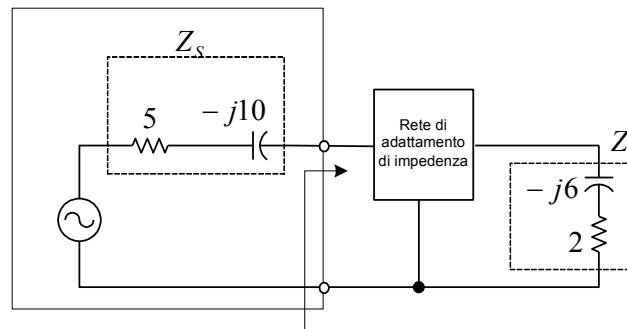


Elettronica per le telecomunicazioni

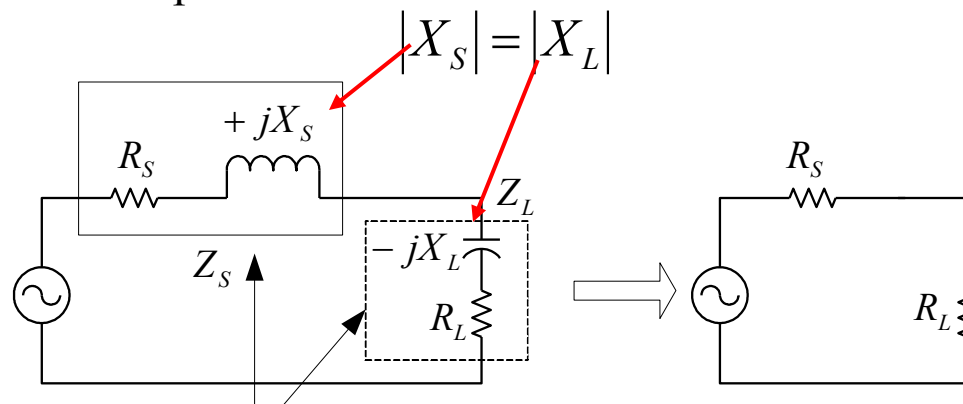
AA 2014 - 2015

Adattamento di impedenza con reti a induttanza e capacità (senza l'uso della carta di Smith)



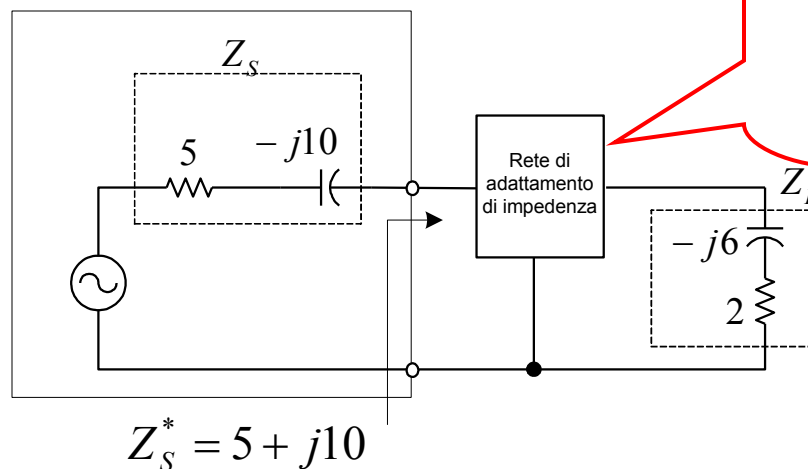
L'adattamento di impedenza nei circuiti in AC

Lo scopo principale di ogni rete di adattamento di impedenza è quello di forzare il generatore o la sorgente sorgente a vedere una impedenza che sia il complesso coniugato della sua impedenza.



Le parti reali sono uguali

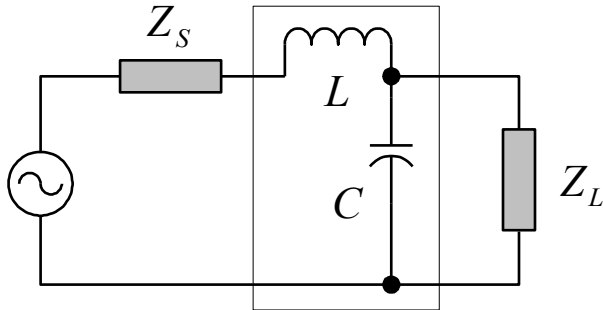
$$R_S = R_L$$



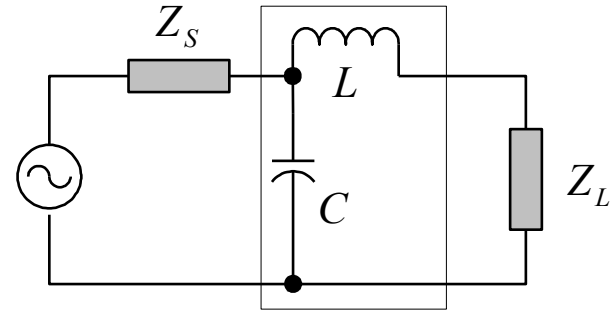
Trasforma l'impedenza del carico carico Z_L nel complesso coniugato dell'impedenza del generatore

Le reti di adattamento di impedenza a L

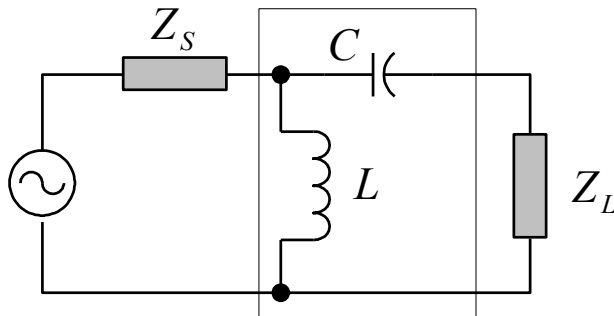
La rete di adattamento ad L (elle) è la più semplice rete di adattamento. I suoi elementi possono essere connessi in 4 diversi modi.



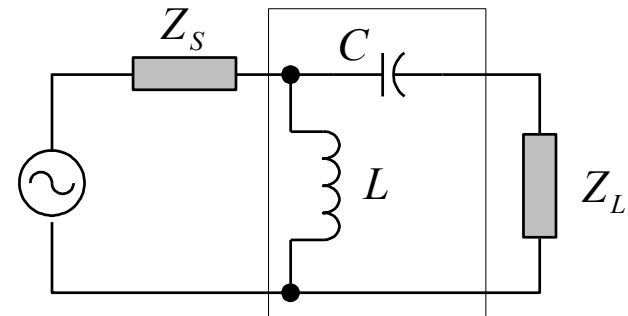
A) Passa Basso



B) Passa Basso



C) Passa Alto



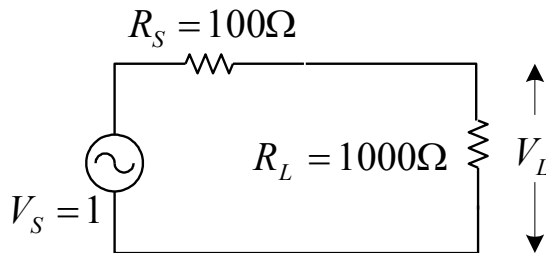
D) Passa Alto

Le reti di adattamento di impedenza a L

Esempio 1a

Esempio con rete a L di tipo passa basso.

Si deve adattare un generatore con resistenza interna 100 Ohm ad un carico con resistenza di 1000 Ohm.



Senza adattamento la **perdita** rispetto ad una condizione di adattamento è di **4,8 dB**.

$$V_L = \frac{V_S}{R_L + R_S} R_L = \frac{1}{100 + 1000} 1000 = 0,9091V \quad P_{L_2} = \frac{(V_L)^2}{R_L} = \frac{(0,9091)^2}{1000} = 0,0008 \text{ W}$$

Condizione di adattamento

$$V_L = \frac{V_S}{R_L + R_S} R_L = \frac{1}{100 + 100} 1 = \frac{1}{2} V$$

$$P_{L_1} = \frac{(V_L)^2}{R_L} = \frac{\left(\frac{1}{2}\right)^2}{100} = 0,025 \text{ W}$$

$$R_S = R_L$$

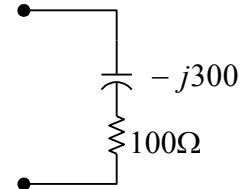
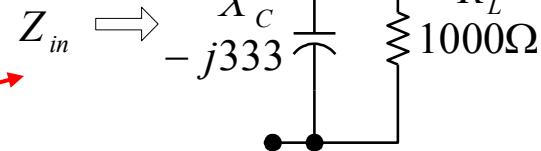
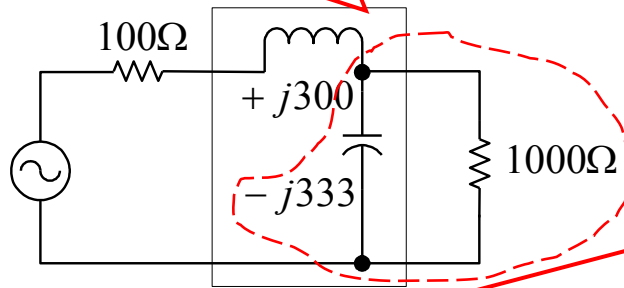
$$\frac{P_{L_1}}{P_{L_2}} = \frac{0,025}{0,0008} = 3,025 \Rightarrow 4,8dB$$

Le reti di adattamento di impedenza a L

Esempio 1b

L'inserimento della rete di adattamento consente di recuperare la perdita di 4,8 dB.

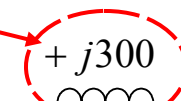
Rete di
adattamento LPF



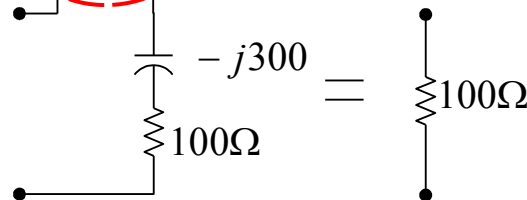
$$Z_{in} = \frac{X_C R_L}{X_C + R_L} = \frac{-j333 \cdot 10^3}{-j333 + 10^3} = 315 \angle -71,58^\circ = (100 - j300)\Omega$$

$Z_{in} \Rightarrow$

Inserendo una induttanza in serie



$$Z_{in} = 100\Omega \Rightarrow$$

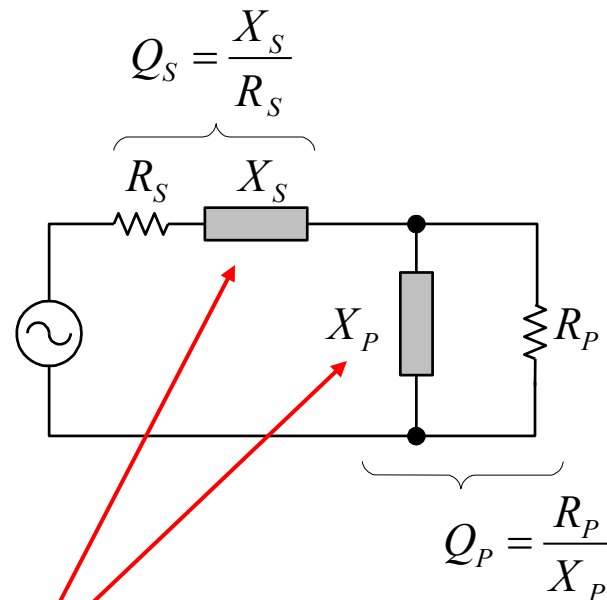


Riassumendo in un adattamento di impedenza con rete ad L, la funzione del componente in parallelo (alla sorgente o al carico) è quella di trasformare una impedenza di valore elevato in una di valore più piccolo con la parte reale uguale alla parte reale della impedenza a cui deve essere adattata (sorgente o carico).

La reattanza in serie risuonerà con la reattanza in parallelo e la cancellerà in modo da lasciare un circuito apparente con sole resistenze.

Progetto di una rete ad L tenendo conto del Q

$$Q_S = Q_P = \sqrt{\frac{R_P}{R_S} - 1}$$

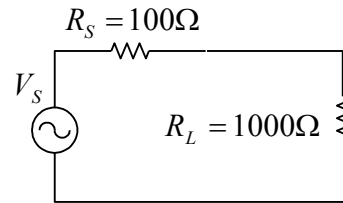


Le reattanze devono essere di segno opposto

Esempio 2a

Esempio 2

Progettare una rete di adattamento per un generatore con resistenza interna di 100 Ohm che alimenta un carico di 1000 Ohm. Si desidera che la rete possa trasferire anche la DC. La frequenza di lavoro è 100 MHz.

*Soluzione*

Si calcola il Q $R_S = 100\Omega$ $R_L = R_P = 1000\Omega$

$$Q_S = Q_P = \sqrt{\frac{R_P}{R_S} - 1} = \sqrt{\frac{1000}{100} - 1} = \sqrt{9} = 3$$

$$Q_S = \frac{X_S}{R_S} \quad X_S = Q_S R_S = 3 \cdot 100 = 300\Omega$$

È la reattanza in serie,
deve lasciar passare la
corrente continua,
sarà induttiva

$$Q_P = \frac{R_P}{X_P} \quad X_P = \frac{R_P}{Q_P} = \frac{1000}{3} = 333\Omega$$

Sarà capacitiva

Esempio 2b

$$X_S = Q_S R_S = 3 \cdot 100 = 300 \Omega$$

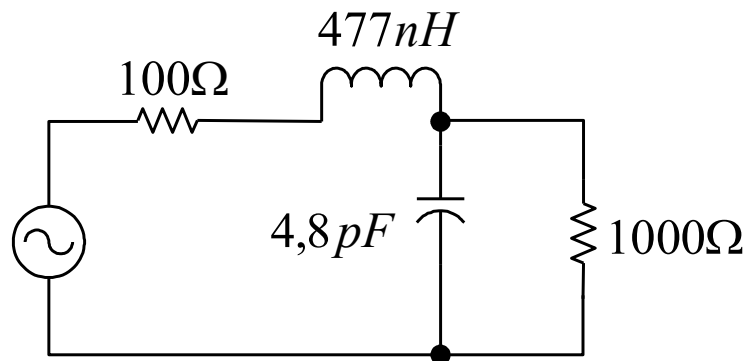
$$X_S = 2\pi f L$$

$$L = \frac{X_S}{2\pi f} = \frac{300}{2\pi 10^8} = 477 \text{ nH}$$

$$X_P = \frac{R_P}{Q_P} = \frac{1000}{3} = 333 \Omega$$

$$X_P = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$C = \frac{1}{2\pi f X_P} = \frac{1}{2\pi \cdot 333 \cdot 10^8} = 4,8 \text{ pF}$$



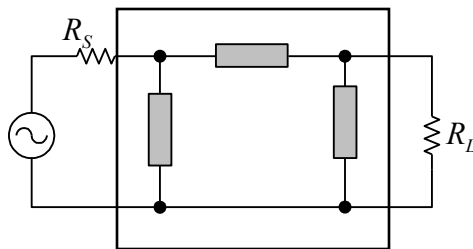
Le reti di adattamento di impedenza a tre elementi

Nelle reti ad L il fattore di merito Q è una variabile dipendente dai valori delle resistenze del generatore e del carico, risulta quindi impossibile determinare a priori il Q e di conseguenza la larghezza di banda della rete.

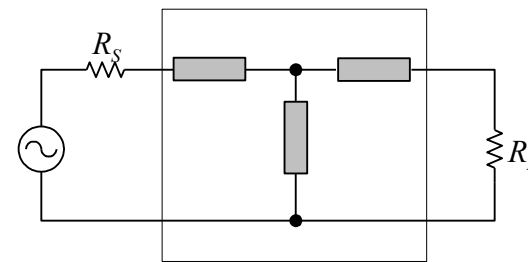
Le reti a tre elementi non presentano questa limitazione.

Ci sono due tipi di reti a tre elementi:

- le reti a Π ,
- le reti a T.



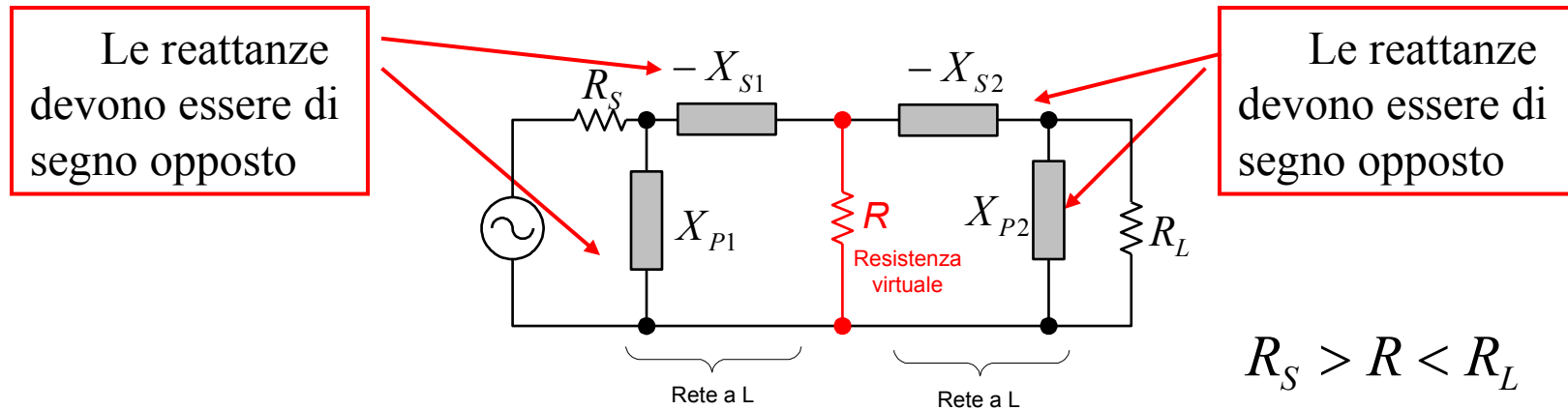
Rete a Π .



Rete a T.

La rete a Π

La rete a Π può essere descritta come due reti ad L affacciate che adattano una resistenza virtuale.



Il progetto segue lo stesso procedimento usato nel progetto delle reti ad L, con la differenza che il valore della resistenza virtuale viene scelto in modo che il valore del Q sia quello desiderato.

Si fissa il valore del Q.

$$Q = \sqrt{\frac{R_H}{R} - 1}$$

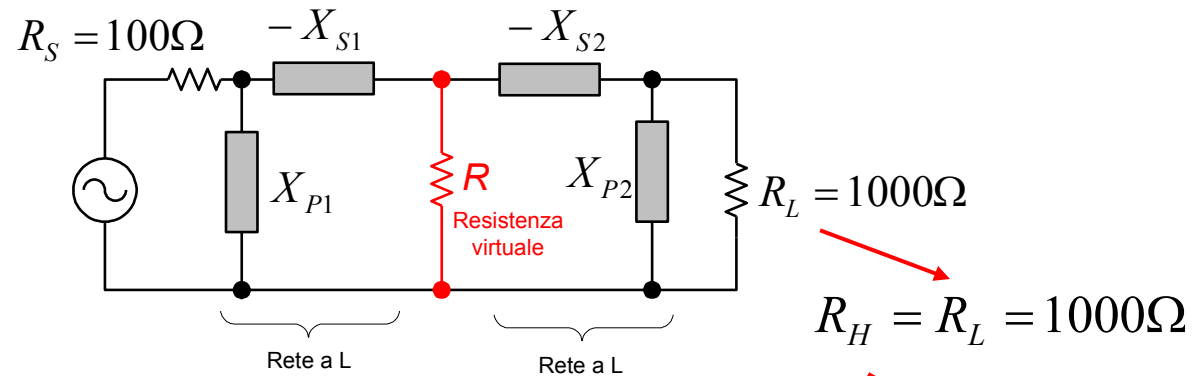
R_H è uguale al valore più elevato fra R_S e R_L .

Resistenza virtuale

La rete a Π , Esempio 3 a

Esempio 3

Usando lo schema in figura progettare una rete a che adatti un generatore con ad un carico . Ogni rete deve avere un $Q = 15$.



Soluzione

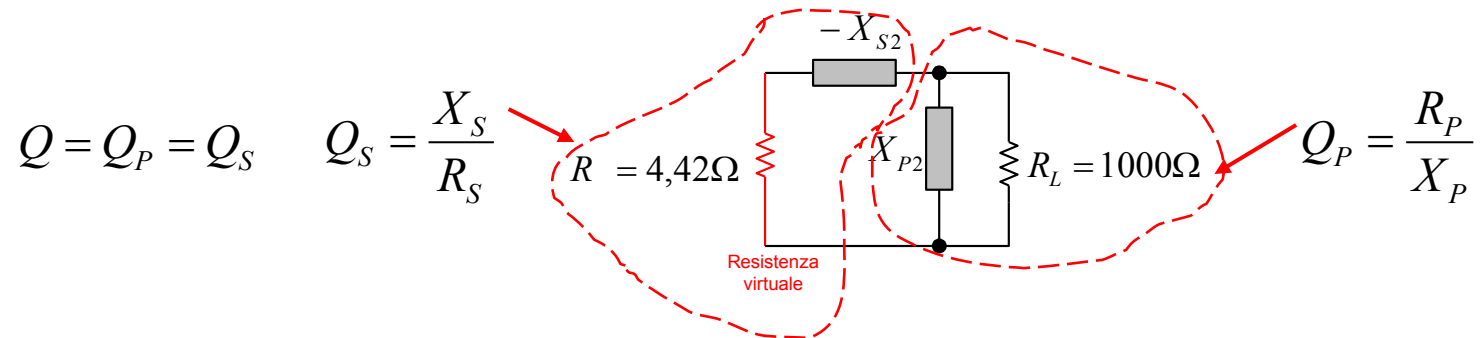
Si parte dal $Q = 15$. $Q = \sqrt{\frac{R_H}{R} - 1} \Rightarrow Q^2 = \frac{R_H}{R} - 1 \Rightarrow R = \frac{R_H}{Q^2 + 1}$

$R = \frac{1000}{15^2 + 1} = 4,42\Omega$

Resistenza virtuale

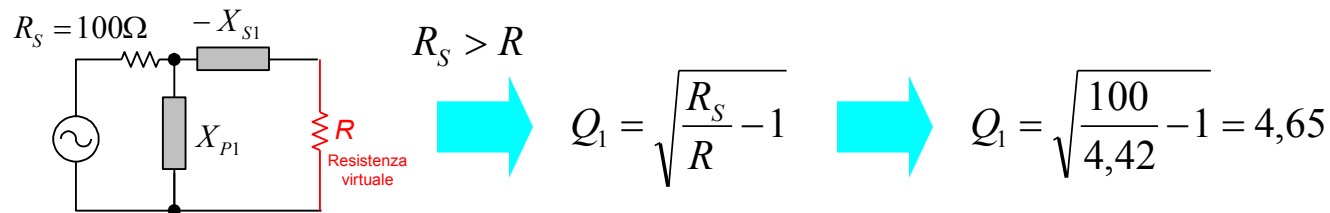
La rete a Π , Esempio 3 b

Si calcolano X_{P2} e X_{S2} come se questa parte di rete fosse una rete ad L



$$X_{S2} = Q_S R_S = Q_S R = 15 \cdot 4,42 = 66,3\Omega \quad X_{P2} = \frac{R_{P2}}{Q_P} = \frac{R_L}{Q} = \frac{1000}{15} = 66,66\Omega$$

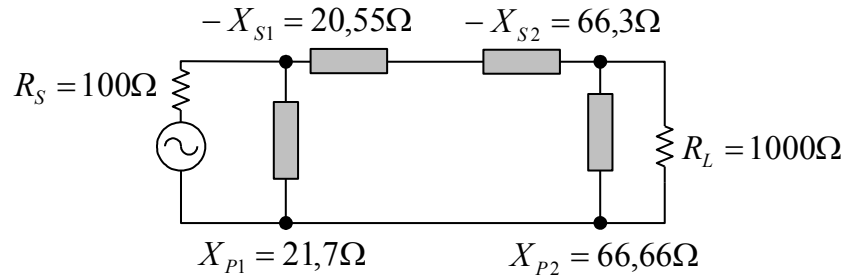
Si procede al calcolo della rete verso il generatore. Il fattore di merito viene definito dal valore della resistenza virtuale R già nota.



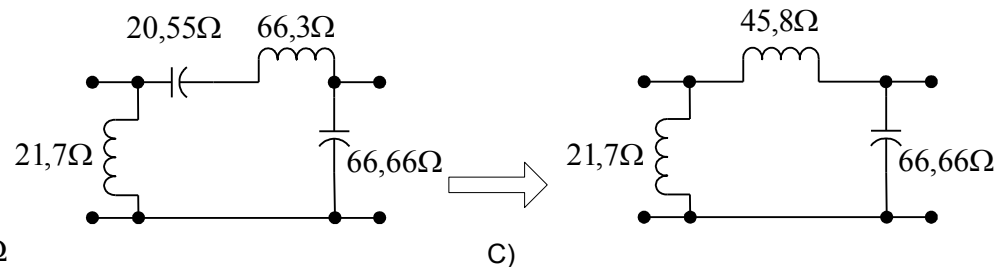
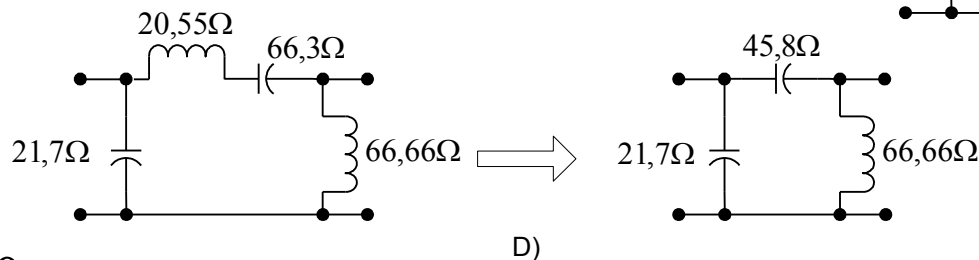
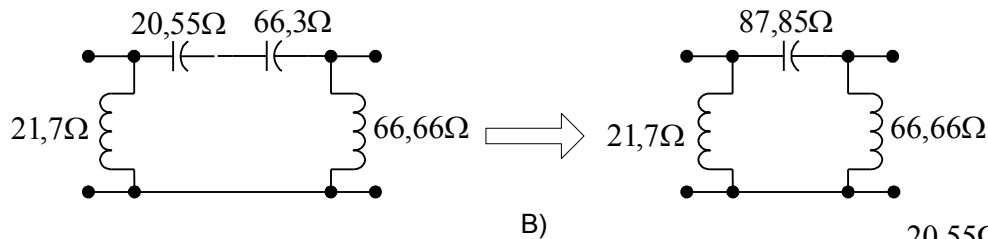
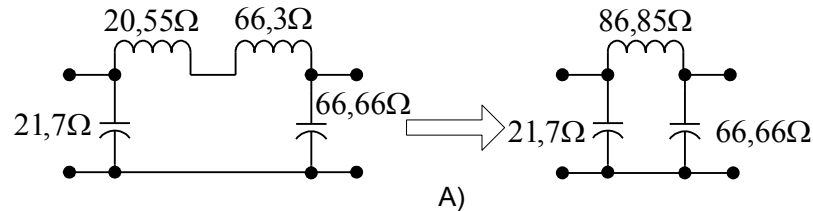
$$X_{P1} = \frac{R_{P1}}{Q_1} = \frac{R_S}{Q_1} = \frac{100}{4,65} = 21,7\Omega \quad X_{S1} = Q_1 R_{Serie} = Q_1 R = 4,65 \cdot 4,42 = 20,55\Omega$$

La rete a Π , Esempio 3 c

La rete completa



Si possono scegliere diverse configurazioni di rete



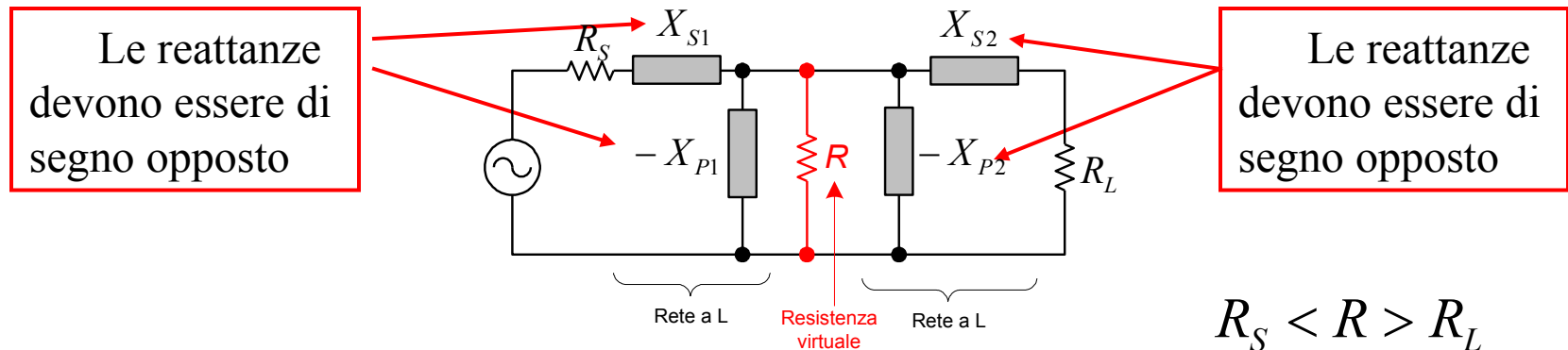
La scelta fra le reti A, B, C e D dipende dall'applicazione:

- dalla possibilità di eliminare le capacità distribuite (assorbimento),
- se la rete deve essere di tipo Filtro Passa Basso per eliminare le armoniche del segnale oppure Passa Alto,
- se serve un blocco per la componente continua.

Il valore della banda passante complessiva della rete è determinato dalla sezione a L della rete che ha il valore di Q più alto..

La rete a T

Anche la rete a T può essere descritta come due reti ad L affacciate che adattano una resistenza virtuale.



Si usa questa soluzione quando sono richiesti valori più elevati di Q.

Il valore del Q (caricato) è determinato da dalla sezione a L che ha il più alto valore di Q.

Per definizione la sezione a L che ha il più elevato valore di Q è quella che “termina” con la resistenza più bassa (le resistenze di terminazione R_S e R_L si trovano nei rami serie delle due reti a L).

La rete a T

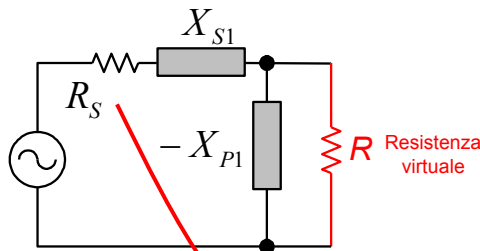
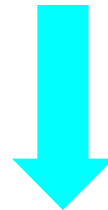
Partendo dalla sezione di rete a L vicino al generatore.

Si fissa il valore del Q.

$$Q = \sqrt{\frac{R_P}{R_S} - 1}$$

R_S è la resistenza di valore più basso nel ramo in serie della rete ad L

R_P è la resistenza di valore più elevato nel ramo in // della rete ad L



$$Q = \sqrt{\frac{R}{R_S} - 1}$$

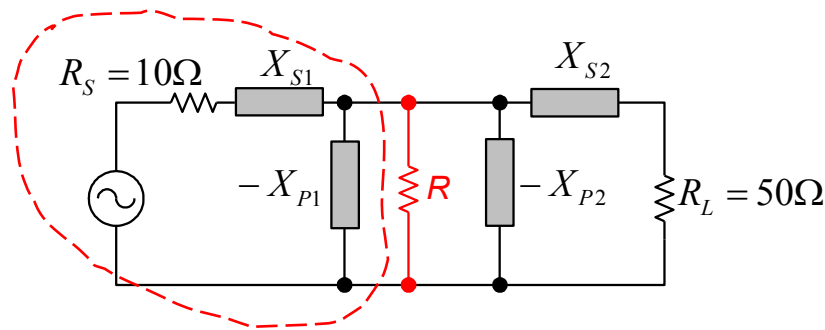
Resistenza virtuale

$$R_S < R$$

La rete a T , Esempio 4a

Esempio 4

Usando lo schema in figura, progettare quattro diverse reti di adattamento per adattare un generatore con resistenza interna 10 Ohm un generatore ad un carico di 50 Ohm.

*Soluzione*

Si calcola R partendo dal $Q = 10$.

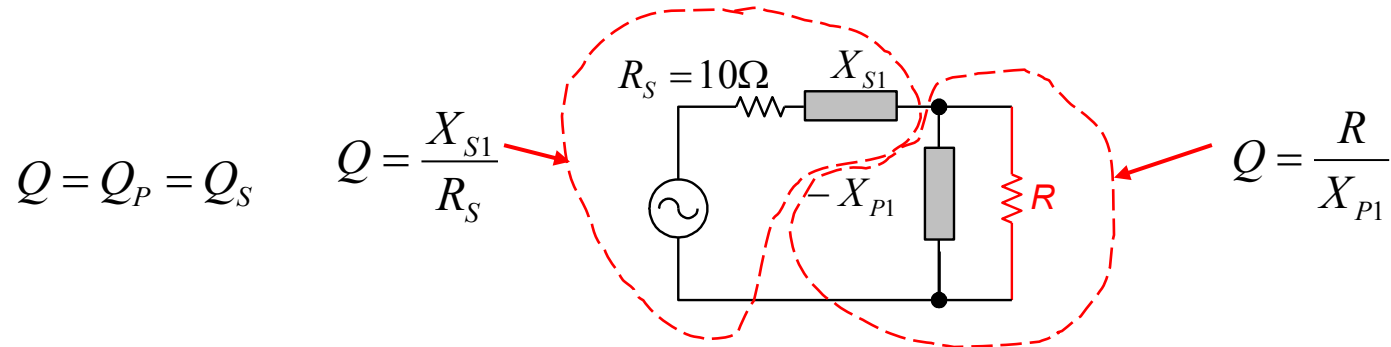
Il Q più elevato sarà determinato dalla sezione a L con il valore più basso di resistenza in serie.

$$Q = \sqrt{\frac{R}{R_s} - 1} \Rightarrow Q^2 = \frac{R}{R_s} - 1 \Rightarrow R = (Q^2 - 1)R_s = (100 - 1)10 = 990 \Omega$$

$$\begin{aligned} R_s &= 10 \Omega \\ R_s &< R_L \end{aligned}$$

La rete a T , Esempio 4b

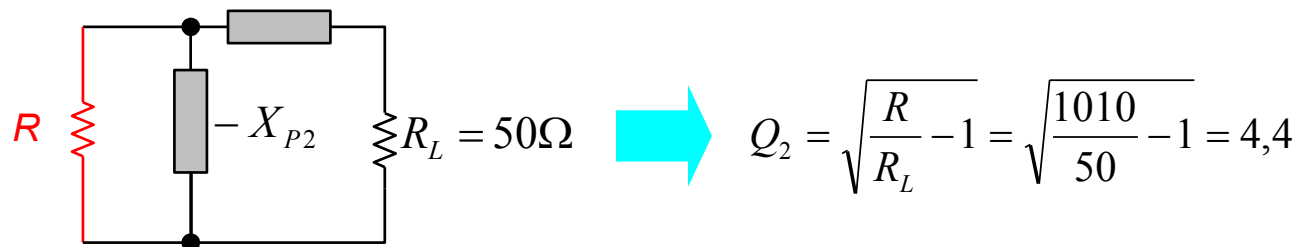
Si calcolano X_{P1} e X_{S1} come se questa parte di rete fosse una rete ad L



$$X_{S1} = Q R_S = 10 \cdot 10 = 100\Omega$$

$$X_{P1} = \frac{R_P}{Q} = \frac{R}{Q} = \frac{1010}{10} = 101\Omega$$

Si procede al calcolo della rete verso il carico. Il fattore di merito viene definito dal valore della resistenza virtuale R già calcolata.

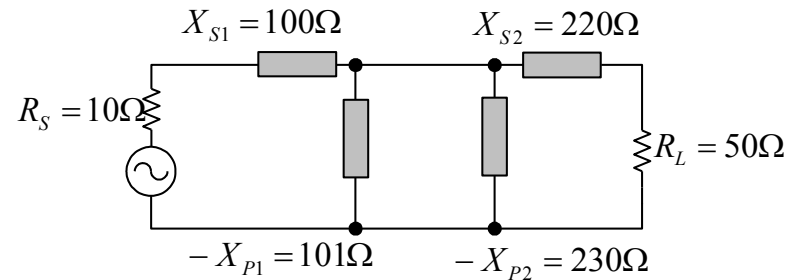


$$X_{P2} = \frac{R}{Q_2} = \frac{1010}{4,4} = 230\Omega$$

$$X_{S2} = Q_2 R_L = 4,4 \cdot 50 = 220\Omega$$

La rete a T, Esempio 4c

La rete con i valori delle reattanze.



Si possono scegliere diverse configurazioni di rete

