

FILTRO A CAVITÀ

Generalità

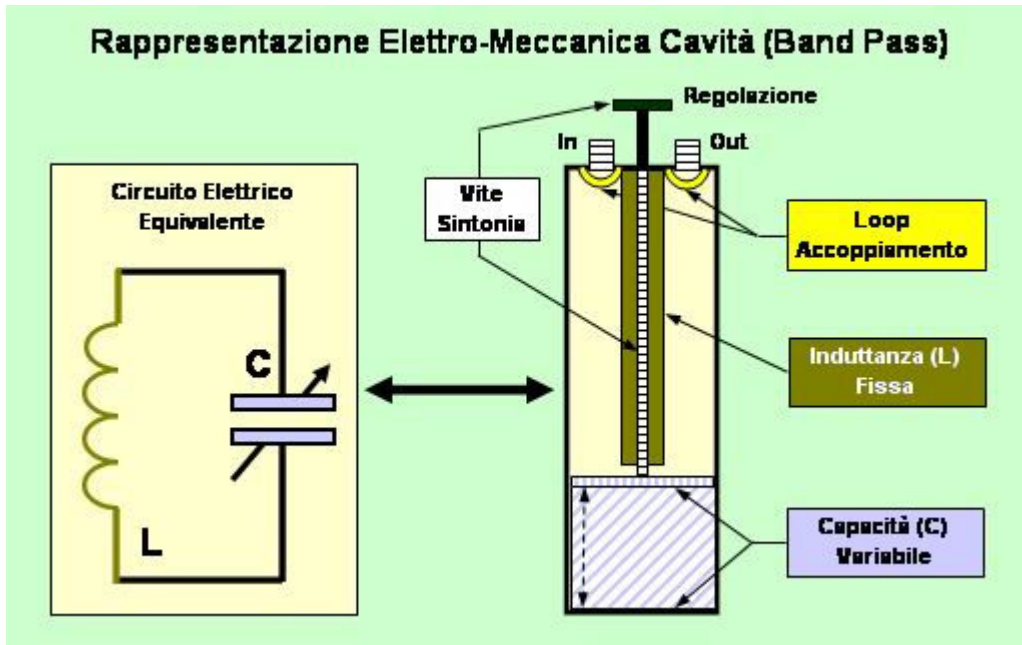


Fig. 1 - Rappresentazione Electro-Meccanica di un Filtro a Cavità

Fisicamente una cavità è costituita da un "circuito risonante (LC)" costruito internamente in un "contenitore" metallico, come è illustrato nella parte dx della Fig. 1.

Generalmente il contenitore metallico è un cilindro, ma può assumere altre forme come quadratica rettangolare ecc., nel cui interno si trova una parte meccanica fissa che simula l'induttanza (L) ed una mobile tramite, una vite di sintonia, che simula la capacità variabile (C).

Due "Loop di Accoppiamento" collegano elettricamente il circuito risonante a due connettori, tipo "RF", di ingresso "In" e di uscita "Out".

Di solito i filtri a cavità vengono usati in R. F. quando le potenze in gioco sono elevate (da decine a centinaia di Watt e oltre sino ai KW) dove un normale filtro realizzato con bobine e condensatori uno potrebbe essere utilizzato per ragioni anche troppo evidenti.

Si possono realizzare filtri a cavità tipo:

- Passa Basso → lascia passare tutte le frequenze al di sotto della frequenza a cui è accordato (F_{tL})
- Passa Alto → lascia passare tutte le frequenze al di sopra della frequenza a cui è accordato (F_{tU})
- Passa Banda → lascia passare tutte le frequenze all'interno di due frequenze a cui è accordato (F_{tL} e F_{tU})
- Notch → lascia passare tutte le frequenze escluso quella frequenza a cui è accordato (F_{tNTC})

In questo tutorial ci occuperemo solamente dei filtri a cavità Passa Banda e Notch (in fondo un filtro Passa Banda è costituito da un Passa Basso e da un Passa Alto).
Quindi analizzeremo i due tipi di filtri studiandone la f.d.t. (funzione di trasferimento) e tutti quei parametri elettrici che li caratterizzano cominciando col Passa Banda.

FILTRO A CAVITÀ PASSA BANDA

Il parametro più importante che caratterizza un filtro a cavità Passa Banda è il "Q a vuoto [Q_V]" detto anche "Fattore di Merito".

Questo dipende dalle caratteristiche meccaniche della cavità e dai materiali usati per la sua costruzione, tanto più alto è il valore del Q_V tanto migliore è il filtro (tipicamente il suo valore si varia da 4500 a 5500 per cavità in banda VHF e da 3000 a 3500 in banda UHF).

In base alle caratteristiche meccaniche si definisce anche il range di frequenza [Δ_F] all'interno del quale il filtro può essere sintonizzato (di solito alcuni MHz)

Un altro parametro importante sono "Le Perdite di Inserzione - Insertion Loss [IL]".

In base a questo parametro si definiscono altri due parametri:

- [Q_C] → Q a carico del filtro
- [Bw_{3dB}] → la Banda a 3 dB (la selettività del filtro)

In poche parole, maggiore è il termine I_L maggiore è il Q_C più piccola è la Bw_{3dB} e quindi, conseguentemente, più selettivo è il filtro.

Tutti questi termini sono legati tra loro dalle seguenti relazioni:

$$\text{Rel. 1)} \quad Q_C = Q_V \cdot \left(1 - 10^{-\frac{I_L}{20}} \right)$$

dove

I_L → Insertion Loss espresso in dB

Q_V → Q a vuoto (adimensionato)

Q_C → Q a carico (adimensionato)

$$\text{Rel. 2)} \quad Bw_{3dB} = \frac{F_0}{Q_C}$$

dove:

F_0 → Frequenza di Sintonia del filtro espressa in KHz

Q_C → Q a carico (adimensionato)

Bw_{3dB} → la Banda a 3 dB espressa in KHz

La f.d.t. (funzione di trasferimento) della cavità è data dalla seguente relazione:

$$\text{Rel. 3)} \quad A_0 = 10 \cdot \log \left\{ \frac{1}{1 + \left[Q_C \cdot \left(\frac{F_0}{\Delta_F} - \frac{\Delta_F}{F_0} \right) \right]^2} \right\}$$

dove:

$A_0 \rightarrow$ Guadagno (espresso in dB)

$Q_C \rightarrow Q$ a carico (adimensionato)

$F_0 \rightarrow$ Frequenza di Sintonia del filtro (espressa in MHz)

$\Delta_F \rightarrow$ range di frequenza (espresso in MHz)

Mentre la fase della f.d.t. è data dalla relazione:

$$\text{Rel. 4)} \quad \text{Fase}_{A_0} = \tan^{-1} \left(\frac{1}{A_0} \right) \cdot \frac{180}{\pi}$$

Nelle successive figure si possono osservare i grafici delle Rel. 3) e Rel. 4) supponendo che il filtro sia sintonizzato ad una $F_0 = 130$ MHz e che Δ_F vari da 128 \rightarrow 132 MHz

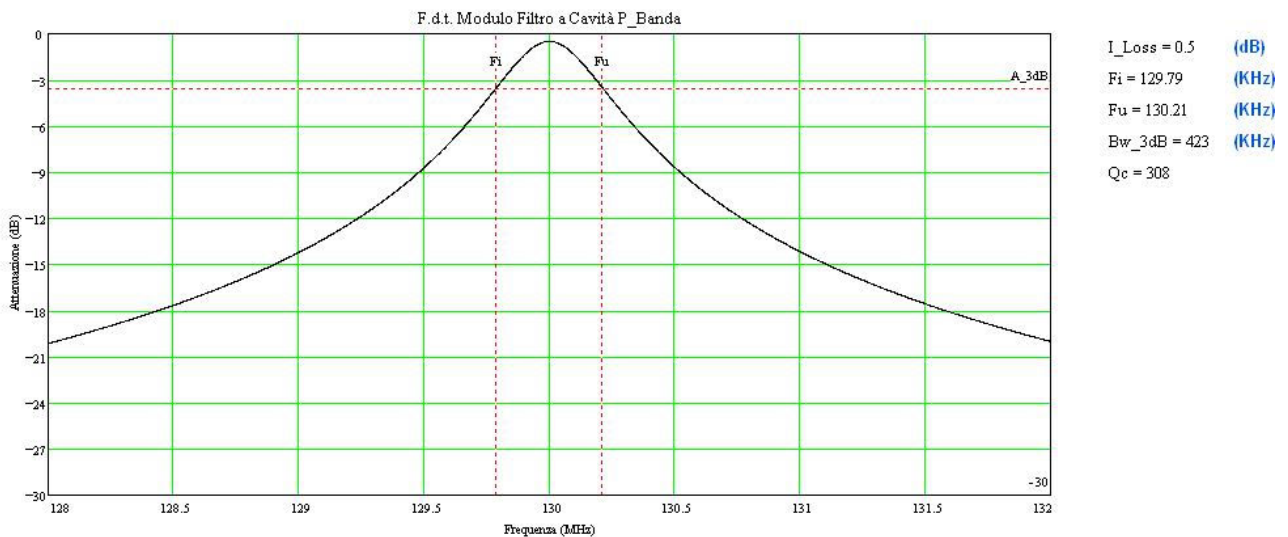


Fig. 1 - f.d.t. Modulo Filtro Passa Banda a cavità $I_L = 0,5$ dB

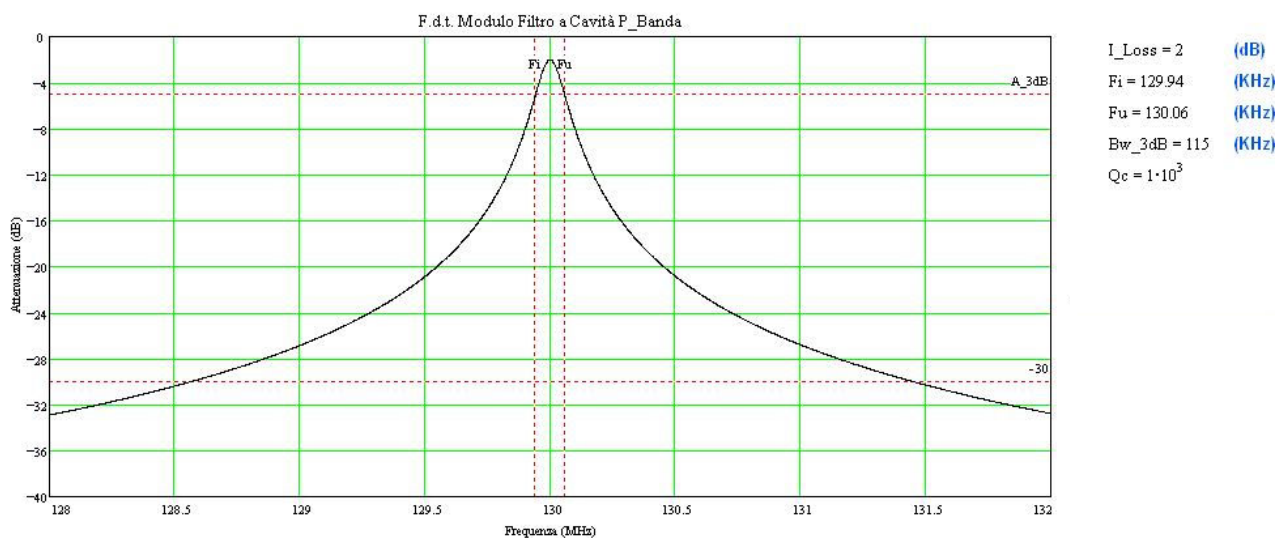


Fig. 2 - f.d.t. Modulo Filtro Passa Banda a cavità $I_L = 2$ dB

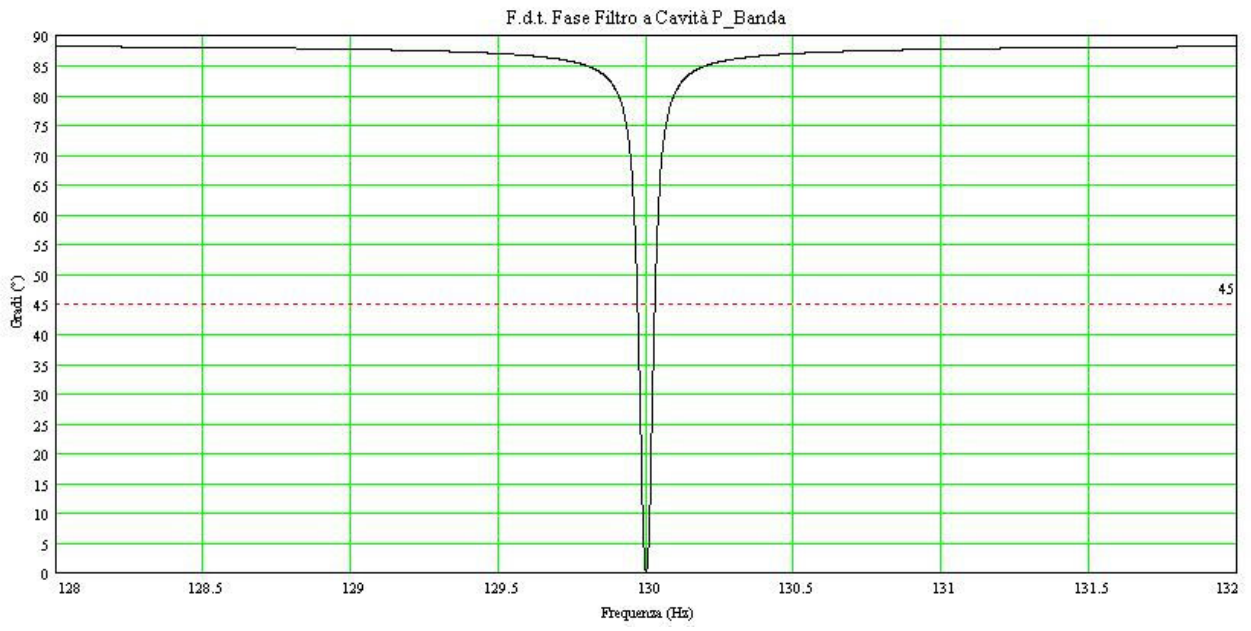


Fig. 3 - f.d.t. Fase Filtro Passa Banda a cavità

FILTRO A CAVITÀ NOTCH

In base alle caratteristiche meccaniche si definisce anche il range di frequenza $[\Delta_F]$ all'interno del quale il filtro può essere sintonizzato (di solito alcuni MHz)

Comunque il parametro più importante che caratterizza un filtro a cavità Notch è la Banda a 3 dB $[Bw_{3dB}]$, cioè una volta definita la Frequenza di Notch $[F_{NTC}]$, la frequenza alla quale vogliamo la massima attenuazione, in base alla $[Bw_{3dB}]$ si determina la selettività del filtro.

In base a questo parametro si definisce il Q a carico $[Q_C]$ del filtro

In poche parole, tanto più selettivo è il filtro tanto più piccola è la Bw_{3dB} e conseguentemente tanto maggiore è il Q_C .

Questi due termini sono legati tra loro dalla seguente relazione:

$$\text{Rel. 6)} \quad Q_C = \frac{F_{NTC}}{Bw_{3dB}}$$

dove:

$Q_C \rightarrow$ Q a carico (adimensionato)

$F_{NTC} \rightarrow$ Frequenza a cui è sintonizzato il filtro ed è espressa in KHz

$Bw_{3dB} \rightarrow$ la Banda a 3 dB espressa in KHz

La f.d.t. (funzione di trasferimento) della cavità è data dalla seguente relazione:

$$\text{Rel. 7)} \quad A_o = 10 \cdot \log \left\{ \frac{F_{NTC}}{1 + \left[Q_C \cdot F_{NTC} \cdot \left(\frac{F_{NTC} - \Delta_F}{F_{NTC}} - \frac{F_{NTC}}{F_{NTC} - \Delta_F} \right) \right]} \right\}^2$$

dove:

$A_o \rightarrow$ Guadagno (espresso in dB)

$Q_C \rightarrow$ Q a carico (adimensionato)

$F_{NTC} \rightarrow$ Frequenza a cui è sintonizzato il filtro ed è espressa in MHz

$\Delta_F \rightarrow$ range di frequenza (espresso in MHz)

Nelle successiva figura si può osservare il grafico relativo alla Rel. 7) supponendo che i parametri del filtro siano:

- $F_{NTC} \rightarrow 127$ MHz
- $Bw_{3dB} \rightarrow 500$ KHz
- $\Delta_F \rightarrow 4$ MHz - Variazione totale di frequenza pari a $[F_{NTC} \pm (\Delta_F / 2)]$ MHz

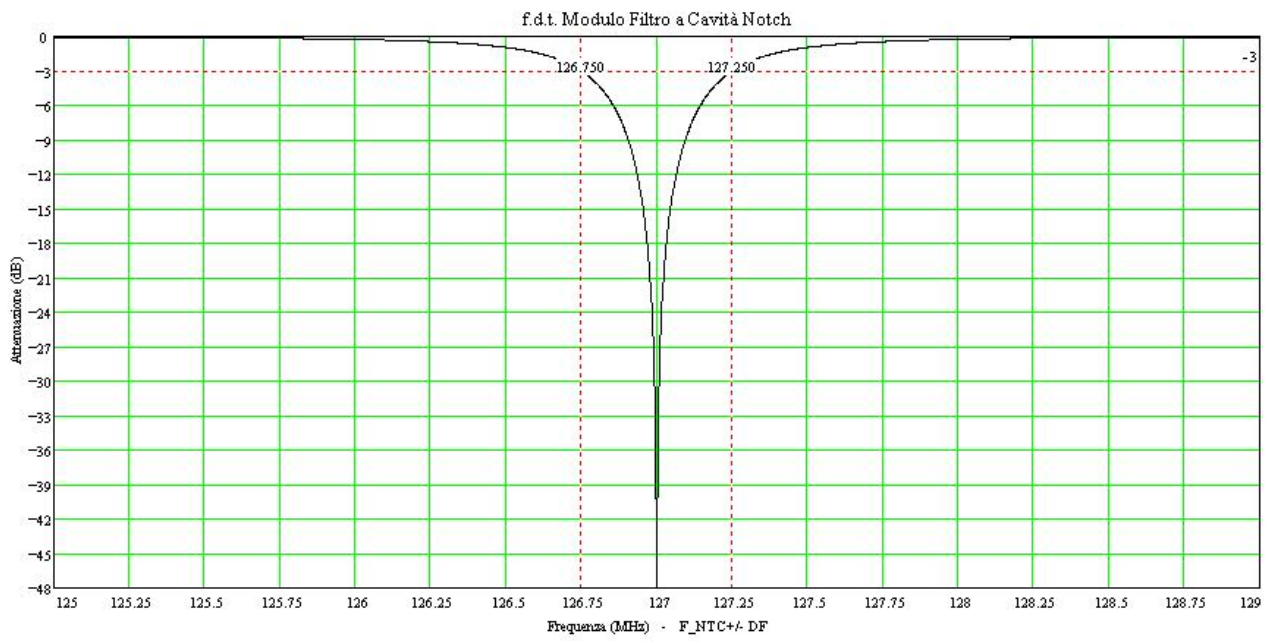


Fig. 1 - f.d.t. Modulo Filtro Notch a cavità ($Bw_{3dB} = 500$ KHz)