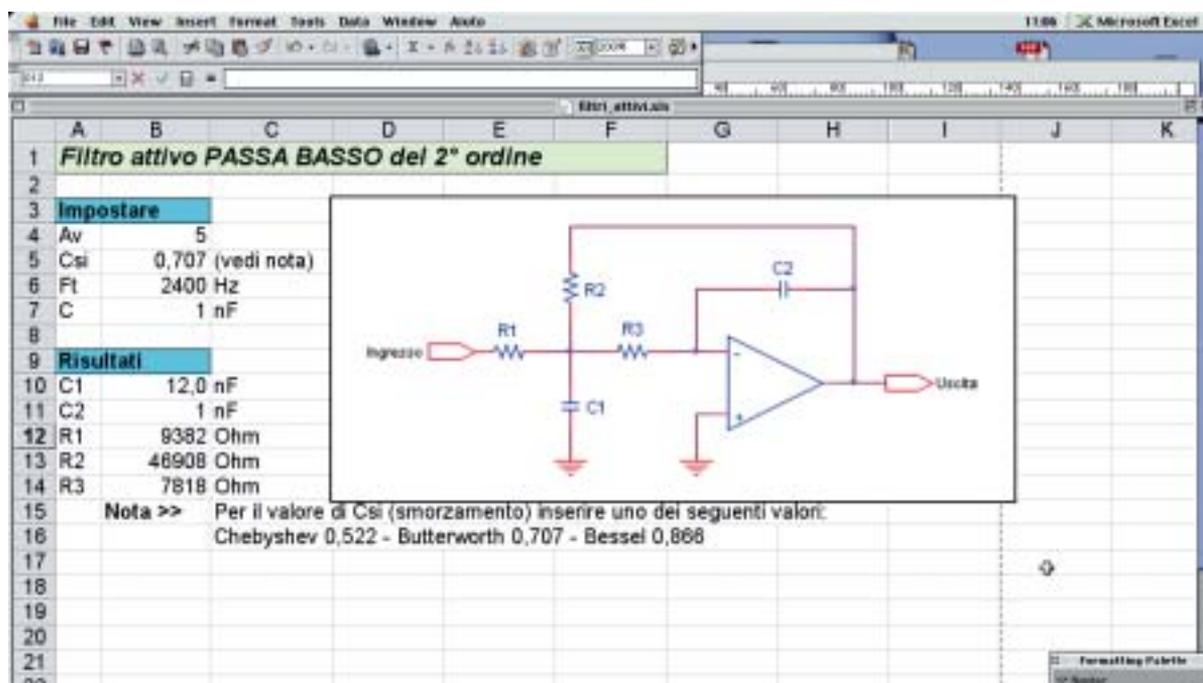


# Filtri attivi con operazionali

Claudio Viccione



**Può capitare, per chi si diverte a progettare o modificare, di avere la necessità di utilizzare dei filtri attivi, realizzati con Amplificatori Operazionali, da inserire nel circuito elettronico al quale si sta lavorando...**

...ad esempio si vuole pulire un po' il segnale di un ricevitore, si ha la necessità di separare un tono di una certa frequenza (demodulatori, RTTY, CW), si vuole attenuare l'eventuale ronzio da rete elettrica che rientra in un amplificatore.

I motivi possono essere tanti, così come le applicazioni dei filtri realizzati con gli **O.A. (Amplificatori Operazionali)** ho quindi realizzato una semplice applicazione che utilizza Microsoft Excel per il dimensionamento di filtri del secondo ordine **Passa Basso, Passa Alto, Passa Banda**.

È sufficiente selezionare la cartella Excel relativa al tipo di filtro di cui abbiamo bisogno, impostare qualche dato ed ottenere i risultati (valori delle resistenze e condensatori).

Per ogni tipo di filtro è disegnato lo schema elettrico corrispondente. L'operazionale è generico e quindi va completato con la numerazione dei piedini e con le due tensioni di alimentazione (positiva e negativa).

Dipende quindi dal modello di operazionale scelto. I più comuni sono il **μA741** (il solito), il **TL081** (a FET), il **TL082** (doppio), il **TL084** (quadruplo), l'**LM324** (economico). Nella figura 1 trovate le piedinature di questi integrati.

Tutti i filtri sono del 2° ordine, con una pendenza quindi di circa 40 dB per decade (o 12 dB per ottava). Ciò significa che se realizziamo un filtro passa-basso con  $f_T$  di 800 Hz (frequenza di taglio) avremo un'attenuazione di 40 dB ad una fre-

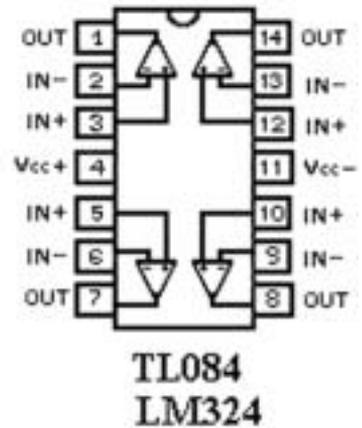
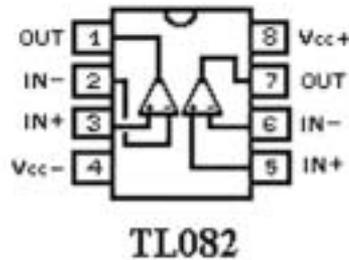
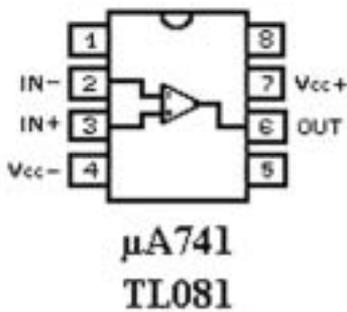


Figura 1  
piedinatura degli operazionali più comuni

quenza di 8kHz e di 80 dB ad una frequenza di 80kHz, per lo meno in teoria.

Se è necessario un maggiore filtraggio si possono collegare due o più stadi in cascata in modo da avere un filtro del 4° ordine, o del 6° ordine e così via.

Per tutti i filtri uno dei valori da impostare è AV (guadagno di tensione). Di solito si sceglie 1, cioè il filtro non amplifica il segnale, ma si possono mettere valori maggiori o minori. Attenzione a non esagerare, se il guadagno è troppo grande il filtro può avere una risposta molto diversa dalla teoria o addirittura mettersi ad oscillare.

Per i filtri passa-basso e passa-alto bisogna inserire il valore di Csi (smorzamento). Il valore più comune è 0,707 che corrisponde ai filtri di tipo Butterworth con risposta piatta nella banda passante e -3 dB alla frequenza di taglio fT. Se si preferisce limitare la distorsione di fase si può inserire il valore 0,866 (filtri di Bessel). Per una maggiore ripidità al di fuori della banda pas-

sante inserire il valore 0,522 (filtri di Chebyshev) che causano però un po' di ondulazione. Il grafico 1 è molto più chiaro delle mie parole.

Altri due valori da inserire sono la fT desiderata (ovviamente) ed il valore di partenza dei condensatori C. Ho preferito impostare i condensatori perché è più facile giocare con i valori commerciali delle resistenze per ottenere i valori che escono dai calcoli piuttosto che il contrario.

Per i filtri passa banda non si deve inserire il valore dello smorzamento (Csi) ma quello del fattore di

bontà (Q) che influenza la larghezza della banda passante. Infatti dividendo il valore di fT per Q di ottiene la larghezza di banda a -3dB. Ad esempio se ho un filtro con fT di 800Hz e con Q pari a 4 allora avrà una banda passante, misurata a -3dB, di 200 Hz.

### Esempi

Sono stati calcolati, costruiti e collaudati tre filtri, uno per tipo, utilizzando come amplificatore una sezione di un TL082 (doppio operazionale) alimentato con un'alimentazione duale di 12 Vdc.

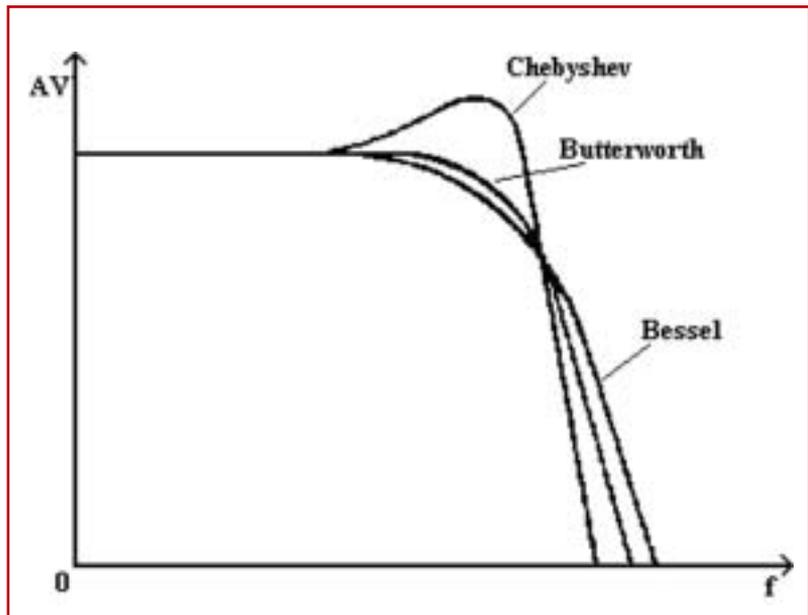


Grafico 1

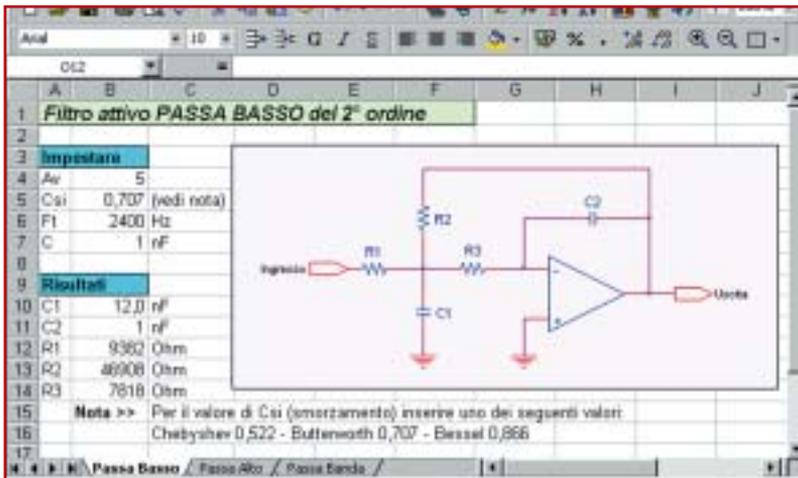


Figura 2

Potete vedere un filtro passa-basso con  $f_T$  di 2400Hz ed  $AV$  pari a 5. Per  $R_1$  è stata utilizzata una resistenza da 10kOhm, per  $R_2$  una da 470hm e per  $R_3$  una da 8,2kOhm.

Il risultato è visibile dal grafico 2. L'amplificazione per le basse frequenze è di circa 14 dB ( $AV = 5$ ).

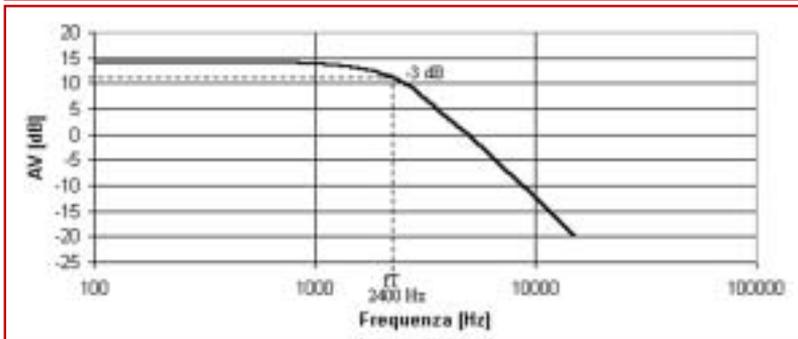


Grafico 2

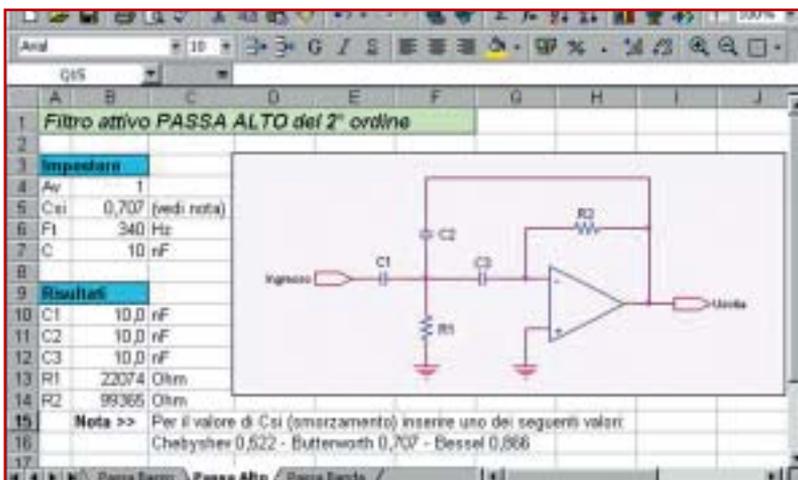


Figura 3

Filtro passa-alto con  $f_T$  di 340Hz ed  $AV$  pari a 1. Per  $R_1$  è stata utilizzata una resistenza da 22k Ohm e per  $R_2$  una da 100k Ohm. Il risultato è visibile dal grafico 3.

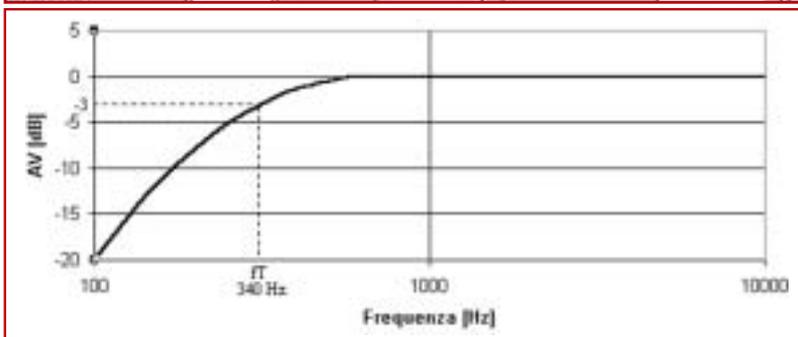


Grafico 3

Figura 4

Filtro passa-banda con  $f_T$  di 800Hz,  $Q$  pari a 4 ed  $AV$  pari a 1.  
 Per  $R_1$  è stata utilizzata una resistenza da 33k Ohm, per  $R_2$  una da 1,2k Ohm e per  $R_3$  una da 75k Ohm. Il risultato è visibile dal grafico 4.  
 Rispetto ai valori teorici risulta una  $f_T$  di 740 Hz con  $AV$  pari a 1,1. Inoltre la banda passante è un pochino più larga rispetto a quanto impostato, 250Hz contro i 200Hz che si prevedevano avendo impostato  $Q = 4$ .

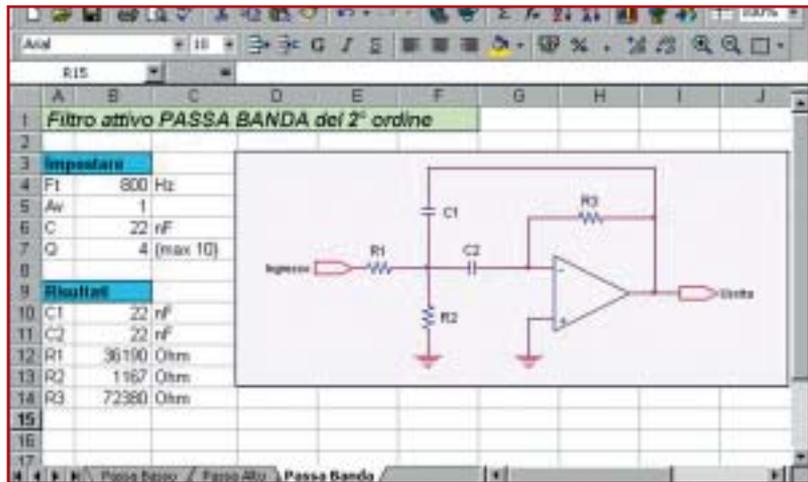
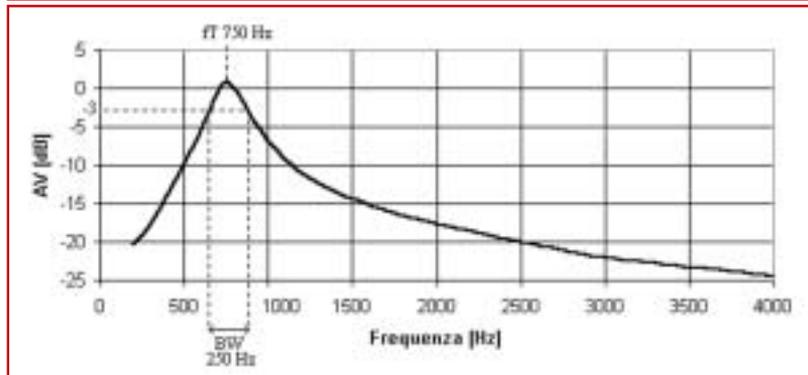


Grafico 4



In conclusione, a parte qualche differenza dovuta alle approssimazioni del calcolo, alla tolleranza dei componenti ed a qualche piccolo errore di misura, i risultati pratici sono molto vicini ai calcoli teorici.

Spero quindi che questo piccolo programma possa esservi utile per le vostre realizzazioni.

Il file **filtri\_attivi.xls** è scaricabile liberamente dal sito della rivista. Per qualsiasi chiarimento sono a disposizione presso la redazione della rivista.

*claudio.viccione@elflash.it*

**Strumentazione utilizzata:**

- Generatore di segnali  
Wandel & Goltermann Mod. TFPS-75
- Oscilloscopio  
Tectronix Mod. 7403N
- Frequenzimetro digitale  
Systron Donner Mod. 6220
- Voltmetro automatico  
Hewlett Packard Mod. 414A

