

INTRODUZIONE AI FILTRI ATTIVI

DAVIDE TAMBUCHI

SOMMARIO. Questa breve dispensa vuole illustrare come procedere per il dimensionamento di un filtro attivo passa-alto. Il dimensionamento, ed il tracciamento del diagramma di Bode della funzione di trasferimento del filtro, sono effettuati con due semplici programmi scritti in *octave*¹. Per la parte teorica, si rimanda ai testi di elettronica analogica, citati in bibliografia.

1. CRITERIO DI PROGETTO

In figura 1 é rappresentato un filtro attivo passa-alto di tipo invertente (vedi figura 1).

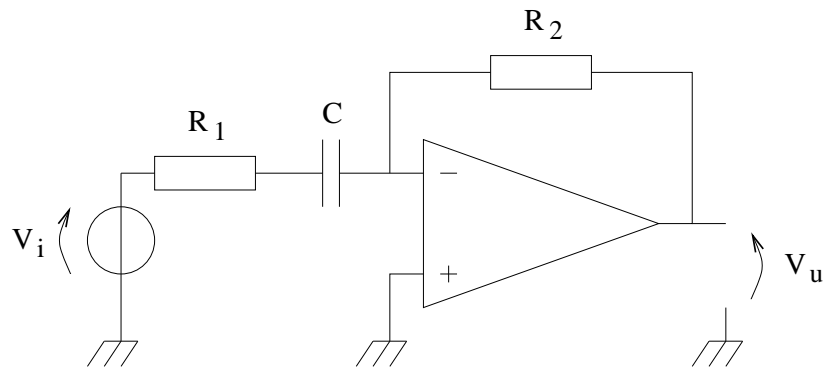


FIGURA 1. Filtro attivo passa-alto in configurazione invertente

Siamo:

- f_T la frequenza di taglio in hertz
- $G = \left| \frac{V_u}{V_i} \right|$ il guadagno di tensione in modulo
- $R_{i_{min}}$ la resistenza di ingresso minima (in ohm)

Le formule in gioco sono:

$$f_T = \frac{1}{2\pi R_1 C}$$
$$G = \frac{R_2}{R_1}$$
$$R_{i_{min}} = R_1$$

2. PROGRAMMA PFPAR.M

Il programma `pfpar.m` serve per progettare un filtro attivo passa alto in configurazione invertente introducendo i seguenti dati:

- Frequenza di taglio f_T in hertz
- Guadagno (in modulo) in tensione $G = |\frac{V_u}{V_i}|$
- Resistenza di ingresso minima (alle alte frequenze) $R_{i_{min}}$

Il programma determina innanzitutto la resistenza R_1 :

$$R_1 = R_{i_{min}}$$

successivamente determina la resistenza R_2 :

$$R_2 = G \cdot R_1$$

ed infine determina la capacità C :

$$C = \frac{1}{2\pi f_T R_1}$$

Riportiamo il codice del programma, che permette il dimensionamento del filtro con frequenza di taglio $f_T = 1000\text{Hz}$, guadagno (in modulo) $G = 10$ e resistenza minima di ingresso $R_{i_{min}} = 1000\Omega$.

```
% file: ppar.m
% dati in ingresso (cambiarli secondo le specifiche)

ft = 1000;    % frequenza di taglio in hertz
G = 10;      % guadagno in modulo
Rimin = 1000; % resistenza di ingresso minima (in ohm)

% calcolo dei componenti
% mancando il ';' al termine delle formule, il risultato viene visualizzato

R1 = Rimin    % calcolo della resistenza R1 in ohm
R2 = G * R1   % calcolo della resistenza R2 in ohm
wt = 2 * pi * ft
              % pulsazione di taglio in rad/s
              % pi indica in octave il valore pigreco=3.1415...
C = 1 / (wt * R1)
              % calcolo della capacita' in farad

% definizione della funzione di trasferimento
% il numeratore e il denominatore sono polinomi nella variabile
% complessa s. Occorre specificare tra quadre i coefficienti di
% tali polinomi

num = [-C*R2, 0];    % numeratore (-s*C*R2 + 0)
den = [C*R1, 1];    % denominatore (s*C*R1 + 1)
tt = tf2sys(num, den); % definizione della fdt: tt=num/den

bode(tt);           % tracciamento del diagramma di Bode
```

Il diagramma di Bode corrispondente é rappresentato in figura 2.

Ricordando che la pulsazione di taglio vale $\omega_T = 2\pi f_T = 6280 \text{ rad s}^{-1}$, e che in corrispondenza di tale pulsazione il guadagno si attenua di 3 decibel¹ rispetto al valore massimo $G_{dB} = 20 \log_{10} G = 20\text{dB}$ possiamo vedere come il progetto rispetti le specifiche².

¹abbreviato con dB

²possiamo altresí notare come la fase diminuisca di 45 gradi rispetto al valore massimo (di -90 gradi) in corrispondenza della pulsazione di taglio

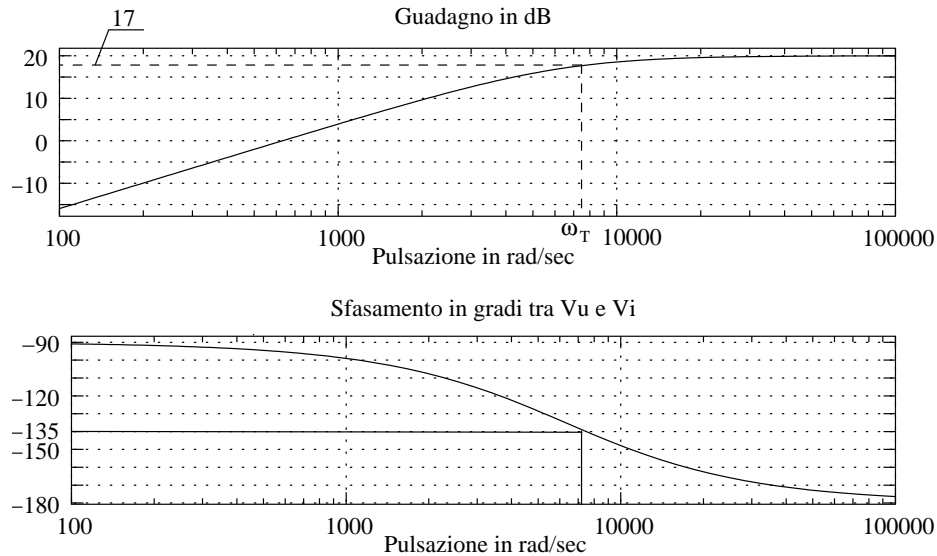


FIGURA 2. Diagramma di Bode per il filtro attivo passa-alto progettato con il programma `pfpac.m`

3. PROGRAMMA `PFPAC.M`

Il programma `pfpac.m` permette invece il progetto introducendo il valore della capacità anziché della resistenza di ingresso. I dati da introdurre sono dunque i seguenti:

- Frequenza di taglio f_T in hertz
- Guadagno (in modulo) in tensione $G = |\frac{V_o}{V_i}|$
- Capacità C in microfarad

Il programma calcola la resistenza R_1 :

$$R_1 = \frac{1}{2\pi f_T C}$$

successivamente determina R_2 :

$$R_2 = R_1 \cdot G$$

ed infine determina la resistenza di ingresso minima:

$$R_{i_{min}} = R_1$$

Riportiamo il codice del programma, molto simile al precedente:

```
% file: pfpac.m
% dati in ingresso

ft = 1000;    % frequenza di taglio in hertz
G = 10;      % guadagno in modulo
C = 100e-9;  % capacita' in farad

% calcolo dei componenti
% mancando il ';' al termine delle formule, il risultato viene visualizzato

wt = 2 * pi * ft    % pulsazione di taglio in rad/s
```

```

R1 = 1 / (wt * C)    % calcolo della resistenza R1 in ohm
R2 = G * R1          % calcolo della resistenza R2
Rimin = R1           % resistenza di ingresso minima

% definizione della funzione di trasferimento
% il numeratore e il denominatore sono polinomi nella variabile
% complessa s. Occorre specificare tra quadre i coefficienti di
% tali polinomi

num = [-C*R2, 0];    % numeratore (-s*C*R2 + 0)
den = [C*R1, 1];    % denominatore (s*C*R1 + 1)
tt = tf2sys(num, den); % definizione della fdt: tt=num/den

bode(tt);            % tracciamento del diagramma di Bode

```

4. NOTA

Entrambi i programmi visualizzano la risposta in frequenza su scala semilogaritmica (diagrammi di Bode), ovvero visualizzano in guadagno espresso in decibel in funzione della pulsazione $\omega = 2\pi f$ (primo grafico) e lo sfasamento tra uscita e ingresso sempre in funzione della pulsazione ω (secondo grafico) Per eseguire i programmi, occorre innanzitutto scriverli con un qualsiasi editor di testi, e dopo averli salvati, occorre lanciare il programma *octave*³. A questo punto, basta digitare il nome del file (*pfpar.m* oppure *pfpac.m*), eventualmente anche senza estensione *.m*, la quale é facoltativa. Per ulteriori informazioni sulle unità di misura logaritmiche si rimanda a [2] e [4].

5. AVVERTENZA

Il presente documento può essere liberamente copiato e distribuito, purché integralmente, gratuitamente, e senza scopi di lucro o commerciali, e citando questa avvertenza. Ogni cura é stata posta nella realizzazione di questo documento. Tuttavia l'autore non può assumersi alcuna responsabilità per l'utilizzo di questa opera.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] D. Tambuchi. *L'Amplificatore Operazionale Ideale*, dispensa, (2003).
- [2] D. Tambuchi. *Le Unitá di Misura Logaritmiche*, dispensa, (2003).
- [3] G. Figini. *Elettronica Industriale, Circuiti e Applicazioni*, Editoriale Delfino, (1975).
- [4] E. Gatti, P. F. Manfredi, A. Rimini. *Elementi di Teoria delle Reti Lineari*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano, (1983).
- [5] P. F. Manfredi, P. Maranesi, T. Tacchi. *L'Amplificatore Operazionale*, Bollati Boringhieri, (1987).

Typeset by L^AT_EX 2_ε under LINUX

Como, 8 febbraio 2004
e-mail: davide.tambuchi@tin.it

³In ambiente LINUX, basta digitare *octave* da una finestra di un terminale.