- BIONDO SACCHI – IL MANUALE di ELETTRONICA e
TELECOMUNICAZIONI – ED. HOEPLI
- BUFFA – www.tuttoilmondodelletelecomunicazioni.it