

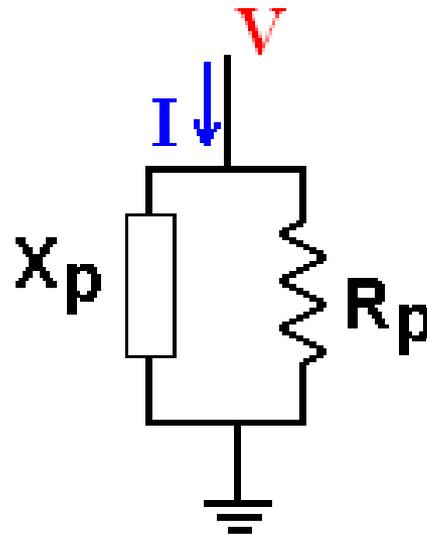
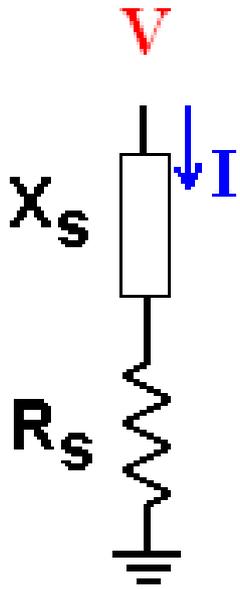
A.R.I. - Sezione di Parma

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.

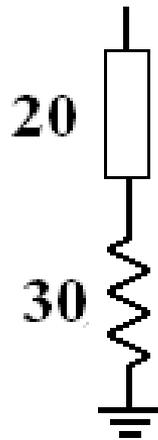
$$R_p = R_s \cdot \left[1 + \left(\frac{X_s}{R_s} \right)^2 \right]$$

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

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

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

Esempio:



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

$$|\Gamma| = 0.343$$

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

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

$$VSWR = 2.044$$

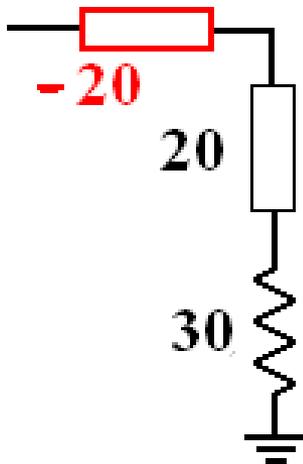
$$P_{load} = 0.882 \text{ Pd}$$

$$V_{max} = 1.34$$

$$V_{min} = 0.66$$

(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:

$$|\Gamma| = 0.25$$

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

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

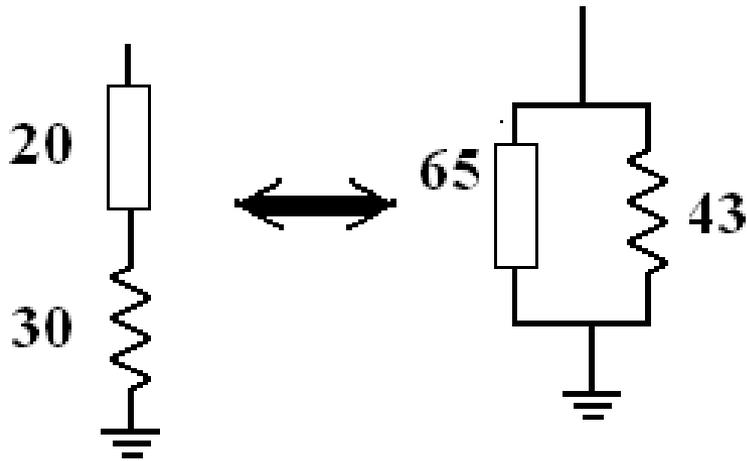
$$VSWR = 1.67$$

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

$$V_{max} = 1.25$$

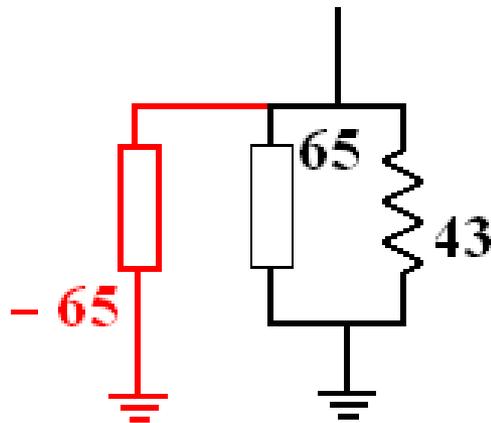
$$V_{min} = 0.75$$

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

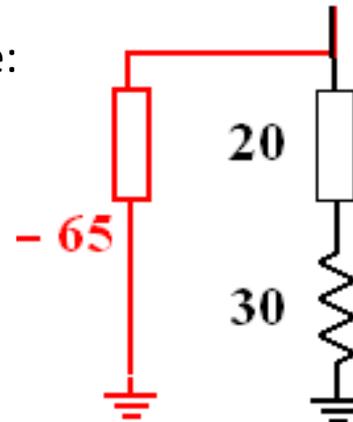


I due circuiti presentano lo stesso Γ e stesso ROS.

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

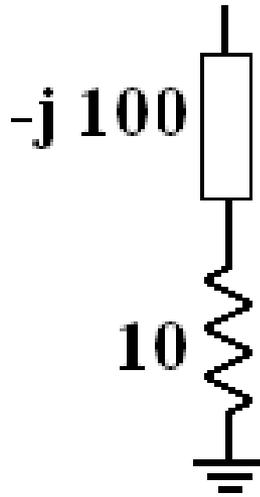


Il circuito diviene:



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:

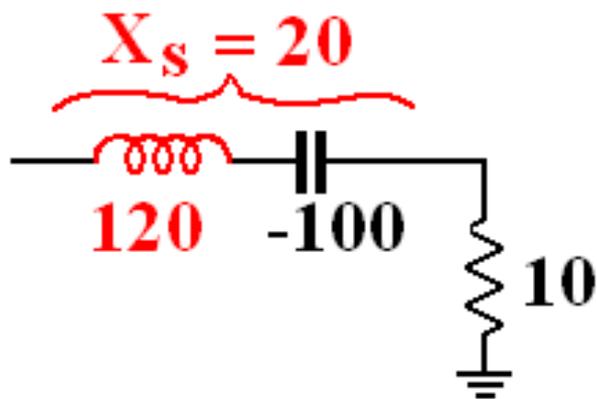
$$50 = 10 \cdot \left[1 + \left(\frac{X_s}{10} \right)^2 \right]$$

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

$$X_s = \pm 20$$

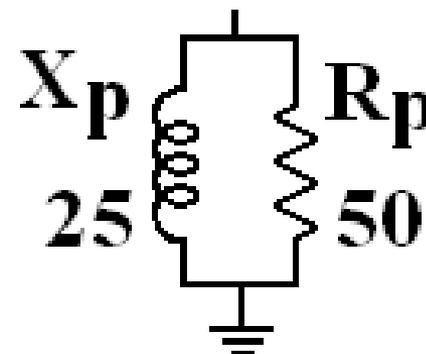
Si nota che, in serie, esiste già una $X_s = -100$

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

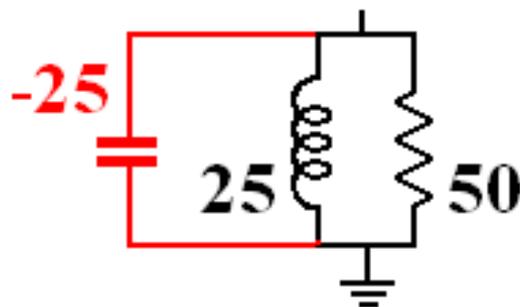


Ovviamente la X da aggiungere in serie è una $X = 120$ (positiva).

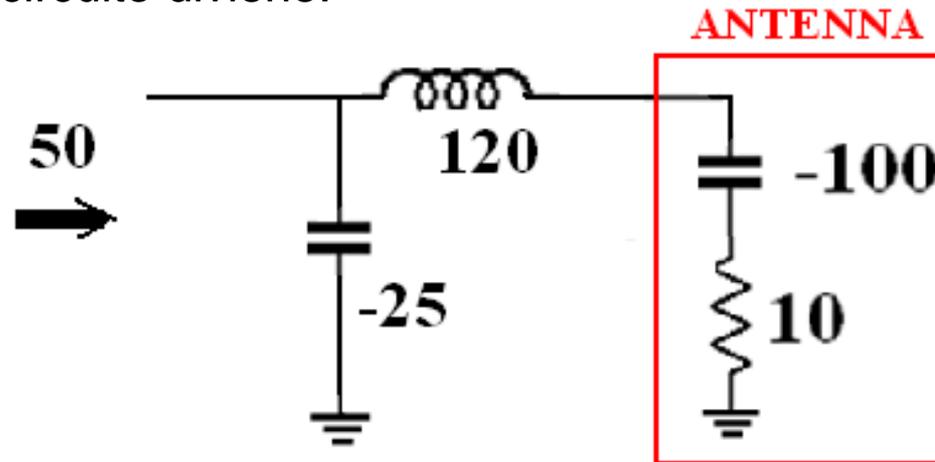
Equival. Parallelo \rightarrow



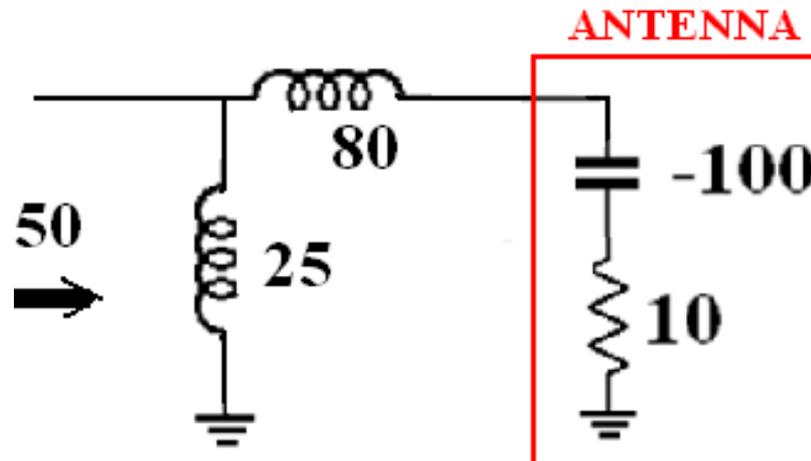
Occorre ora cancellare la X_p equivalente parallelo con una reattanza di pari valore, ma di segno opposto, sempre in parallelo.



In conclusione il circuito diviene:



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

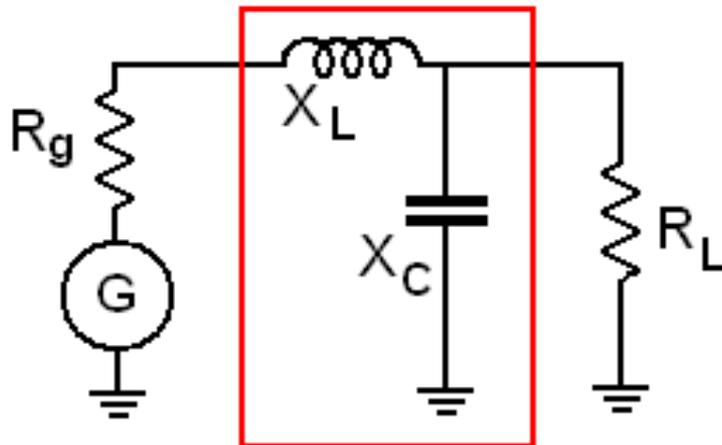


Reti LC

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

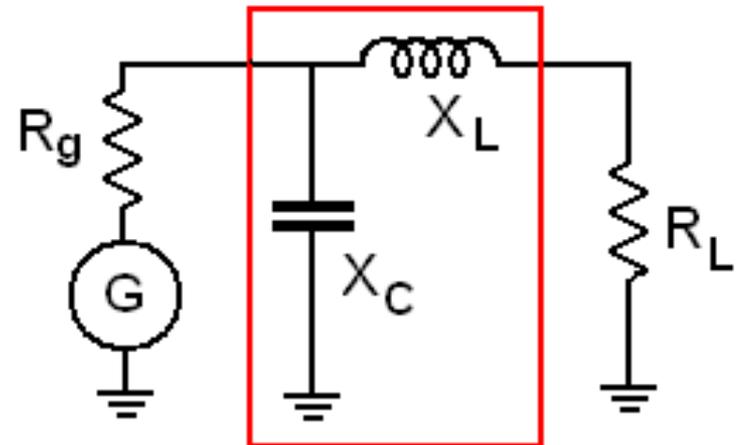
Ci sono quattro versioni-base di reti ad L: due sono passa-basso e due passa-alto.

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.

$$R_L > R_g$$

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

$$X_L = Q R_g$$

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

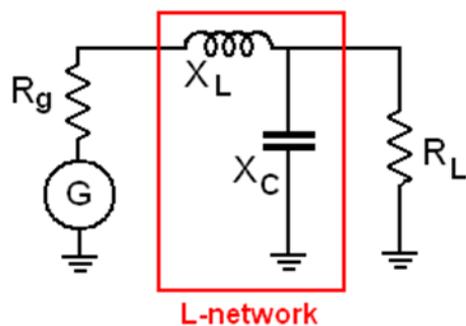
$$R_L < R_g$$

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

$$X_L = Q R_L$$

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

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

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

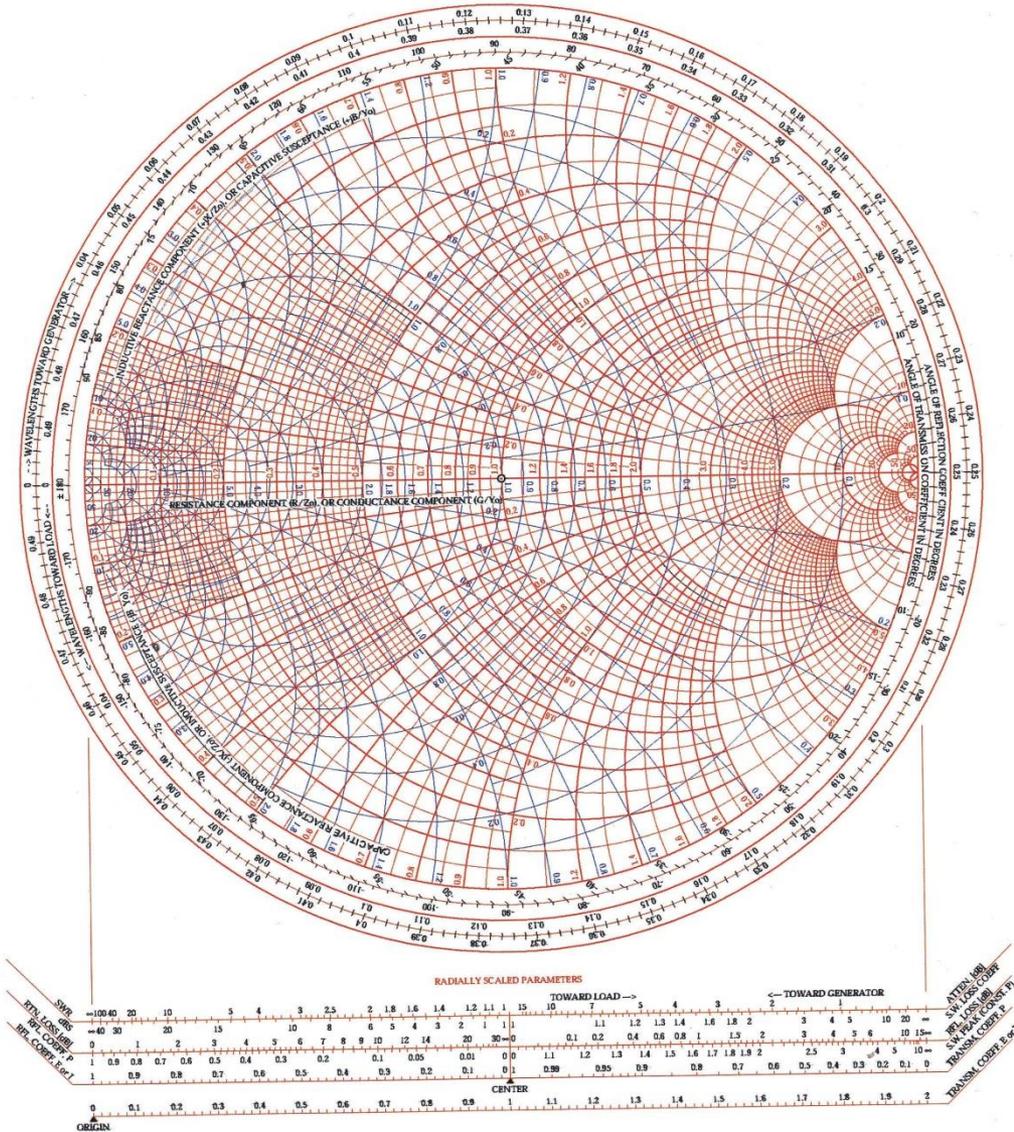
$$C = \frac{10^6}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_C} \quad C = 159.109 \quad \text{pF}$$

larghezza di banda

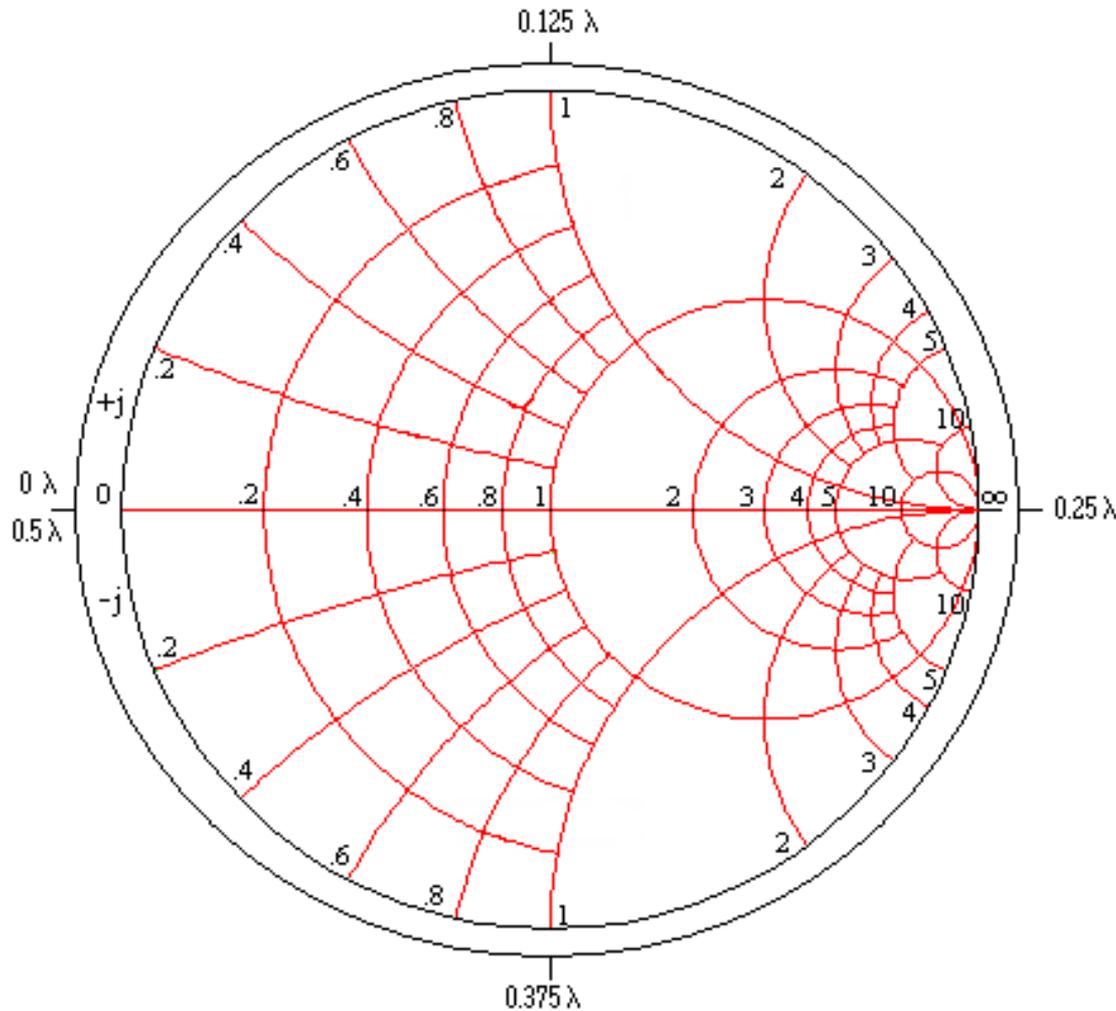
$$\Delta f = \frac{f}{Q} \quad \Delta f = 20.006 \quad \text{MHz}$$

NORMALIZED IMPEDANCE AND ADMITTANCE COORDINATES

CARTA DI SMITH



CARTA DI SMITH

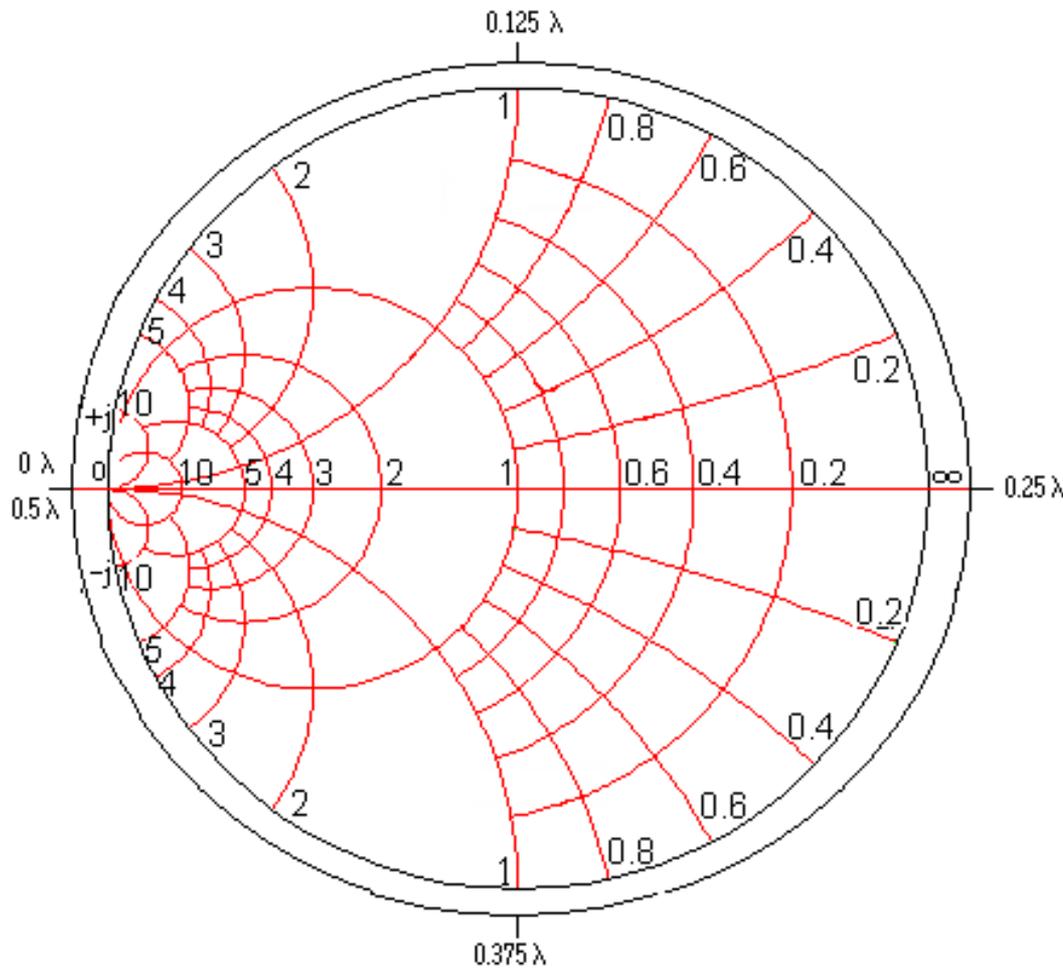


Piano Z

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

La periodicità è 0.5λ

CARTA DI SMITH



Piano Y

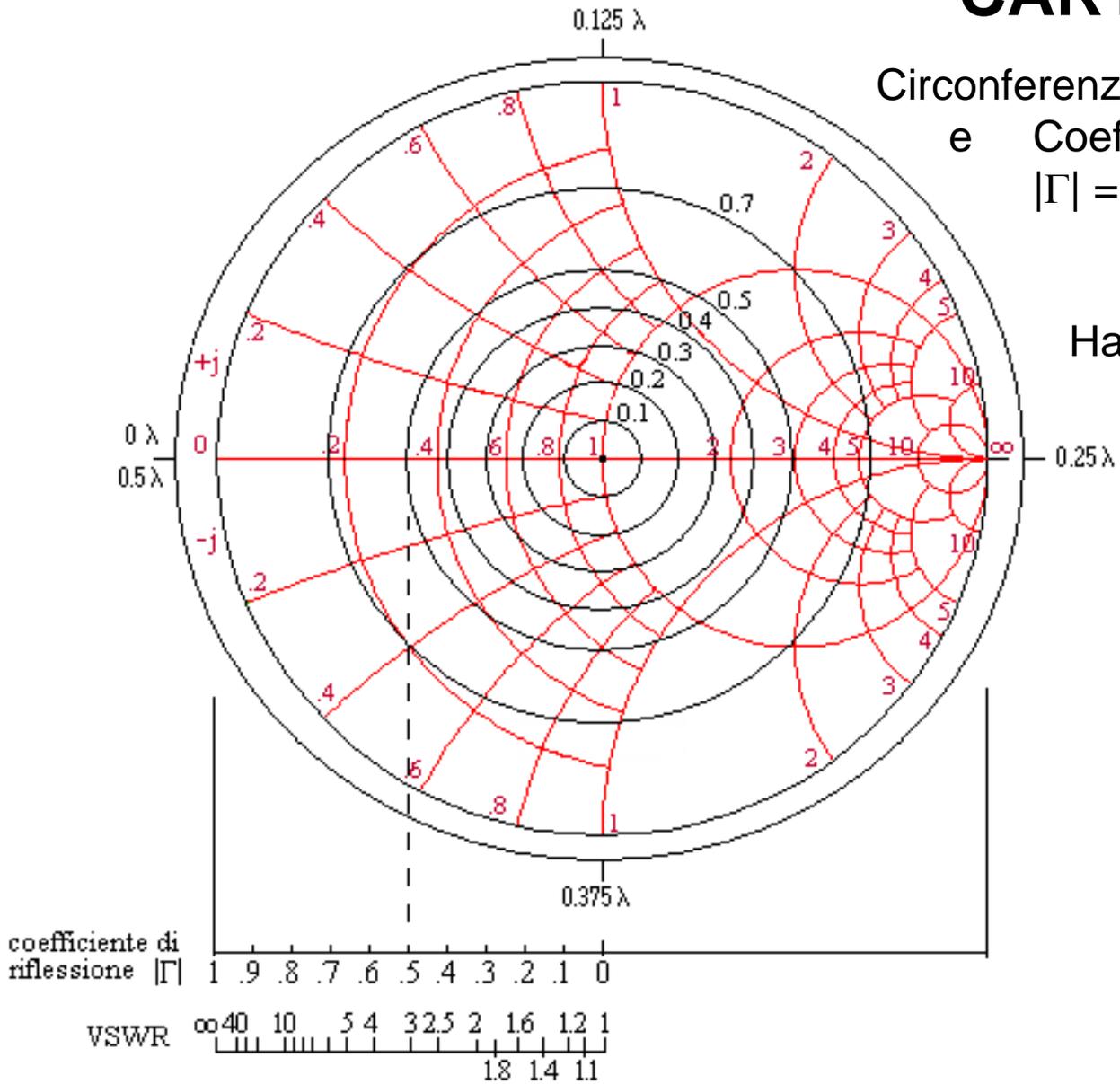
cerchi con $G = \text{costante}$
linee con $B = \text{costante}$

La periodicit  e 0.5λ

CARTA DI SMITH

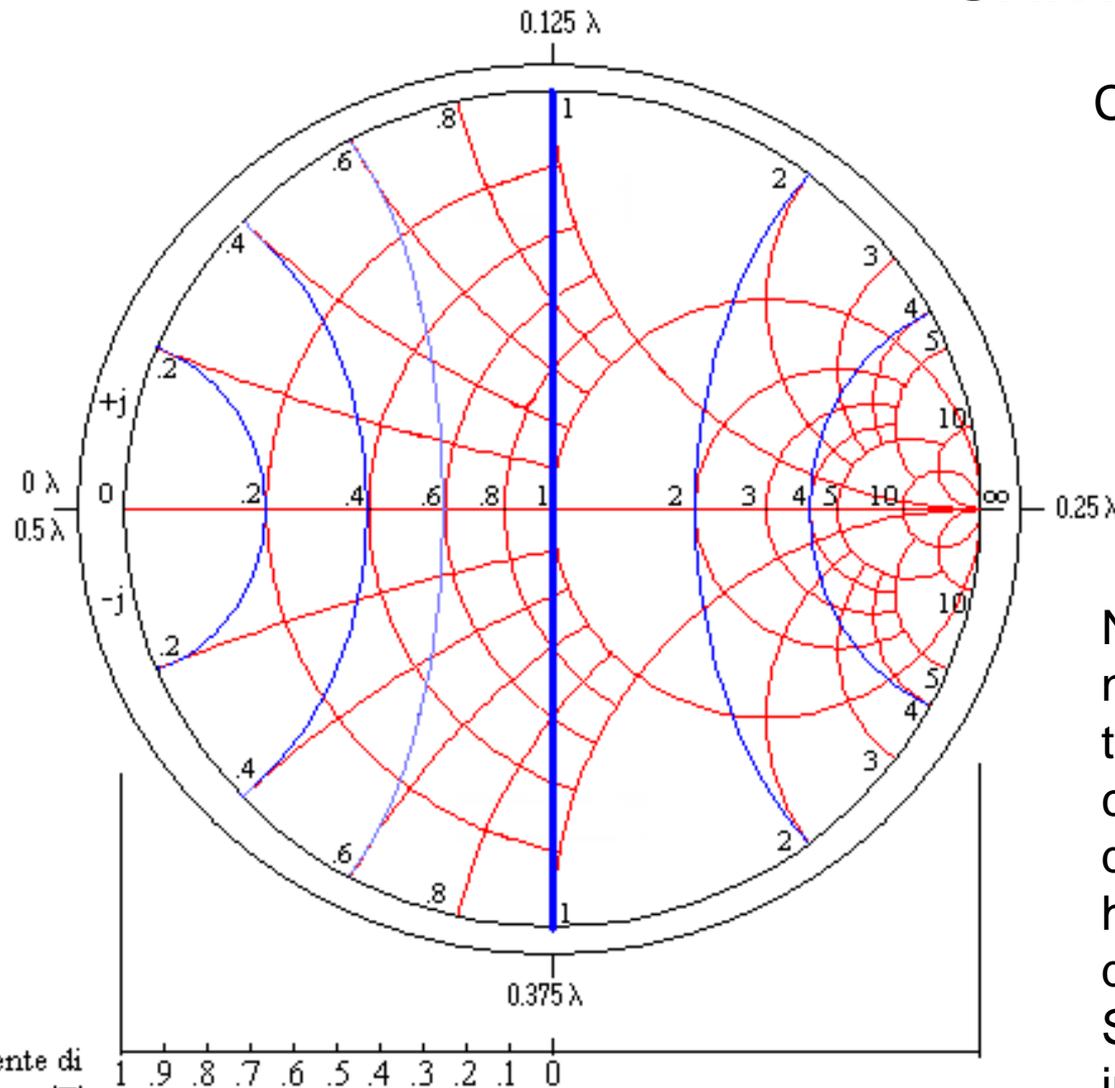
Circonferenze con VSWR = costante
e Coefficiente di riflessione
 $|\Gamma| = \text{costante}$

Hanno per centro il centro
della Carta



CARTA DI SMITH

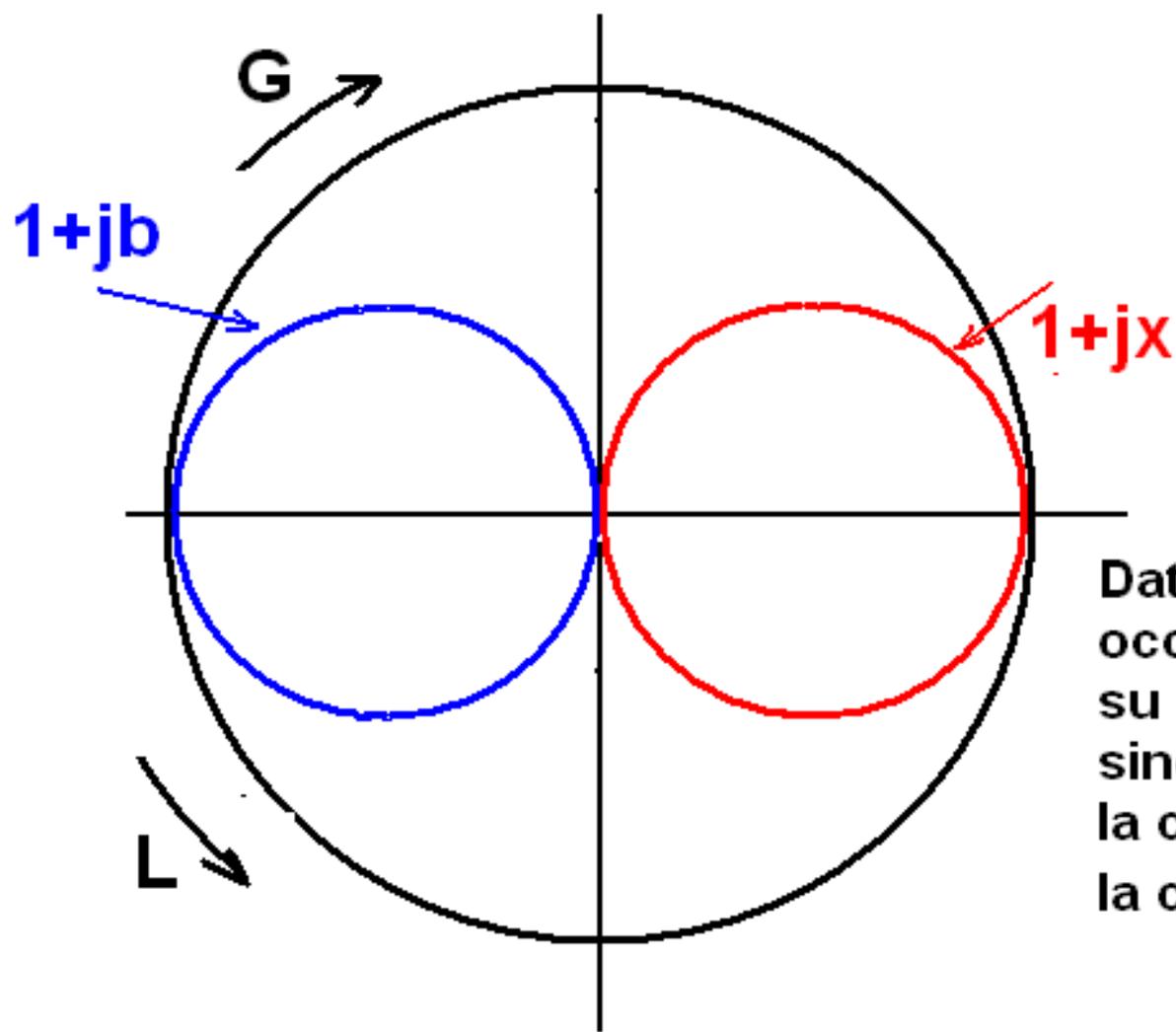
Curve a $|Z| = \text{costante}$



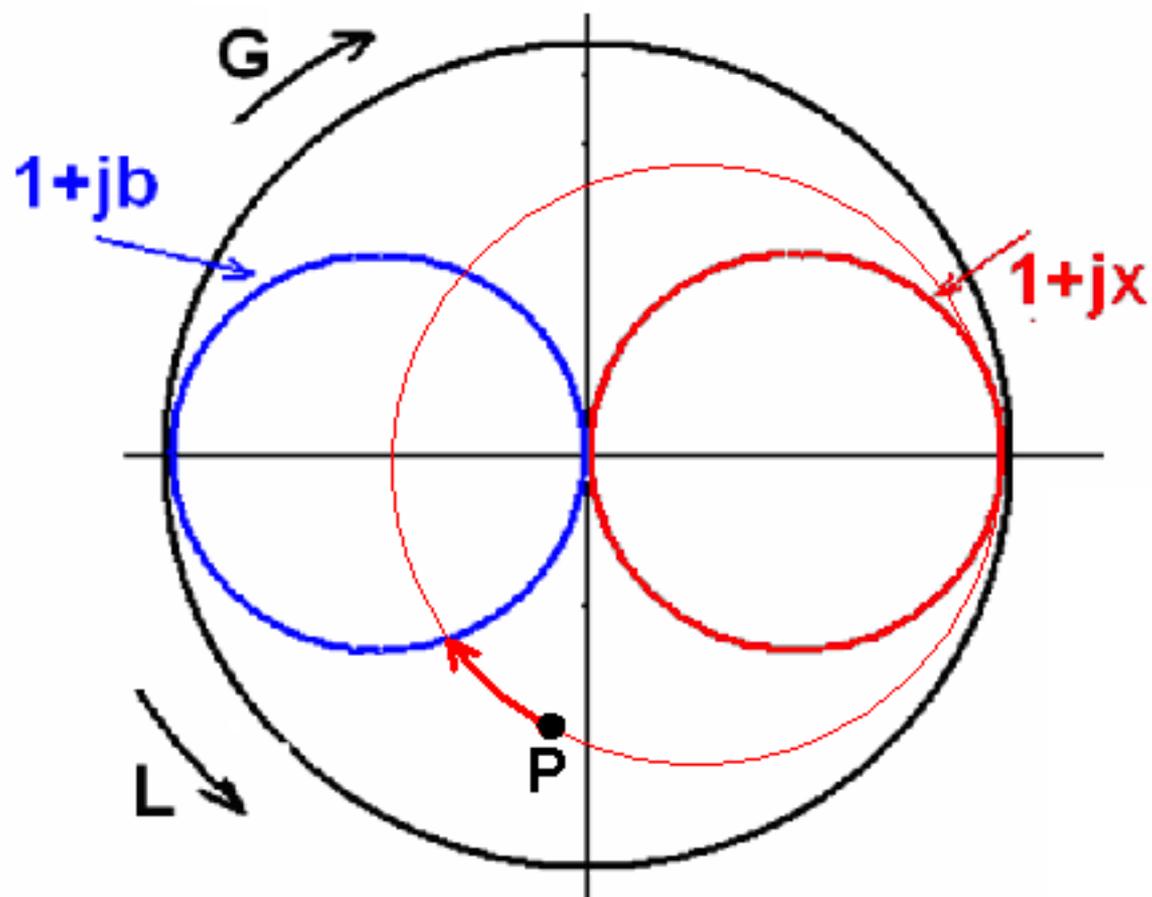
coefficiente di
riflessione $|\Gamma|$

Nel caso di carta
normalizzata a 50Ω ,
tutti i punti del segmento
che passa per il centro
della carta (evidenziato)
hanno impedenza Z
di modulo 50Ω .
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 $1+jb$.



	PIANO - Z	PIANO-Y
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

$$z_L = 1 \quad (50 + j0 \Omega)$$

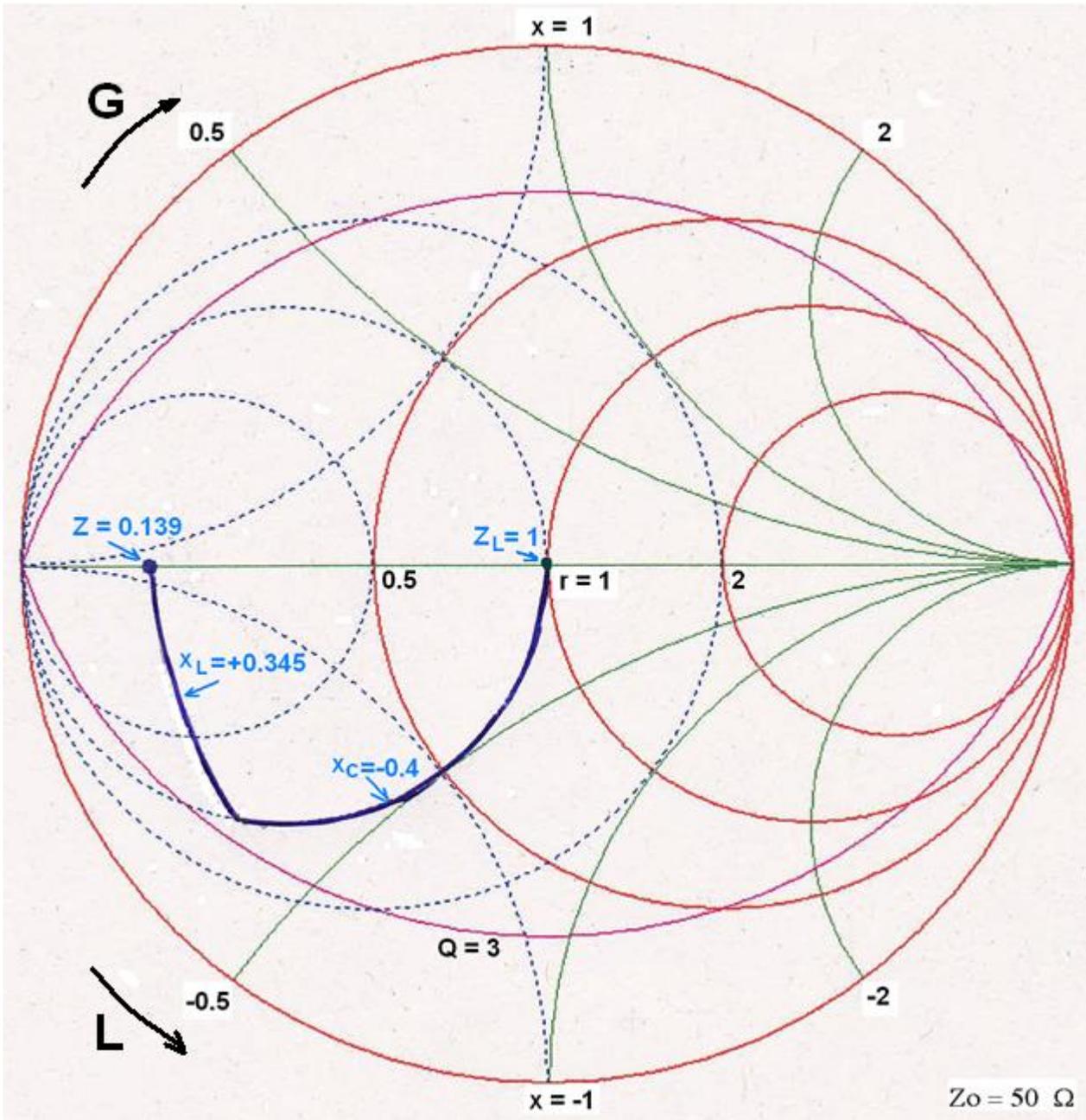
$$x_C = -0.4 \quad (-20 \Omega)$$

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

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

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 $Z_o = 50 \Omega$.

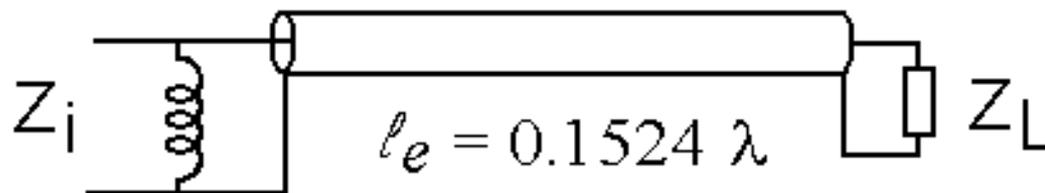
Si raggiunga la curva $Y=1$ (punto B) con compasso (raggio costante) a partire dal punto P. Il punto B ha coordinate: $Z_B = 15.476 - j 23.097$ ovvero, normalizzate, $z_B = 0.31 - j 0.462$ e, come ammettenza $y_B = 1 + j 1.494$.

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:

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

$$Z_i = 50 \ \Omega$$

