

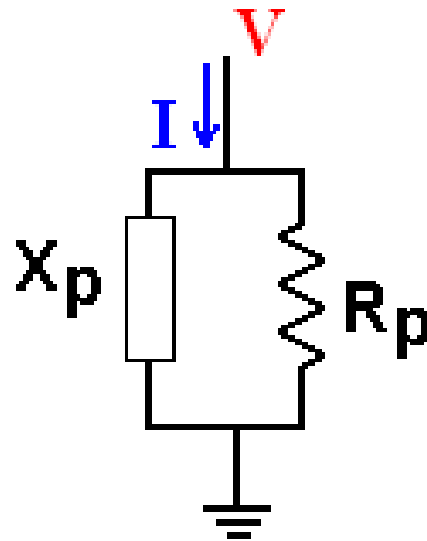
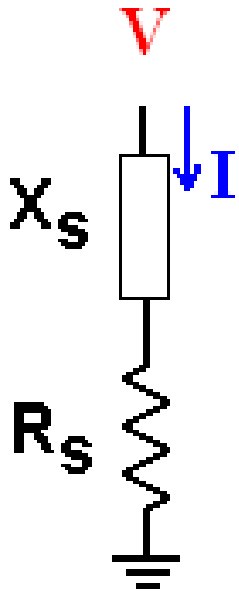
**A.R.I. - Sezione di Parma**

Corso di preparazione esame  
patente radioamatore 2016

# **Matching esercizi**

**Carlo Vignali, I4VIL**

## EQUIVALENZA SERIE <-> PARALLELO



Circuiti equivalenti:  
sottoposti alla stessa  
tensione, lasciano scorrere  
la stessa corrente di stessa  
fase.

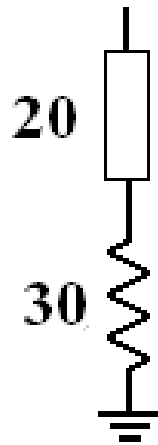
$$R_p = R_s \cdot \left[ 1 + \left( \frac{X_s}{R_s} \right)^2 \right]$$

$$X_p = \frac{R_p \cdot R_s}{X_s}$$

$$R_s = \frac{R_p}{1 + \left( \frac{R_p}{X_p} \right)^2}$$

$$X_s = \frac{R_s \cdot R_p}{X_p}$$

Esempio:



Questo carico, alimentato da linea con  $Z_0 = 50 \Omega$ , produce i seguenti valori:

$$|\Gamma| = 0.343$$

$$P_r = 0.118 \text{ Pd}$$

$$RL = 9.3 \text{ dB}$$

$$VSWR = 2.044$$

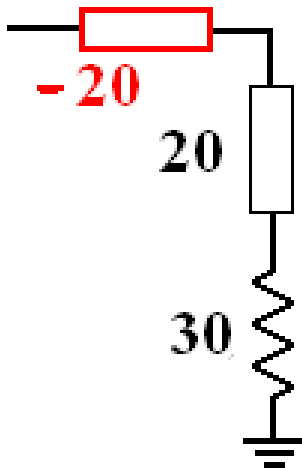
$$P_{load} = 0.882 \text{ Pd}$$

$$V_{max} = 1.34$$

$$V_{min} = 0.66$$

(In assenza di ROS, la tensione è costante su tutta la linea e vale 1.)

Si può ridurre il ROS con il solo inserire in serie una reattanza  $X_s = -20$  (capacitiva) che cancelli il valore presentato dal carico.



Con questa semplice operazione, i nuovi valori sono:

$$|\Gamma| = 0.25$$

$$P_r = 0.06 \text{ Pd}$$

$$RL = 12.0 \text{ dB}$$

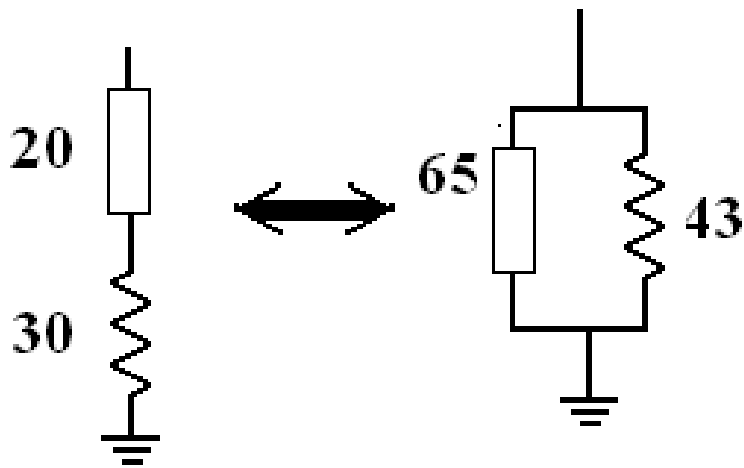
$$VSWR = 1.67$$

$$P_{load} = 0.94 \text{ Pd}$$

$$V_{max} = 1.25$$

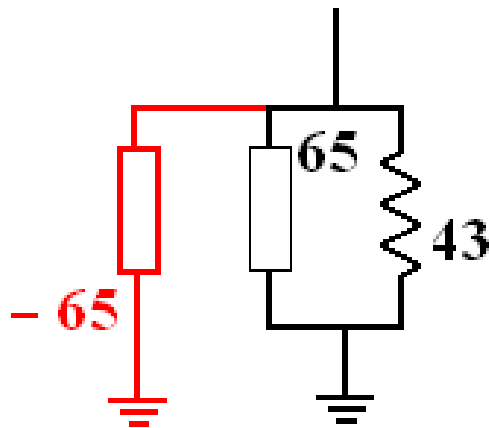
$$V_{min} = 0.75$$

Oppure, in modo ancora più semplice e senza interrompere il circuito, utilizzando il circuito equivalente parallelo (tutti i valori in ohm):

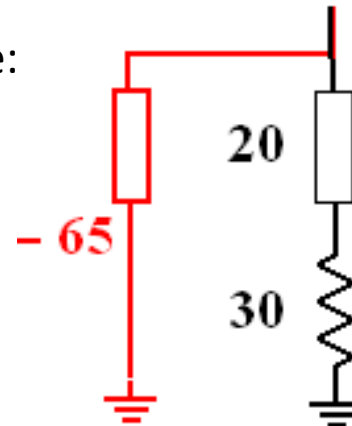


I due circuiti presentano lo stesso  $\Gamma$  e stesso ROS.

Basta inserire, in parallelo, una reattanza (capacitiva) che neutralizzi la reattanza Induttiva del circuito equivalente parallelo.

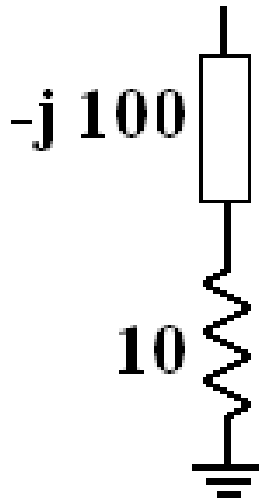


Il circuito diviene:



Con  $|\Gamma| = 0.25$   
e  $VSWR = 1.67$

## Esempio. Antenna verticale “corta”



Circuito “serie” con:

$$R_s = 10 \ \Omega \quad X_s = -100 \ \Omega$$

Da adattare a linea  $Z_0 = 50 \ \Omega$

Come risultato finale si richiede  $R_p = 50 \ \Omega$ .

$$R_p = R_s \cdot \left[ 1 + \left( \frac{X_s}{R_s} \right)^2 \right]$$

Sostituendo con i valori noti:

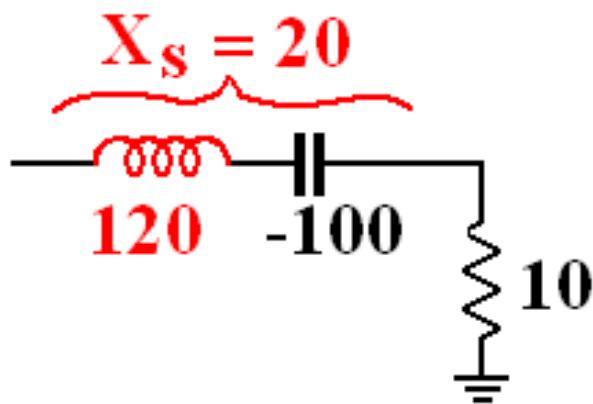
$$50 = 10 \cdot \left[ 1 + \left( \frac{X_s}{10} \right)^2 \right]$$

Si trova il valore che deve avere  $X_s$ :  
(due soluzioni)

$$X_s = \pm 20$$

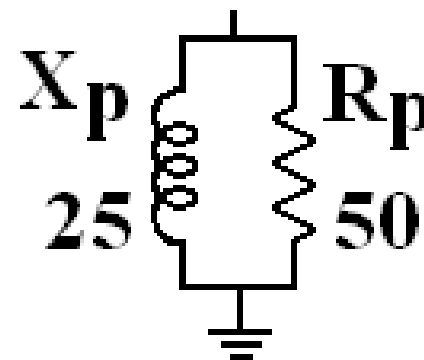
Si nota che, in serie, esiste già una  $X_s = -100$

Allora, occorre aggiungere una  $X$  (positiva) che porti il valore di  $X_s$  a 20 (prima soluzione)

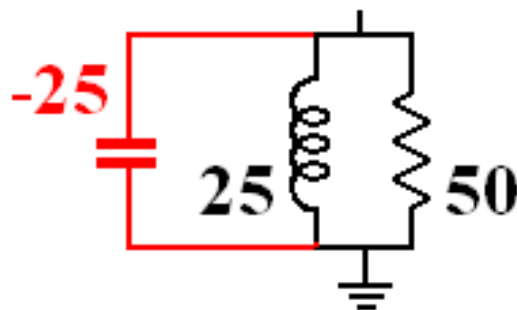


Ovviamente la  $X$  da aggiungere in serie è una  $X = 120$  (positiva).

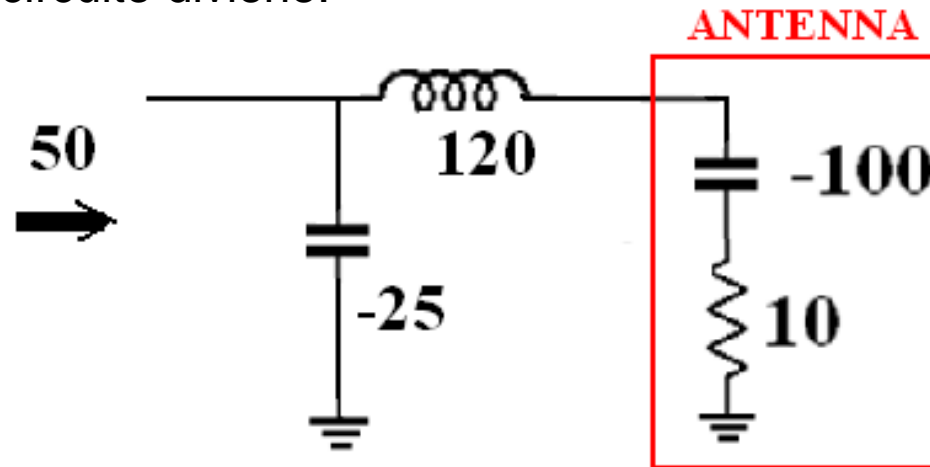
Equival. Parallelo  $\rightarrow$



Occorre ora cancellare la  $X_p$  equivalente parallelo con una reattanza di pari valore, ma di segno opposto, sempre in parallelo.

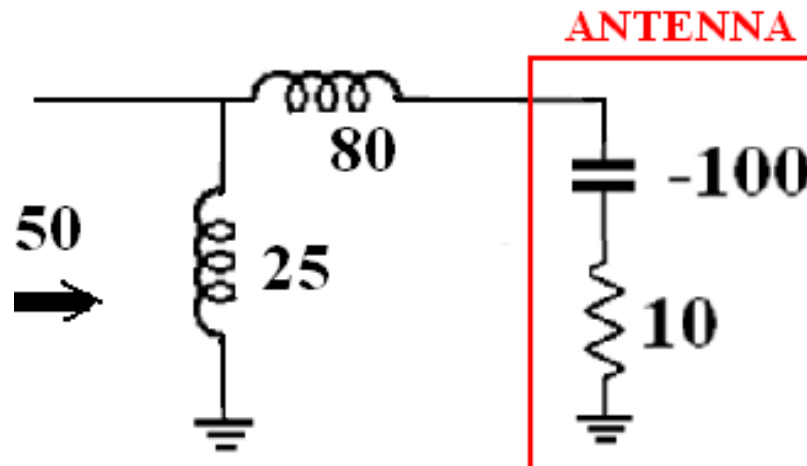


In conclusione il circuito diviene:



---

L'altra possibilità, (soluzione  $X_s = 20$ ), porta alla seguente configurazione:

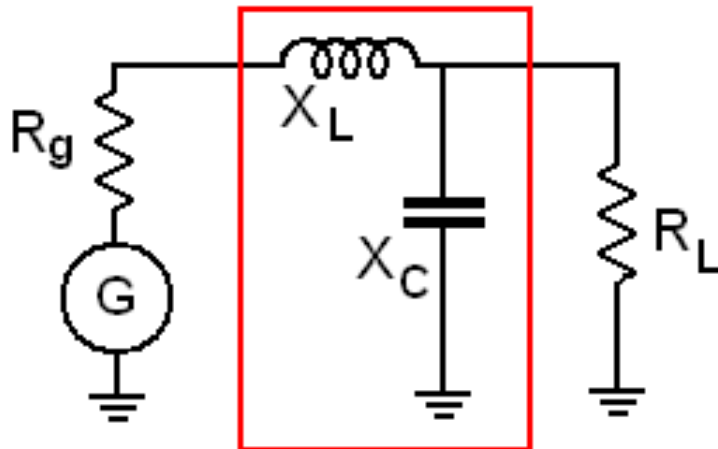


# Reti LC

Per il max. trasferimento di potenza, carico  $R_L$  e generatore (di impedenza d'uscita  $R_g$ ) devono essere *matched*.

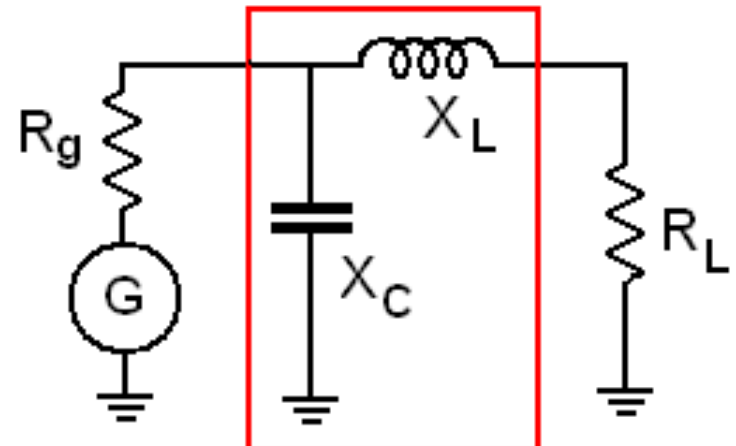
Ci sono quattro versioni-base di reti ad L: due sono passa-basso e due passa-alto.

Le più usate sono le passa-basso.



L-network

$$R_L > R_g$$



L-network

$$R_L < R_g$$



Le reti a L sono di semplice uso, ma il Q è determinato e non è controllabile.

$$R_L > R_g$$

$$Q = \sqrt{\frac{R_L}{R_g} - 1}$$

$$X_L = Q R_g$$

$$X_C = \frac{R_L}{Q}$$

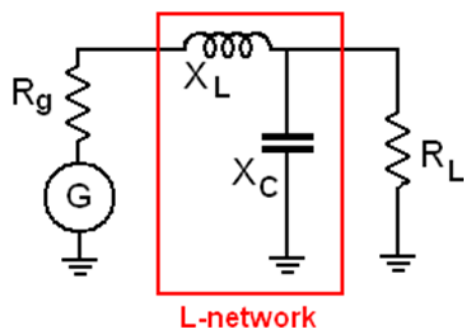
$$R_L < R_g$$

$$Q = \sqrt{\frac{R_g}{R_L} - 1}$$

$$X_L = Q R_L$$

$$X_C = \frac{R_g}{Q}$$

**Esempio:** matching di carico  $R_L=50 \Omega$  e uscita di transistor RF di potenza con  $R_g = 6.9 \Omega$ , alla frequenza di 50 MHz.



Il Q è determinato

$$Q = \sqrt{\frac{R_L}{R_g} - 1} \quad Q = 2.499$$

reattanza  $X_L$

$$X_L = Q \cdot R_g \quad X_L = 17.245 \quad \Omega$$

$$L = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f} \quad L = 0.055 \quad \mu\text{H}$$

reattanza  $X_C$

$$X_C := \frac{R_L}{Q} \quad X_C = 20.006 \quad \Omega$$

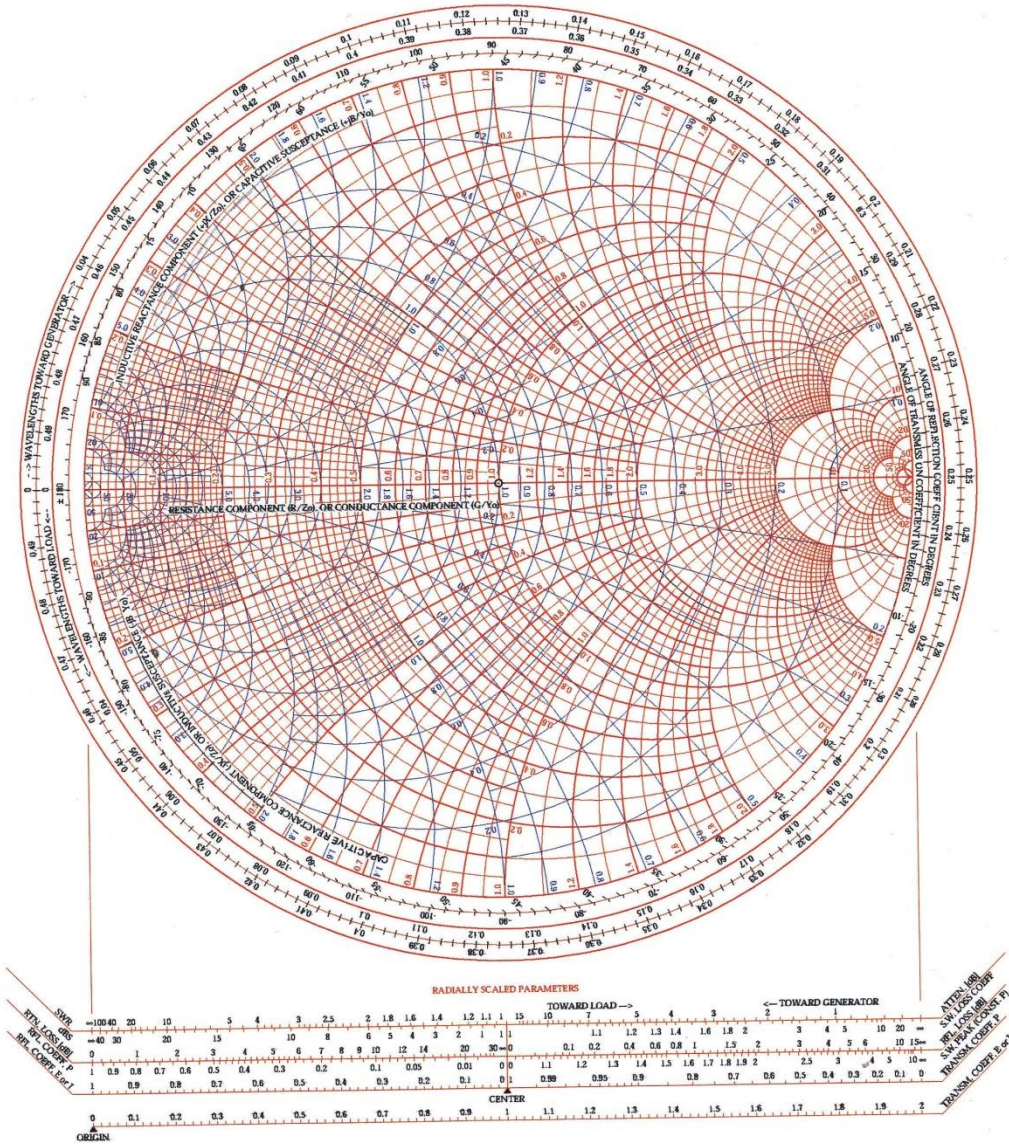
$$C = \frac{10^6}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_C} \quad C = 159.109 \quad \text{pF}$$

larghezza di banda

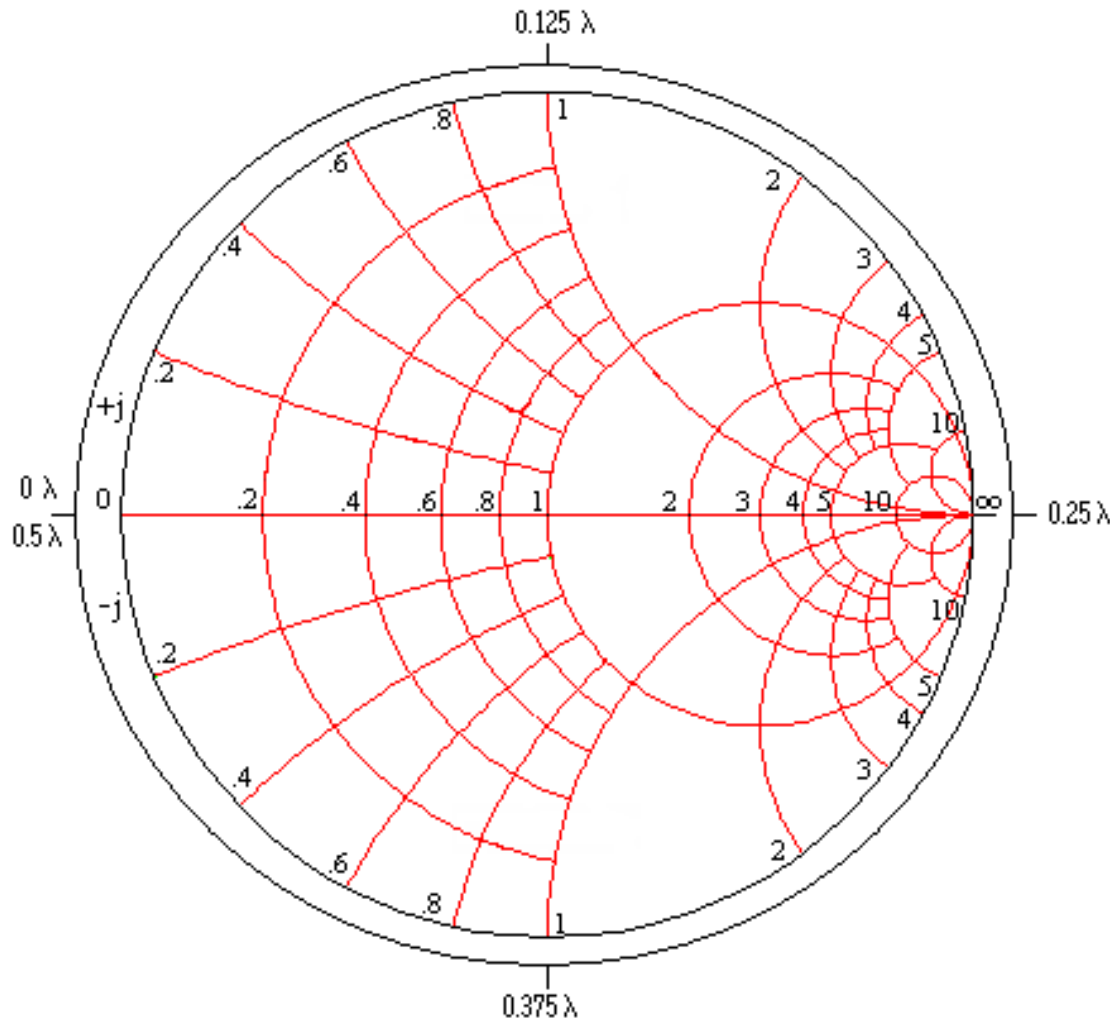
$$\Delta f = \frac{f}{Q} \quad \Delta f = 20.006 \quad \text{MHz}$$

NORMALIZED IMPEDANCE AND ADMITTANCE COORDINATES

# CARTA DI SMITH



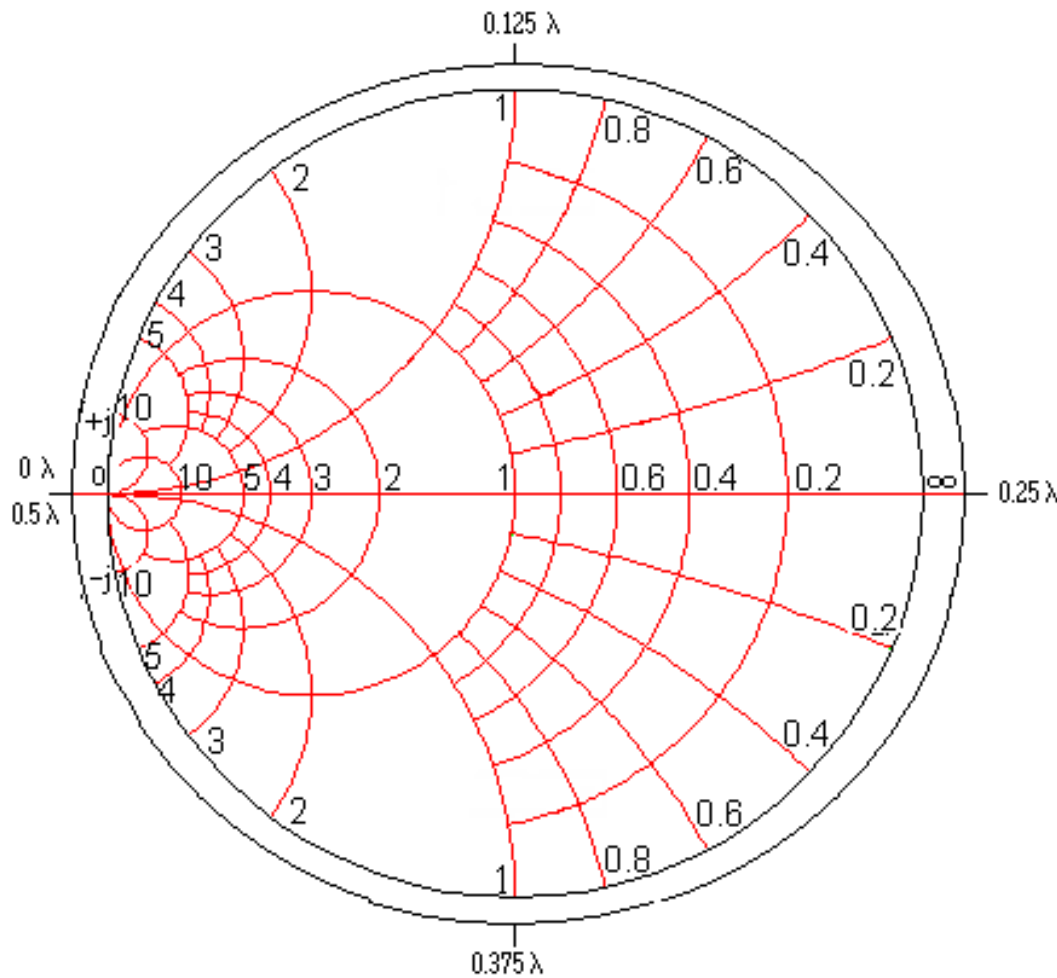
# CARTA DI SMITH



**Piano Z**  
cerchi con  $R = \text{costante}$   
linee con  $X = \text{costante}$

La periodicità è  $0.5 \lambda$

# CARTA DI SMITH



## Piano Y

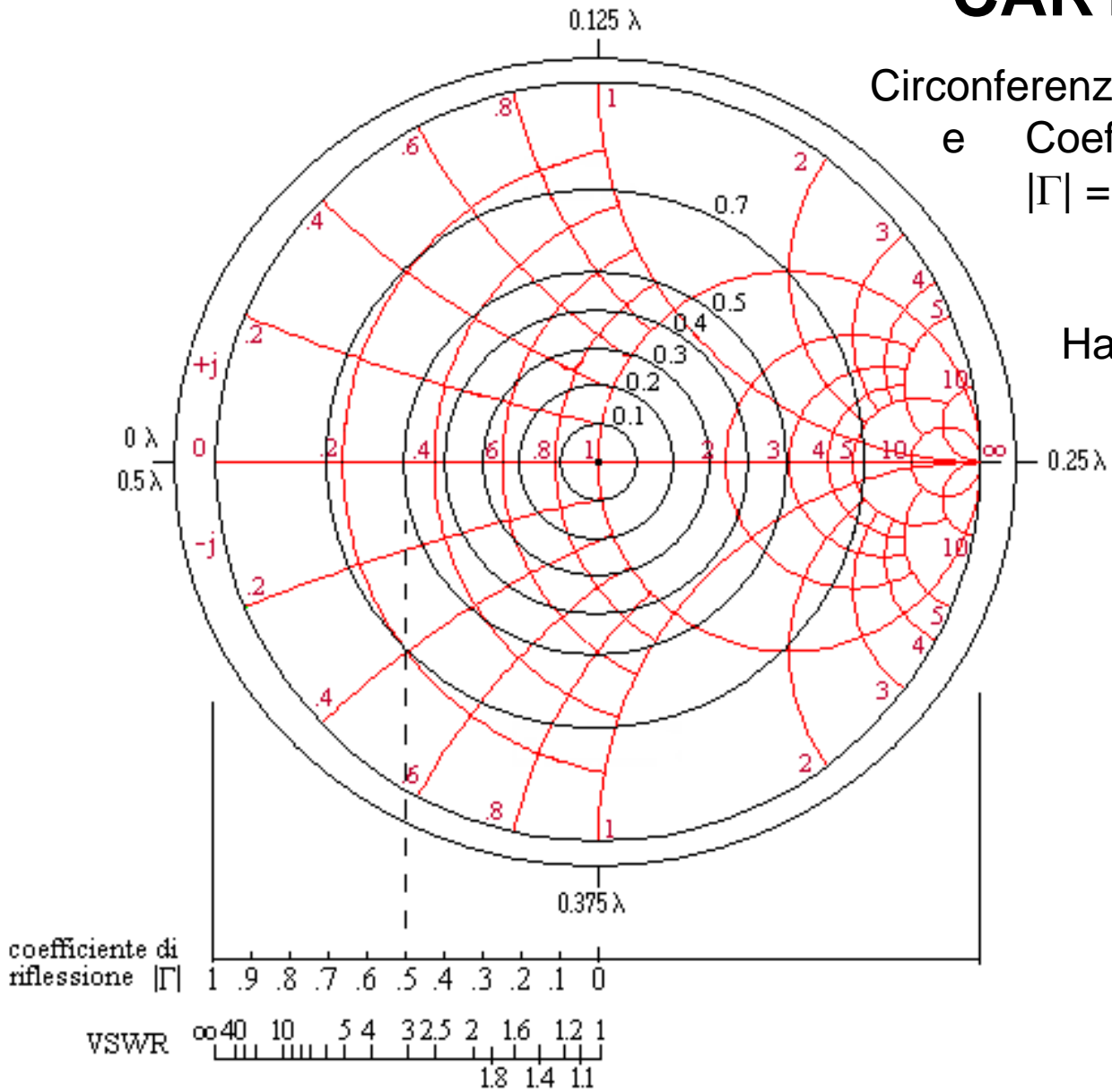
cerchi con  $G = \text{costante}$   
linee con  $B = \text{costante}$

La periodicit  e  $0.5\lambda$

# CARTA DI SMITH

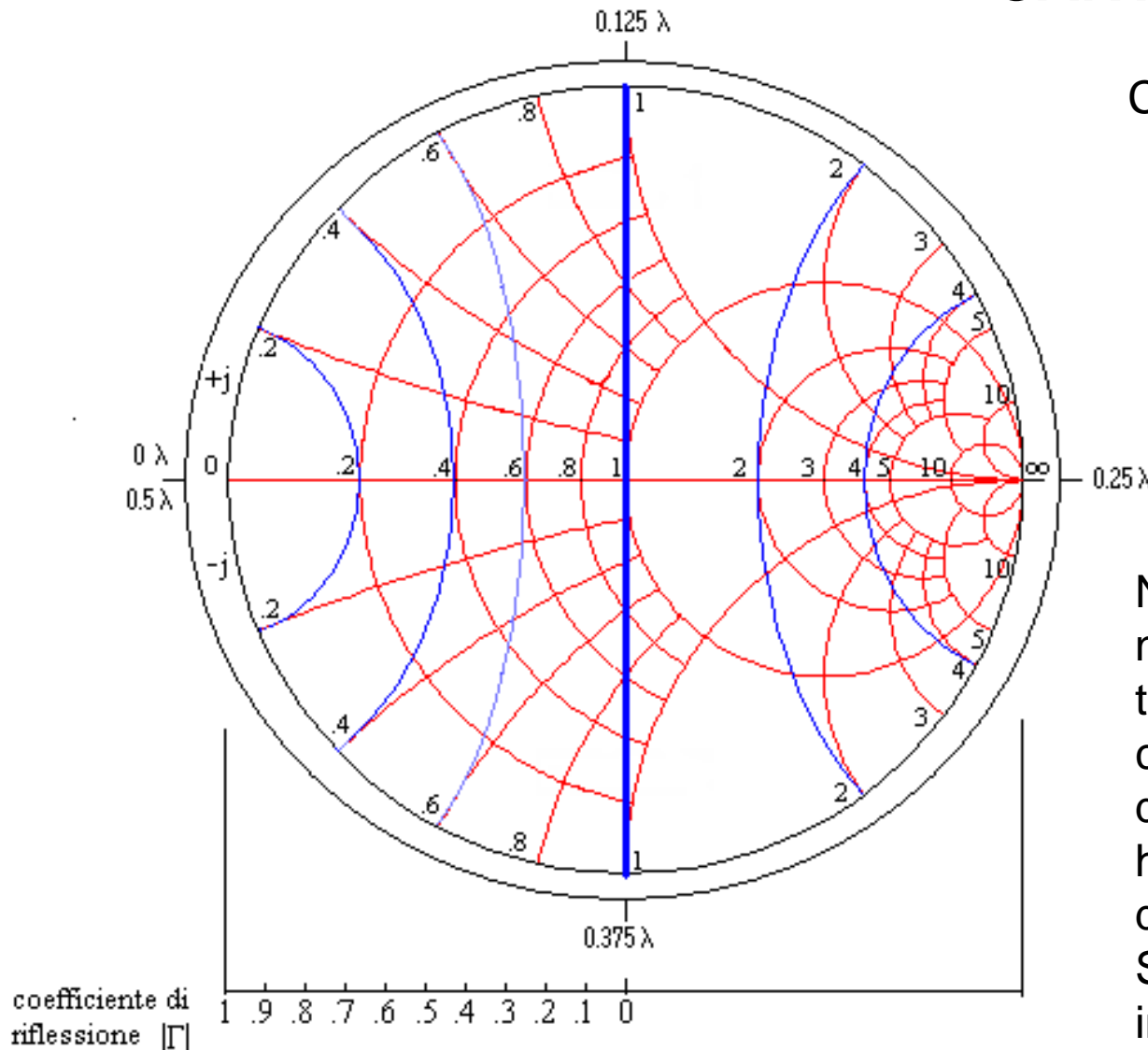
Circonferenze con VSWR = costante  
e Coefficiente di riflessione  
 $|\Gamma| = \text{costante}$

Hanno per centro il centro  
della Carta



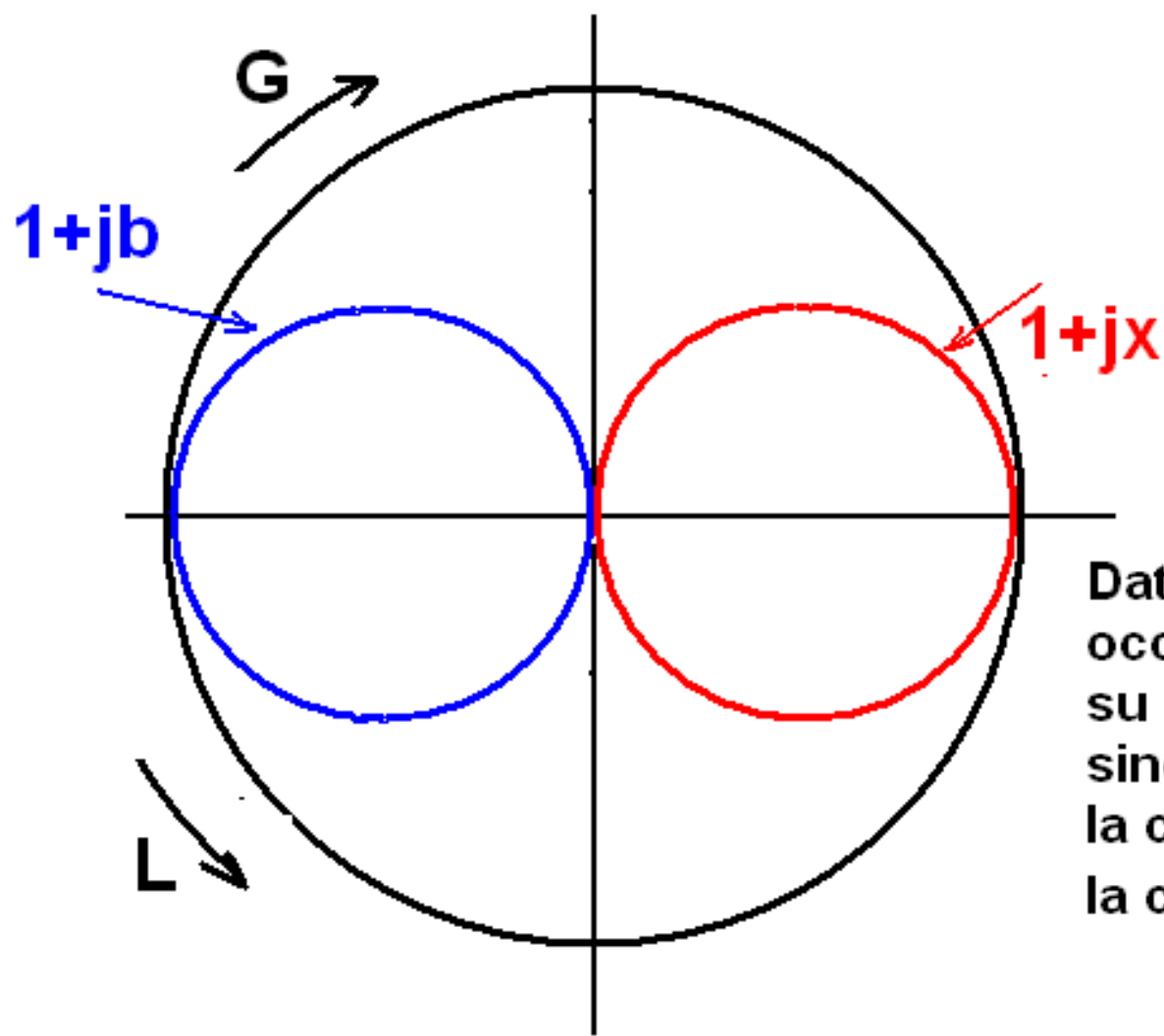
# CARTA DI SMITH

Curve a  $|Z| = \text{costante}$



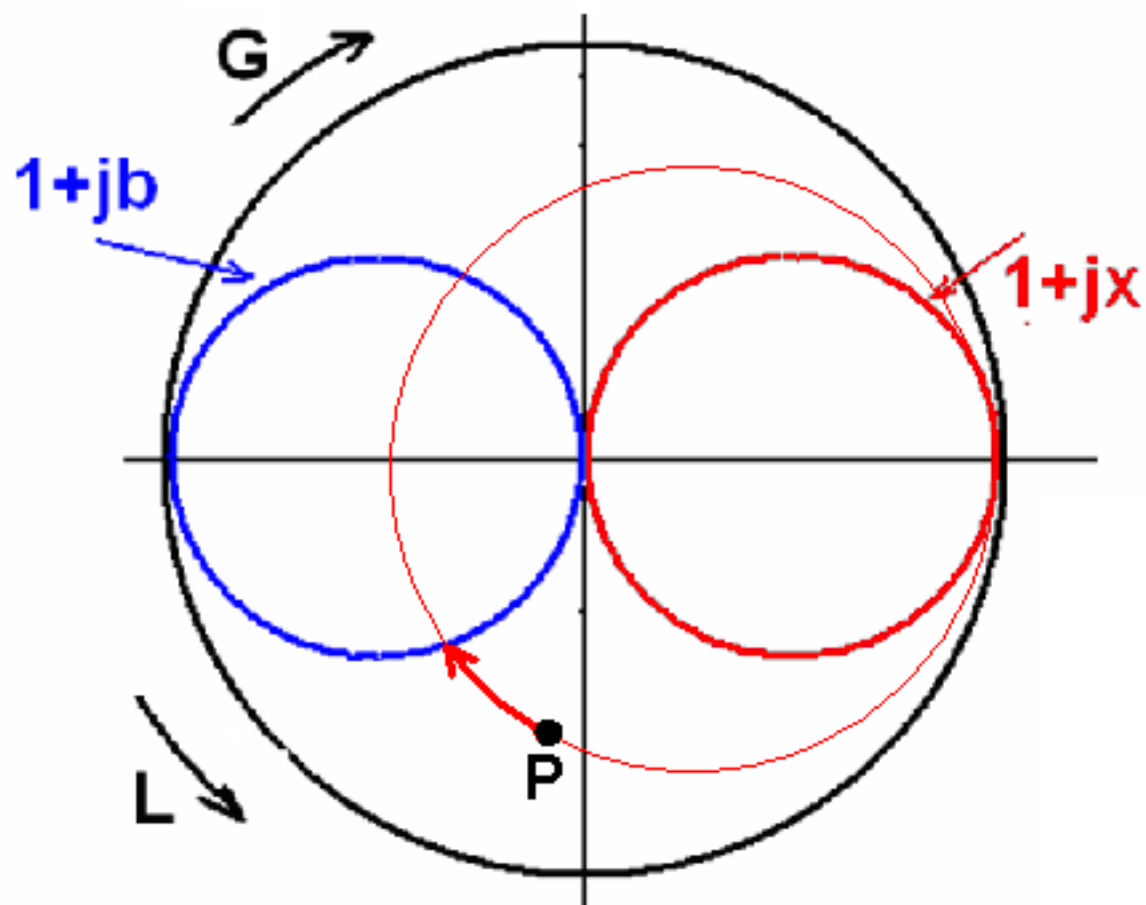
Nel caso di carta normalizzata a  $50 \Omega$ , tutti i punti del segmento che passa per il centro della carta (evidenziato) hanno impedenza  $Z$  di modulo  $50 \Omega$ . Solo il centro ha impedenza  $Z = 50 + j0$ , puramente resistiva.

# LC matching con l'uso della Carta di Smith



Dato un valore  $Z$ ,  
occorre spostarsi  
su  $R$  o  $G$  costanti  
sino a raggiungere  
la curva  $1+jx$  o  
la curva  $1+jb$ .





	<b>PIANO - Z</b>	<b>PIANO-Y</b>
spostamento orario	aggiungere L in serie	aggiungere C in parallelo
spostamento anti-orario	aggiungere C in serie	aggiungere L in parallelo

# Uso della Carta di Smith

Esempio precedente

$$z_L = 1 \quad (50 + j 0 \Omega)$$

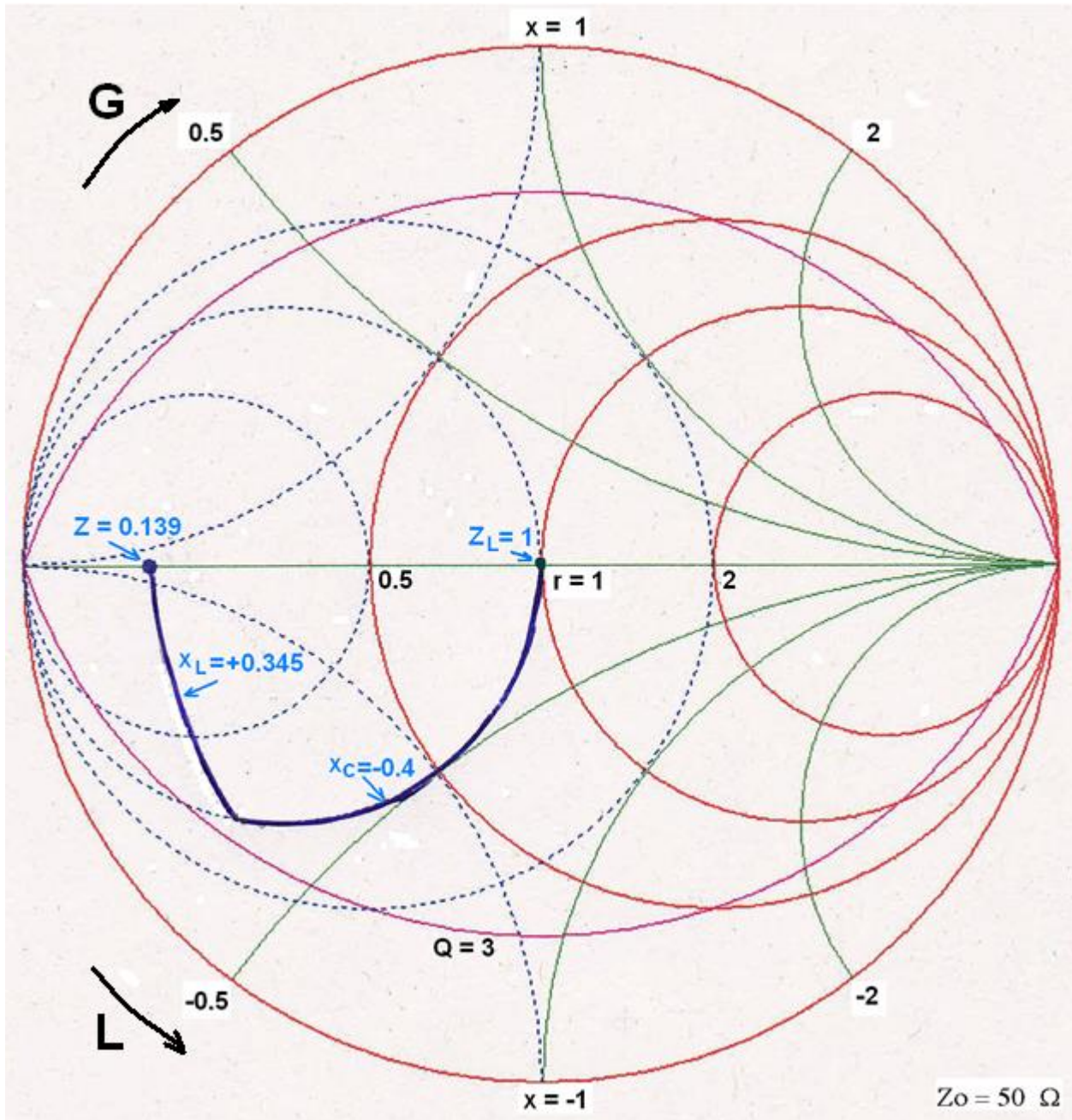
$$x_C = -0.4 \quad (-20 \Omega)$$

$$x_L = +0.345 \quad (17.24 \Omega)$$

$$z = 0.139 \quad (6.9 + j0 \Omega)$$

Tutti i punti sono entro  
la curva di  $Q = 3$ .

Il calcolo trova:  $Q = 2.5$



## Uso della Carta di Smith

Esempio:

Sia l'impedenza di carico  $Z_L = 150 - j 82 \Omega$  (punto P) da adattare a  $Z_i = 50 \Omega$ . Si può usare un tratto di linea di  $Z_o = 50 \Omega$ .

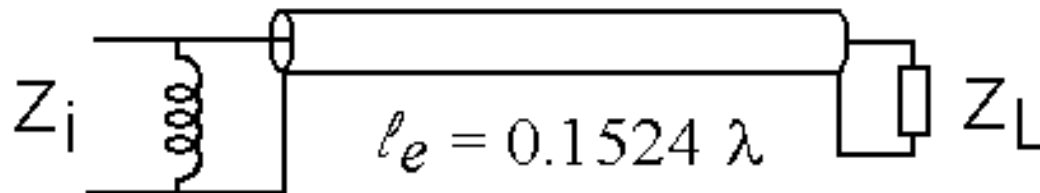
Si raggiunga la curva  $Y=1$  (punto B) con compasso (raggio costante) a partire dal punto P. Il punto B ha coordinate:  $Z_B = 15.476 - j 23.097$  ovvero, normalizzate,  $z_B = 0.31 - j 0.462$  e, come ammettenza  $y_B = 1 + j 1.494$ .

Aiutandosi con le semirette che partono dal centro e per i due punti individuati, si calcoli la lunghezza della linea occorrente effettuando la differenza in "lunghezza d'onda" indicata sulla scala esterna della Carta.

Nell'esempio:  $0.426 - 0.274 = 0.152$  (in lunghezze d'onda).

Dal punto B di ammettenza  $y_B = 1 + j 1.494$  occorre spostarsi sulla  $y = 1$ , in modo antiorario (induttivo) per raggiungere il centro della Carta ( $r = 1$ ).

Per cancellare la suscettanza  $j 1.494$  occorre parallelare con una  $b = -j 1.494$  ovvero con una reattanza  $x = 1/b = +j 0.669$  (induttanza).



# Uso della Carta di Smith

Punto P:

$$Z_L = 150 - j 82 \ \Omega$$
$$(z_L = 3 - j 1.64)$$

$$Z_i = 50 \ \Omega$$

