LINEE DI TRASMISSIONE

$$\frac{dV(z)}{dz} = - \tilde{Z}_s \, I(z)$$

$$\frac{dI(z)}{dz} = - \tilde{Y}_p \, V(z)$$

EQUAZIONI DEI TELEGRAFISTI

$\tilde{Z}_s$ IMPEDENZA SERIE PER UNITÀ DI LUNGHEZZA Ω/m

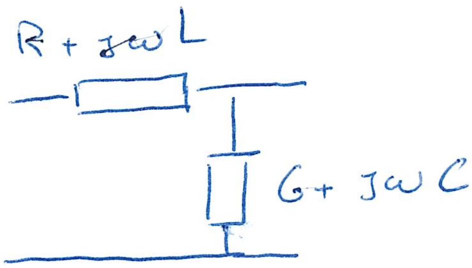
$\tilde{Y}_p$ AMMETTENZA PARALLELO PER UNITÀ DI LUNGHEZZA S/m

ESEMPIO

ONDA PIANA IN MEZZO DISSIPATIVO

$$\begin{cases} \tilde{Z}_s = j\omega\mu \\ Y_p = j\omega\varepsilon_c = j\omega\left[\varepsilon + \frac{\sigma}{j\omega}\right] \end{cases}$$

LINEA (BIFILARE) DI TRASMISSIONE



$\tilde{Z}_s = R + j\omega L$

$\tilde{Y}_p = G + j\omega C$

$\tilde{Z}_s$, $\tilde{Y}_p$ COSTANTI PRIMARIE DELLA LINEA DI TRASMISSIONE

IN ASSENZA DI PERDITE SONO COMPLESSE

LE EQ. DEI TELEGRAFISTI SI POSSONO SCRIVERE

$$\frac{dV(z)}{dz} = -j\, k_z\, Z_c\, I(z)$$

k_z COSTANTE DI PROPAGAZIONE — $1/m$

$$\frac{dI(z)}{dz} = -j\, k_z\, Y_c\, V(z)$$

Z_c IMPEDENZA CARATTERISTICA (DELLA LINEA / DEL MEZZO) — Ω

$$jk_z = \sqrt{\tilde{Z}_s \tilde{Y}_p}$$

→ ONDA PIANA: $k_z^2 = \omega^2 \mu \varepsilon_c \xrightarrow{\text{NO PERDITE}} k_z^2 = \frac{\omega^2}{v^2} = k^2$

→ LINEA BIFILARE: $k_z^2 = (\omega^2 LC - RG) + j\omega(LG + RC) \xrightarrow[\text{PERDITE}]{\text{NO}} k_z^2 = \omega^2 LC$

$$Z_c = \sqrt{\frac{\tilde{Z}_s}{\tilde{Y}_p}} = \frac{1}{Y_c}$$

→ ONDA PIANA: $Z_c = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon_c}} \xrightarrow[\text{PERDITE}]{\text{NO}} Z_c = \sqrt{\frac{\mu_a}{\varepsilon_a}}$

→ LINEA BIFILARE: $Z_c = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \xrightarrow[\text{PERDITE}]{\text{NO}} Z_c = \sqrt{\frac{L}{C}}$

k_z, $Z_c = \frac{1}{Y_c}$ COSTANTI SECONDARIE DELLA LINEA DI TRASMISSIONE → IN ASSENZA DI PERDITE SONO **REALI**

SOLUZIONE:

$$\frac{d^2V}{dz} + k_z^2 V = 0 \qquad I(z) = -\frac{1}{\tilde{Z}_s}\frac{dV}{dz}$$

$$V(z) = V_0^+ e^{-jk_z z} + V_0^- e^{+jk_z z} = V^+(z) + V^-(z)$$

$$I(z) = I^+(z) + I^-(z) = \frac{1}{Z_c}\left[V^+(z) - V^-(z)\right]$$

DEFINIZIONI

IMPEDENZA DELLA LINEA

$$Z(z) = \frac{V(z)}{I(z)}$$

COEFF. DI RIFLESSIONE DELLA TENSIONE

$$S_v(z) = \frac{V^-(z)}{V^+(z)}$$

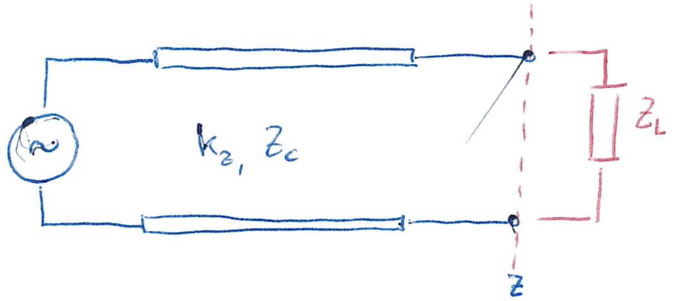
$$Z(z) = Z_c \frac{1 + S_v(z)}{1 - S_v(z)}$$

$$S_v(z) = \frac{Z(z) - Z_c}{Z(z) + Z_c}$$

$$VSWR = \frac{|V(z)|_{MAX}}{|V(z)|_{MIN}} = \frac{1 + |S_v|}{1 - |S_v|} \qquad [1, \infty)$$

RAPPORTO D'ONDA STAZIONARIA

PARAMETRI CIRCUITALI : RIFLESSIONE



SE $Z_L \neq Z_c$
↓
RIFLESSIONE
↓
STANDING WAVE

COEF. DI RIFLESSIONE $\quad \Gamma = \dfrac{V^-(z)}{V^+(z)} \qquad S_v, \rho \; ... \; |\Gamma| < 1$

IMPEDENZA $\quad Z(z) = \dfrac{V(z)}{I(z)} = Z_L \qquad [0, \infty) \leftarrow |Z|$

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \qquad [1, \infty)$$

RETURN LOSS $\quad RL = - \left. \dfrac{\text{POT. RIFLESSA}}{\text{POT. INCIDENTE}} \right|_{dB} = -10 \log_{10} |\Gamma|^2 = -20 \log_{10} |\Gamma|$

MISMATCH LOSS

POTENZA PERSA A CAUSA DEL DISADATTAMENTO

$$ML = \frac{\text{POT. SUL CARICO}}{P_{\text{INCIDENTE}}} = \frac{P_{INC} - P_{RIF}}{P_{INC}} = 1 - |\Gamma|^2$$

$$ML = -10 \log (1 - |\Gamma|^2)$$

RELAZIONI

$$Z(z) = Z_L = Z_c \frac{1+\Gamma}{1-\Gamma}$$

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_c}{Z_L + Z_c} \qquad |\Gamma| = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1}$$

CIRCUITO APERTO $\quad Z_L = \infty$

$\Gamma = 1$ → $|\Gamma| = 1$, → $\angle \Gamma = 0$

$VSWR = \infty$

$RL = 0\ dB \qquad ML = \infty\ dB$

CORTO CIRCUITO $\quad Z_L = 0$

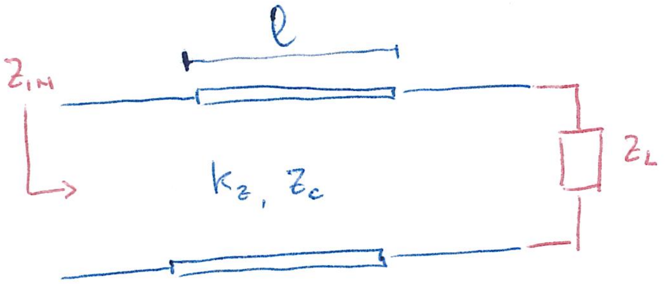
$\Gamma = -1$ → $|\Gamma| = 1$, → $\angle \Gamma = 0$

$VSWR = \infty$

$RL = 0\ dB \qquad ML = \infty\ dB$

LINEA ADATTATA $\quad Z_L = Z_c$

$\Gamma = 0 \qquad VSWR = 1 \qquad RL = \infty\ dB \qquad ML = 0\ dB$

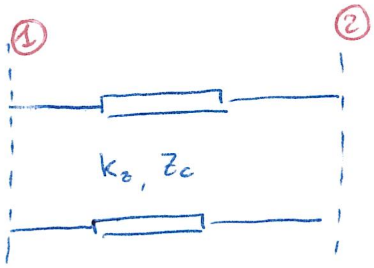


$$Z_{IN} = Z_c \frac{Z_L + Z_c\, th(\gamma \ell)}{Z_c + Z_L\, th(\gamma \ell)}$$

LINEA È LUNGA / CON PERDITE $\quad k_z \ell >> 1$

$Z_{IN} \approx Z_c$ ADATTAMENTO (SI USA IN PRATICA)

PARAMETRI CIRCUITALI : TRASMISSIONE



$$T = \frac{\text{POTENZA TRASMESSA}}{\text{POTENZA INCIDENTE}}$$

INSERTION LOSS $\quad IL = -10 \log |T|$

GAIN $\quad G = 10 \log T$

IN ~~UNA LINEA~~ UN TRATTO DI LINEA

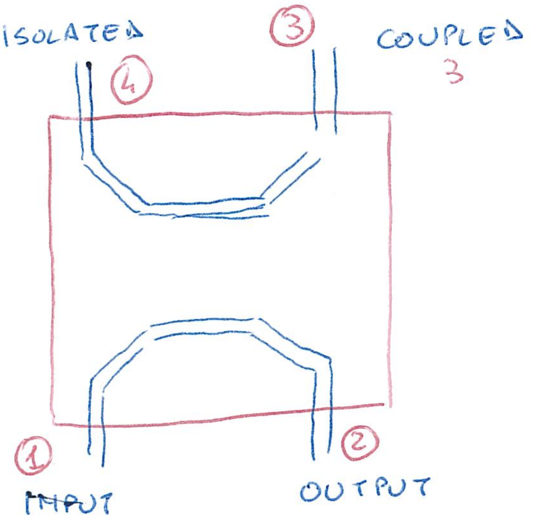
$$P_{INC} = P_T + P_{RIF}$$

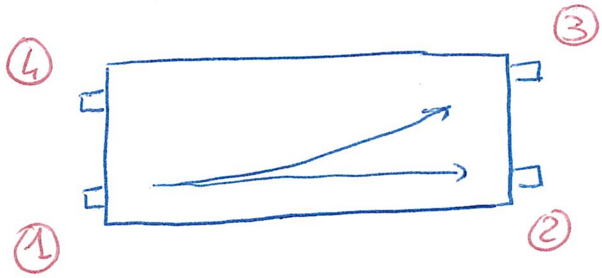
$$\frac{P_T}{P_{INC}} = 1 - \frac{P_{RIF}}{P_T} \Rightarrow$$

INSERTION LOSS
||
MISMATCH LOSS

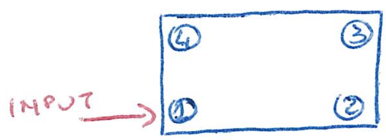
NON VALE SEMPRE

ACCOPPIATORE DIREZIONALE

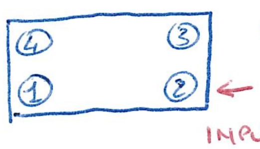




COMPONENTE IDEALE



- IMPERTURBATO IN ②
- ATTENUATO IN ③
- ASSENTE IN ④



- IMPERTURBATO IN ①
- ATTENUATO IN ④
- ASSENTE IN ③

⇒ IN ③ o ④ SOLO SEGNALE PROVENIENTE DA UNA DIREZIONE

ACCOPPIAMENTO: P_3 / P_{IN}

$$C\Big|_{dB} = -10 \log \frac{P_3}{P_{IN}}$$

$C = 0 \qquad P_3 = P_{IN}$

$C = \infty \qquad P_3 = 0$

DIRETTIVITA' $\quad P_3 / P_4 = \dfrac{P_3}{P_{IN}} \Big/ \dfrac{P_4}{P_{IN}}$

$$D\Big|_{dB} = 10 \log \frac{P_3}{P_4}$$

$$\boxed{D = I - C}$$

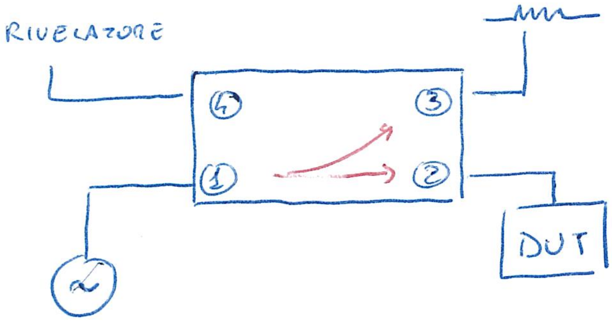
ISOLAMENTO $\quad P_4 / P_{IN}$

$$I\Big|_{dB} = -10 \log P_4/P_{IN}$$

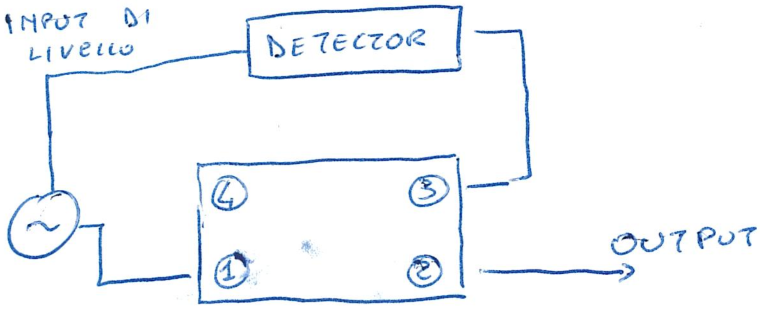
SE CI SONO PERDITE IN ② L_{oss}

$$D = I - C - L_{oss}$$

APPLICAZIONI:



RIFLETTOMETRO



OSCILLATORE STABILIZZATO