

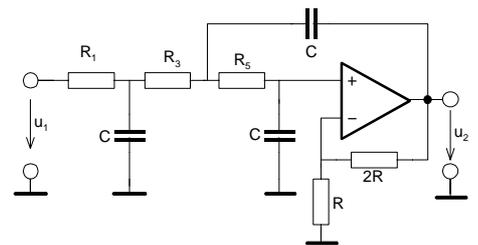
Aktive Filter I

Aktive Filter können für beliebige Filterordnungen als Kaskade linearer und quadratischer Glieder einfach dimensioniert werden. Grundlagen sind immer die Polfrequenzen und Polgüten der Teilfilter. Für TP-HP und BP eignen sich Schaltungen mit Einfach-Mitkopplung (Sallen-Key) und Mehrfach-Gegenkopplung gleichermaßen, sofern die zu erreichenden Polgüten nicht ausserordentlich gross sind.

Prinzipiell wären auch Teilschaltungen höherer Ordnung möglich. Neben den bereits früher erwähnten Nachteilen sind selbst bei vereinfachten Schaltungen nur noch numerische Lösungen möglich. Exemplarisch sei gleichwohl die Dimensionierungsvorschrift eines aktiven Tiefpassfilters mit Einfach-Mitkopplung gezeigt. Die Vereinfachung liegt darin dass alle Kondensatoren gleich gross sind und die Anfangsverstärkung $A_0=2$ betragen muss:

$$G(s) = \frac{2}{1 + s[C(R_1 + R_5)] + s^2[C^2(2R_1R_5 + R_3R_5)] + s^3C^3R_1R_3R_5}$$

$$R_5 = \frac{-Z}{\omega_{p2}C}$$



wobei $-Z$ eine reelle Nullstelle des Polynoms

$$-\omega_{p1}^2 Q_{p2} - \omega_{p1} \omega_{p2} - \omega_{p2}^2 Q_{p2} + (2\omega_{p1}^2 + 5\omega_{p1} \omega_{p2} Q_{p2} + \omega_{p1}^2 Q_{p2}^2 + 2\omega_{p2}^2 Q_{p2}^2) - Z$$

$$-4(Q_{p2}^2 \omega_{p1} \omega_{p2} + \omega_{p1}^2 Q_{p2}) - Z^2 + 2\omega_{p1}^2 Q_{p2}^2 - Z^3$$

ist.

$$R_1 = \frac{\omega_{p1} + \omega_{p2} Q_{p2} - C \omega_{p1} \omega_{p2} Q_{p2} R_5}{C \omega_{p1} \omega_{p2} Q_{p2}}$$

$$R_3 = \frac{\omega_{p1} Q_{p2} + \omega_{p2} - 2C \omega_{p2} \omega_{p1} R_5 - 2C R_5 \omega_{p2}^2 Q_{p2} + 2C^2 R_5^2 \omega_{p2}^2 \omega_{p1} Q_{p2}}{C^2 R_5 \omega_{p2}^2 \omega_{p1} Q_{p2}} = \frac{\omega_{p1} Q_{p2} - \omega_{p2} - 2C^2 R_5 R_1 \omega_{p2}^2 \omega_{p1} Q_{p2}}{\omega_{p1} \omega_{p2}^2 Q_{p2} R_5 C^2}$$

$$\omega_{p1} = 2\pi f_c \Omega_{p1} \quad (\Omega_{p1} : \text{Normierte Polfrequenz Glied 1. Ordnung})$$

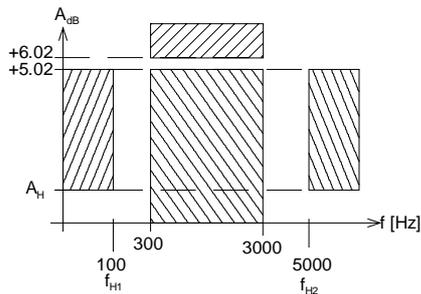
$$\omega_{p2} = 2\pi f_c \Omega_{p2} \quad \left(\begin{array}{l} \Omega_{p2} : \text{Normierte Polfrequenz Glied 2. Ordnung} \\ Q_{p2} : \text{Polgüte Glied 2. Ordnung} \end{array} \right)$$

Aufgaben

Bei allen Aufgaben ist der Amplitudengang und die Grenzfrequenzen durch Rechnung zu verifizieren. Selbst kleine Abweichungen deuten auf Rechenfehler hin.

1. Realisieren Sie ein Tschebyscheff-Tiefpass 3. Ordnung mit Welligkeit 0.1dB, Grenzfrequenz 750Hz und Anfangsverstärkung $A_0=1$. Es ist eine Kaskadenstruktur mit einem linearen Glied und einem quadratischen Glied nach Sallen-Key zu verwenden. Wählbare Kondensatoren sind mit 10nF einzusetzen, restliche Kondensatoren in E3.
2. Realisation des Tiefpass nach Aufgabe 1.) mit einem einzelnen Glied dritter Ordnung. Die Kondensatoren sollen alle gleich gross mit 10nF und die Anfangsverstärkung $A_0=2$ gewählt werden.

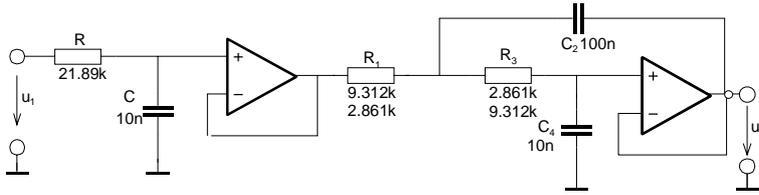
3. Es soll ein Bandpassfilter für den Sprachfrequenzbereich nach folgender Schablone mit Teilfilter in Mehrfach-Gegenkopplung realisiert werden:



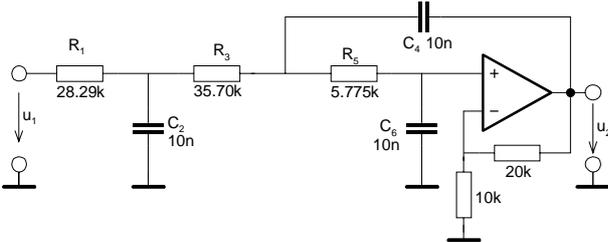
- Realisation als Bandpass 4. Ordnung mit zwei quadratischen Teilfiltern. (Verwenden Sie für $C_2=1\text{nF}$, $C_4=10\text{nF}$)
- Berechnung der tatsächlich erreichten Sperrdämpfung A_H bei den Sperrfrequenzen f_{HP} , f_{HZ} .
- Simulation der Schaltung und Bestimmung der -3.01dB Frequenzen und Bandpass-Güte aus der Simulation.
- Ist die Schaltung auch als Bandpass 2. Ordnung, d.h. mit einem quadratischen Glied realisierbar? (Dimensionierte Schaltung oder klare Begründung warum nicht realisierbar.)

Lösung:

1.)

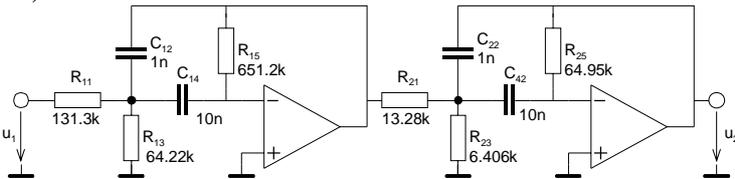


2.)



Die verbleibende Anfangsverstärkung $A_0=2$ kann durch Ausgestalten von R_1 als Spannungsteiler auf $A_0=1$ gebracht werden.

3.a)



3.b.-c.) pendent

3.d.) Nein, diese Sperrforderung ergibt einen Referenziefpass 2. Ordnung. Daher wird der Bandpass 4. Ordnung.