

FILTRES

FILTRES PASSIUS

Filtre Passa-Banda.

1. Analitza el circuit de la Figura 1 i comprova que es tracta d'un filtre passa-banda. Calcula-ne la f_0 i la Q (en funció del valor de R). Determina el valor de R per tenir una Q igual a 10.
2. Simula amb PSPICE el filtre de la Figura 1 (anàlisi AC) i compara els resultats amb els obtinguts analíticament.
3. Monta el filtre de la Figura 1. Utilitza un potenciòmetre per ajustar el valor de R per tenir $Q = 10$. Connecta a la seva entrada la sortida d'un operacional TL071 en configuració de seguidor (com es mostra a la Figura 3). Considera ara l'entrada del TL071 com l'entrada del filtre. Aquest operacional es fa necessari per tal de proporcionar el corrent d'entrada al filtre que no es capaç de donar el generador de funcions.
4. Amb el generador de funcions i l'oscil·loscopi, realitza mesures de freqüència, amplitud d'entrada i amplitud de sortida per poder dibuixar el diagrama de Bode del guany del filtre. Podeu utilitzar un senyal sinusoidal d'amplitud $A = 2.5V$ i offset nul. Notau que, degut a l'**escala logarítmica** en que es representa la **freqüència** en el diagrama de Bode, convé prendre aproximadament igual nombre de mesures per dècada de freqüència si voleu tenir prou resolució en el dibuix. Així, per exemple, si pensau agafar 5 mesures per dècada aquestes podrien ésser a freqüències 100 Hz, 200 Hz, 400 Hz, 600 Hz, 800 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 6 kHz, 8 kHz, etc. A més, convé agafar més mesures a freqüències properes a la de resonància f_0 . Recordau que en un Bode el **guany** (eix y) es representa en **dBs**.
5. Compara el resultat de la simulació PSPICE amb les mesures obtingudes. Les diferències que s'obtenen són degudes principalment a la no idealitat de la bobina emprada. Una bobina real es pot modelar mitjançant el circuit de la Figura 2, a on R_S pren valors de l'ordre d'ohms o desenes d'ohms. Mitjançant la simulació amb PSPICE estima el valor de la R_S de la vostra bobina per tal que els resultats de simulació s'ajustin el més possible a les mesures experimentals. No obstant, teniu en compte que els valors reals dels components no tenen per què coincidir amb els nominals, degut a la tolerància d'aquests. Així caldrà tenir present que s'utilitzen capacitats i bobines d'un 10% de tolerància.

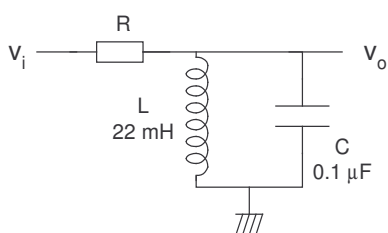


Figura 1. Filtre passiu passa-banda.

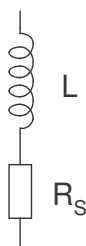


Figura 2. Model circuital d'una bobina.

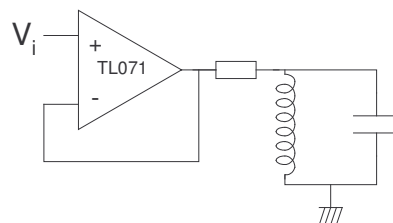


Figura 3. Muntatge del filtre passiu passa-banda

FILTRES ACTIUS

Filtre de Butterworth

1. Utilitzant els prototips Sallen-Key presentats a la teoria i a classe de problemes, dissenyau un filtre de Butterworth passa-baixa de tercer ordre, interconnectant en sèrie un de primer ordre amb un de segon ordre.
2. Si disposau de resistències de $6.8\text{ k}\Omega$ i $10\text{ k}\Omega$, condensadors de 4.7 nF , dos amplificadors TL071, i dos potenciòmetres de $10\text{ k}\Omega$, donau valors als components del filtre de Butterworth que heu dissenyat per tal que presenti una freqüència de tall $f_o \approx 5\text{ kHz}$ i un guany en contínua $K \approx 3.5$. És possible fixar el guany en contínua del filtre a qualsevol valor? I la freqüència de tall?
3. Montau el filtre en el *protoboard*. Amb el generador de funcions i l'oscil·loscopi, verifiqueu que el filtre té la freqüència de tall i el guany en contínua desitjats.
4. Introduïu la netlist PSPICE del filtre de Butterworth, utilitzant per modelar l'amplificador TL071 el subcircuit que s'inclou al fitxer `tl071.inc`.
5. Realitzau les simulacions per a obtenir el diagrama de Bode del guany del filtre. Verifiqueu que el disseny compleix les especificacions pel que fa a la freqüència de tall i al guany en contínua.
6. Realitzau les simulacions per a obtenir el diagrama de Bode de la fase del filtre.

Filtre biquadràtic

Sigueu el filtre biquadràtic que apareix a la Figura 4, al qual s'han afegit les resistències R_6 , R_7 i R_8 i l'amplificador operacional que ens proporciona la sortida V_N .

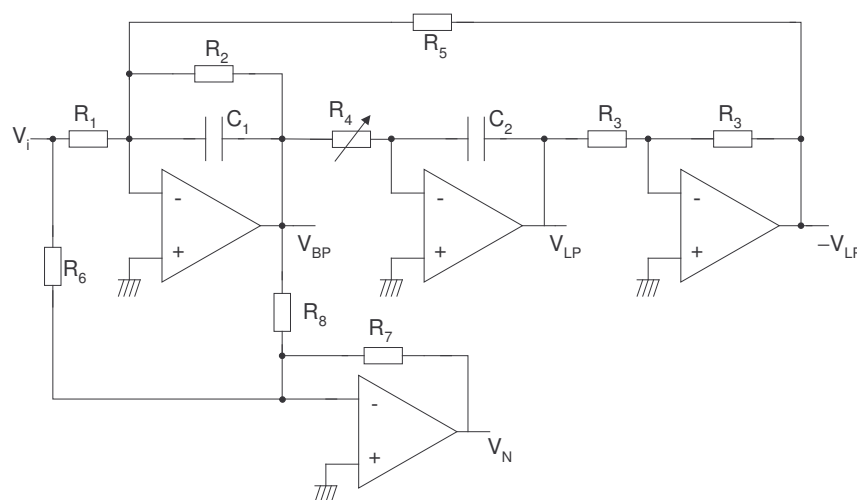


Figura 4. Filtre biquadràtic modificat.

- 1) Demostreu que la sortida V_{BP} constitueix la sortida d'un filtre passa-banda amb la següent funció de transferència,

$$\frac{V_{BP}}{V_i} = -\frac{R_2}{R_1} \times \frac{s\omega_o/Q}{s^2 + (\omega_o/Q)s + \omega_o^2} \quad \text{on} \quad \omega_o^2 = \frac{1}{R_4 R_5 C_1 C_2} \quad \text{i} \quad Q = \sqrt{\frac{R_2^2 C_1}{R_4 R_5 C_2}}$$

- 2) Demostreu que si agafam $R_2 R_6 = R_8 R_1$, llavors tindrem un filtre para-banda (*notch-filter*) a la sortida V_N amb la següent funció de transferència (amb igual Q i ω_o que abans).

$$\frac{V_N}{V_i} = -\frac{R_7}{R_6} \times \frac{s^2 + \omega_o^2}{s^2 + (\omega_o/Q)s + \omega_o^2}$$

- 3) Considerau $C_1 = C_2 = C = 10\text{nF}$, $R_1 = R_2 = R$, $R_5 = 15.0\text{k}\Omega$, demostreu que ara amb R_4 podem ajustar el valor de f_0 i, una vegada ajustat aquest valor, amb R podem ajustar la Q del filtre.
- 4) Partint dels valors indicats, dissenyau un filtre (calculau R i R_4) que elimini un senyal de freqüència 1kHz i que els senyals de freqüència inferior a 500Hz presentin a la sortida del filtre una atenuació menor de 0.1dB . Determinau la seva resposta mitjançant una simulació SPICE. Si el simulador no vos deixa simular amb el model de TL071, llavors considerau un model ideal per a l'amplificador operacional.
- 5) Muntau el filtre amb els valors abans calculats (R i R_4) o indicats (C_1 , C_2 , i R_5), i agafant $R_3 = R_7 = R_6 = R_8 = 10\text{k}\Omega$. Utilitzau amplificadors operacionals TL071.
- 6) Anau variant l'entrada per freqüències al voltant de $f_0 = 1\text{kHz}$ i vegeu que el sistema retalla correctament i compleix les especificacions del disseny. Si fos necessari, modifiqueu lleugerament R_4 per tal d'ajustar $f_0 = 1\text{kHz}$.
- 7) Ara exciteu el circuit amb una ona triangular de freqüència 1kHz i anoteu la seva amplitud.
- a) Observau amb l'oscil·loscopi la sortida corresponent al filtre passa-banda V_{BP} , i vegeu com obteniu un senyal sinusoidal de freqüència 1kHz . Pensant en termes de la descomposició de Fourier del senyal triangular, expliqueu-ne el motiu. Anoteu l'amplitud d'aquesta sinusoidal.
- b) Mesurau amb el l'oscil·loscopi el valor *rms* de la tensió de sortida corresponent al filtre para-banda. Tenint en compte que la distorsió harmònica d'un senyal triangular és del 12% , utilitzant les expressions que es donen a continuació (*Nota*), i sabent que el senyal sinusoidal que teniu a V_{BP} és l'harmònic fonamental del senyal triangular d'entrada, justifiqueu el valor *rms* mesurat amb l'oscil·loscopi.

Nota:

1. Si $V_1(t)$ és un senyal periòdic de freqüència f , i la seva descomposició de Fourier presenta amplituds A_n per els harmònics de freqüències $n \times f$, llavors es té

$$\text{RMS}(V_1(t)) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + \dots}$$

2. Si $V_2(t)$ és un senyal periòdic de freqüència f , i la seva descomposició de Fourier presenta amplituds B_n per els harmònics de freqüències $n \times f$, llavors es té

$$\% \text{ distorsió } (V_2(t)) = 100 \times \frac{1}{B_1} \sqrt{B_2^2 + B_3^2 + B_4^2 + \dots}$$