

IV Praktikum 2022

Table of Contents

Aufgabe 1.....	2
Vorbereitungsteil:.....	2
1. Bestimmen Sie P_{max}	2
2. Bestimmen Sie $S_{21}(j\omega)$	2
3. Bestimmen Sie $ S_{21}(j\omega) ^2$ und $AdB(\omega)$	2
4. Zeichnen Sie $AdB(\omega)$ qualitativ.....	3
5. Handelt es sich um ein Hochpass- oder ein Tiefpassfilter? Begründen Sie Ihre Antwort.....	3
6. Bestimmen Sie C in Abhängigkeit von der Durchlasskreisfrequenz und dem Rippel im Durchlassbereich	3
7. Bestimmen Sie den Wert von C für f und A . Runden Sie Ihr Ergebnis auf den nächsten in der E6-Bauteilreihe1 verfügbaren Wert.....	4
Praxisteil.....	4
Aufgabe 7 Machen Sie ein Kamerabild von Ihrem Aufbau auf dem Breadboard. Und fügen Sie es dem Bericht bei.	4
Aufgabe 8/9/11 Beschreiben Sie Ihre Vorgehensweise bei der Einstellung des Oszilloskop:.....	5
Aufgabe 10/12 Zeichnen Sie die abgelesene Amplitude und die Periodendauer gut sichtbar in Ihrer Abbildung ein.	5
Berechnen Sie die Frequenz aus der Periodendauer.....	5
Aufgabe 13 Messen Sie den Betrag von U_2 für die in Tabelle 1 aufgelisteten Frequenzen	5
Aufgabe 14 Rechnen Sie die gemessenen Beträge von in Werte der Transmittanz um.....	6
Aufgabe 15 Rechnen Sie die Werte von $ S_{21} $ in Werte der Betriebsdämpfung um.....	6
Aufgabe 16 Stellen Sie die Werte von AdB in einem Diagramm über die Frequenz dar.....	6
Aufgabe 17 Vergleichen Sie die Darstellung mit dem im Vorbereitungsteil skizzierten Verlauf von AdB	7
Aufgabe 2.....	7
Vorbereitungsteil:.....	7
1. Entwerfen Sie ein Cauer Tiefpassfilter 3. Ordnung:	7
2. Welche Filterkatalognummer und welches Theta haben Sie gewählt, welches r? ?	8
3. Zeichnen Sie den Schaltplan des gewählten Filters.....	8
4. Nun sei weiterhin gegeben f_s . Berechnen Sie die erforderlichen Bauteilwerte des Filters.....	8
5. Runden Sie die Bauteilwerte auf die nächsten in der E6-Bauteilreihe verfügbaren Werte.	8
6. Rechnen Sie die normierte Unendlichkeitsstelle und Nullstelle in die zugehörigen Frequenzen	8
Praxisteil.....	9
2. Machen Sie ein Kamerabild von Ihrem Aufbau auf dem Breadboard und fügen Sie es dem Bericht bei.....	9
3. Messen Sie den Betrag von U_2 für die in Tabelle 2 aufgelisteten Frequenzen f.....	9
4. Messen Sie den Betrag von U_2 an der Unendlichkeitsstelle $f_{\infty 2}$ und Nullstelle f_{02}	10
5. Auswertung: Rechnen Sie die gemessenen Beträge von U_2 in Werte der Transmittanz $ S_{21}(j\omega) $ um. ...	10
6. Rechnen Sie die Werte von $ S_{21}(j\omega) $ in Werte der Betriebsdämpfung $AdB(\omega)$ um.....	10
7. Stellen Sie die Werte von $AdB(\omega)$ mit den Werten von Aufgabe 1 in einem Diagramm über der Frequenz dar.....	10
8. Vergleichen Sie die beiden Verläufe von $AdB(\omega)$ von den zwei Aufgaben.....	11
9. Vergleichen Sie den Verlauf von $AdB(\omega)$ mit dem Dämpfungsverlauf von dem Filterkatalog an der Nullstelle f_{02} und der Unendlichkeitsstelle $f_{\infty 2}$	12
10. Werden die Anforderungen an den Filterentwurf in der Praxis erfüllt? Bestimmen Sie die tatsächlichen Werte von a_S und Ω_S aus Ihren Messwerten und vergleichen Sie diese mit den Anforderungen.....	13
11. Bauen Sie das Tiefpassfilter zu einem Hochpassfilter mit gleicher Ordnung und gleichem Typ (Cauer) um. Verwenden Sie die selben Bauteile.....	13
12. Begründen Sie Ihr Vorgehen beim vorherigen Aufgabenteil. Geben Sie die Schaltung und den allgemeingültigen Dämpfungsverlauf des Hochpassfilters an.....	14

Aufgabe 1

Vorbereitungsteil:

$$|E| = \frac{1}{\sqrt{2}} 1V, R_1 = R_2 = R = 50\Omega$$

1. Bestimmen Sie Pmax.

$$P_{max} = \frac{|E|^2}{4R} \quad |E|^2 = \left(\frac{1V}{\sqrt{2}}\right)^2 \Rightarrow |E|^2 = \frac{1}{2} V^2$$

$$P_{max} = \frac{\frac{1V^2}{2}}{4R} = \frac{1V^2}{8R} = \frac{1}{400} \frac{V^2}{\Omega} = 2,5mW$$

2. Bestimmen Sie S21(jw).

$$S_{21} = k \frac{U_2}{E} = 2 \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} \frac{U_2}{U_1} \frac{U_1}{E} \Rightarrow S_{21} = 2 \frac{U_2}{E}$$

$$U_1 = I * \left(\frac{1}{R_2} + j\omega C\right)^{-1} \Rightarrow U_1 = \frac{E}{R_{ges}} * \left(R_2 + \frac{1}{j\omega C}\right)^{-1} \rightarrow S_{21} = 2 \frac{\left(R_2 + \frac{1}{j\omega C}\right)^{-1}}{R_{ges}}$$
$$I = \frac{E}{R_{ges}}$$

$$R_{ges} = R + C || R$$
$$C || R = \frac{1}{j\omega C + \frac{1}{R}} \Rightarrow R_{ges} = R + \frac{1}{j\omega C + \frac{1}{R}} \rightarrow S_{21} = 2 \frac{\left(\frac{1}{R} + j\omega C\right)^{-1}}{R + \frac{R}{j\omega CR + 1}}$$

$$S_{21} =$$

$$\frac{2}{\left(\frac{1}{R} + C \omega i\right) \left(R + \frac{R}{1 + C R \omega i}\right)}$$

$$\text{ans} =$$

$$\frac{2}{2 + C R \omega i}$$

3. Bestimmen Sie |S21(jw)|² und AdB(w).

$$\text{ans} =$$

$$\frac{4 R^2 |C R \omega - i|^2}{|C R \omega - 2 i|^2 |1 + C R \omega i|^2 |R|^2}$$

$$S_{21} =$$

$$\frac{4}{C^2 R^2 \omega^2 + 4} - \frac{2 C R \omega i}{C^2 R^2 \omega^2 + 4}$$

simpS21_abs_quad =

$$\frac{16}{(C^2 R^2 \omega^2 + 4)^2} + \frac{4 C^2 R^2 \omega^2}{(C^2 R^2 \omega^2 + 4)^2}$$

A_db =

$$\frac{10 \log\left(\frac{(C^2 R^2 \omega^2 + 4)^2}{4 C^2 R^2 \omega^2 + 16}\right)}{\log(10)}$$

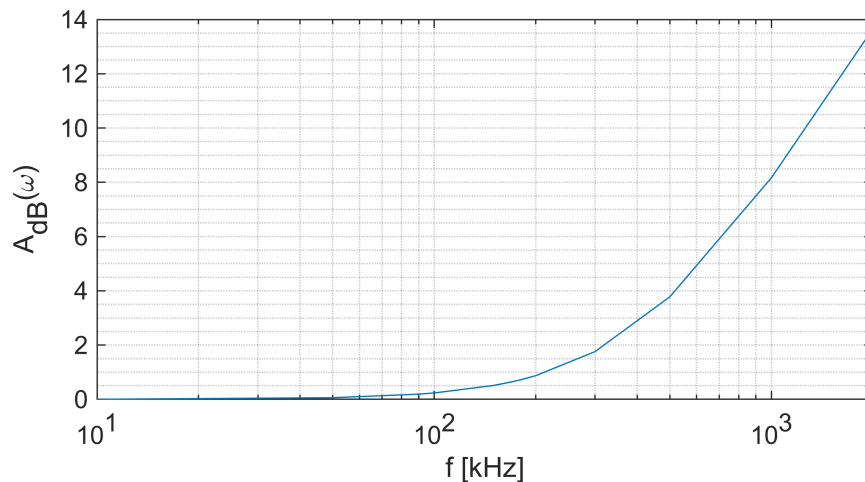
simA_db =

$$\frac{10 \log\left(\frac{C^2 R^2 \omega^2}{4} + 1\right)}{\log(10)}$$

4. Zeichnen Sie AdB(ω) qualitativ.

A_db(C, R, omega) =

$$\frac{10 \log\left(\frac{C^2 R^2 \omega^2}{4} + 1\right)}{\log(10)}$$



5. Handelt es sich um ein Hochpass- oder ein Tiefpassfilter? Begründen Sie Ihre Antwort.

Tiefpass, da tiefe Frequ. eine geringe Dämpfung haben und hohe Frequ. eine hohe Dämpfung.

6. Bestimmen Sie C in Abhängigkeit von der Durchlasskreisfrequenz ω_g und dem Rippel im Durchlassbereich A_D .

Nutzen Sie dazu den Ansatz $A_{dB}(\omega_g) = A_D$.

$$C(A_D, \omega) = \frac{2 \sqrt{10^{A_D/10} - 1}}{\omega 50 \Omega}$$

7. Bestimmen Sie den Wert von C für f ($f_g = 100kHz$) und A ($A_D = 0.28dB$). Runden Sie Ihr Ergebnis auf den nächsten in der E6-Bauteilreihe verfügbaren Wert.

ans = 16.4288

$$C(0.28, \omega = 2\pi f_g) = 16.4288nF$$

E-Normreihen

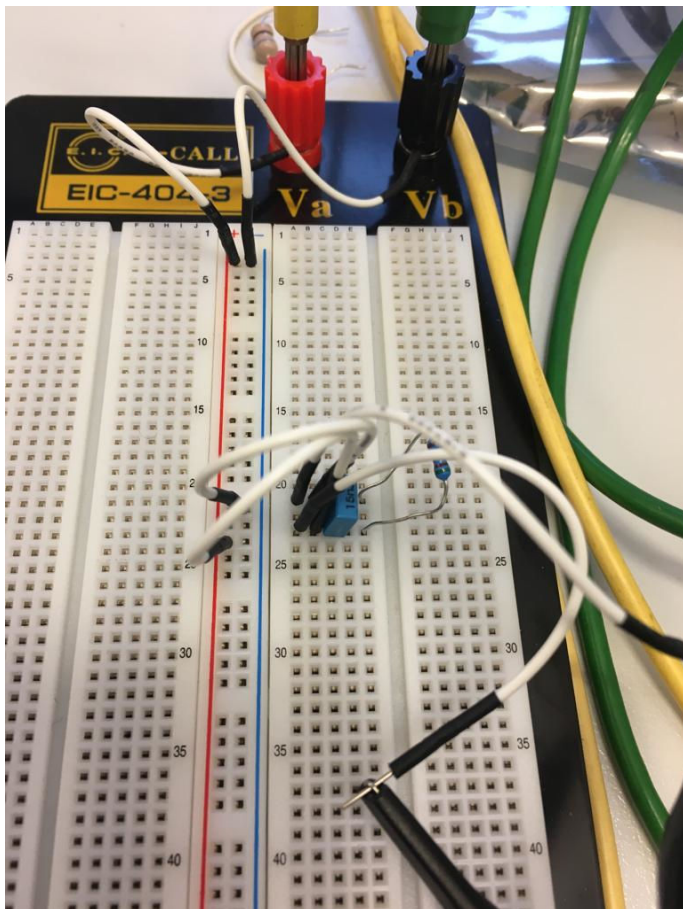
Gewünschter Wert: 16.42		
Normreihe	Näherungswert	Abweichung
E6	15.00	-8.70%

$$C_{E6} = 15nF$$

Praxisteil

Aufgabe 7 Machen Sie ein Kamerabild von Ihrem Aufbau auf dem Breadboard. Und fügen Sie es dem Bericht bei.

Aufbau Bild:



Aufgabe 8/9/11 Beschreiben Sie Ihre Vorgehensweise bei der Einstellung des Oszilloskop:

Vorgehensweise:

Zuerst müssen die vorgegeben Werte auf dem Generator eingestellt werden. 100kHz und 1VPP:

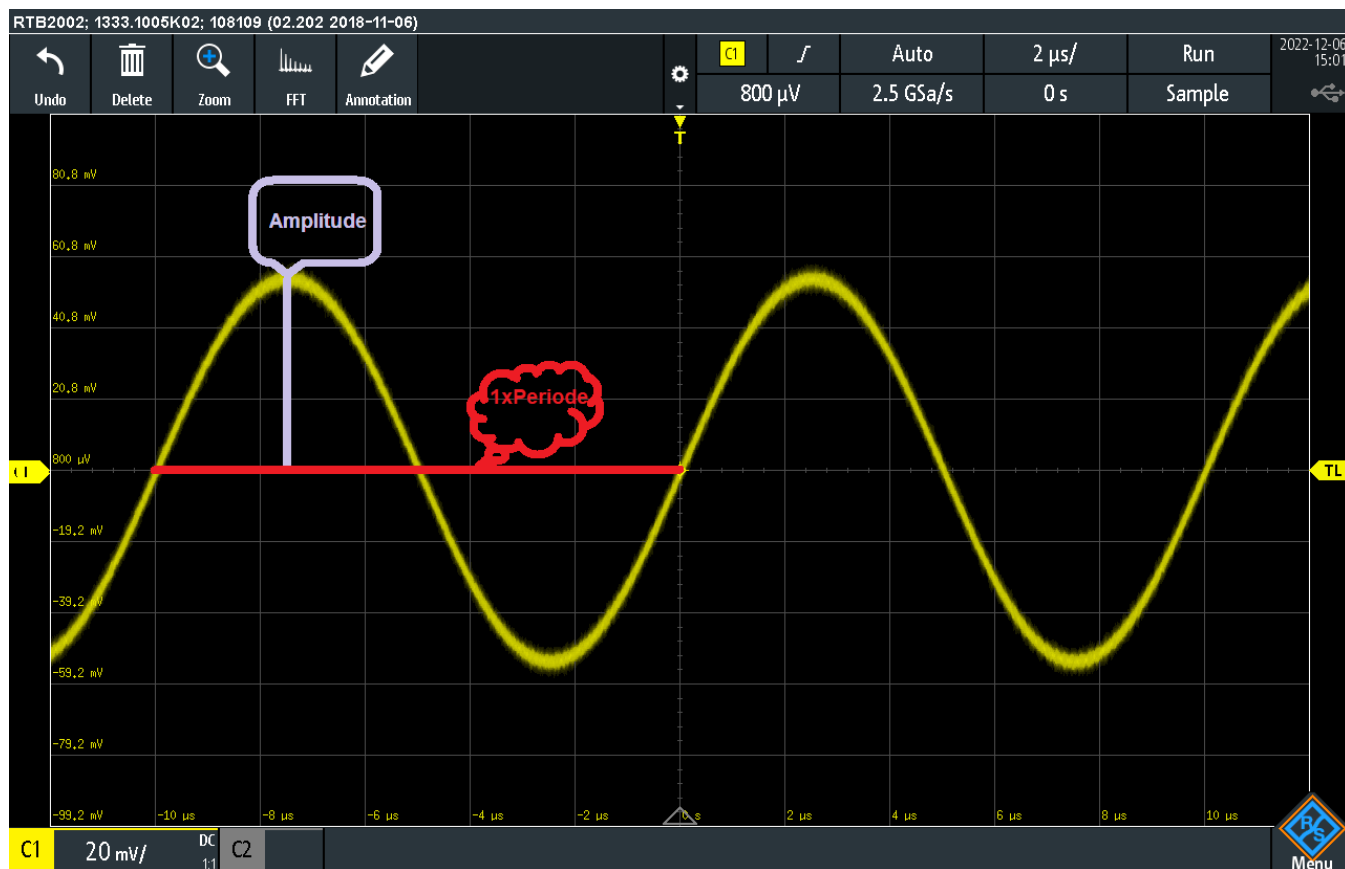
Beim Anschalten des Ozi. wird das Signal mit dem Auto-Detect Knopf detektiert. Für die Ablesung der Amplitude muss noch vertikal rein gezoomt werden.

Die Amplitude hatte ein Wert von 58.8 mV und eine Periodendauer von $10\mu s$ (siehe Screenshot).

Periodendauer $10\mu s$

Amplitude: 58.8mV

Aufgabe 10/12 Zeichnen Sie die abgelesene Amplitude und die Periodendauer gut sichtbar in Ihrer Abbildung ein.



Berechnen Sie die Frequenz f aus der Periodendauer

$$f_g = \frac{1}{T} \text{ mit } T = 10\mu s$$

$$f_g = 100kHz$$

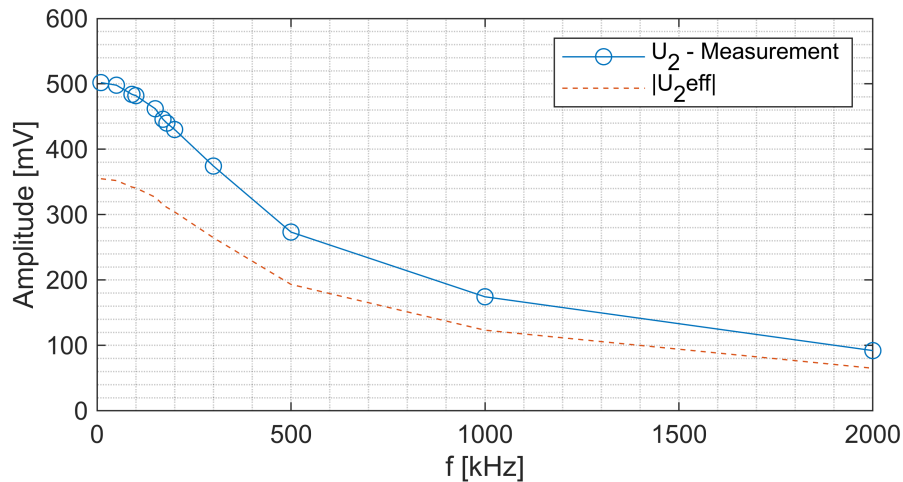
Aufgabe 13 Messen Sie den Betrag von U_2 für die in Tabelle 1 aufgelisteten Frequenzen f .

$$U_{eff} = \hat{U}_2 \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$\hat{U}_2\{\text{mV}\}$: 502 498 484 482 445.9 440.02 430.22 374.36 273.42 174.44 92.12

$U_{eff2}\{\text{mV}\}$: 355.97 352.14 342.24 341.83 326.68 315.3 311.14 304.21 264.71 193.34 123.35

(Beträge sind auf 2. Nachkommastellen gerundet)



Mit steigender Frequenz sinkt die Amplitude. (Tiefpassverhalten)

Aufgabe 14 Rechnen Sie die gemessenen Beträge von U_2 in Werte der Transmittanz $|S_{21}(j\omega)|$ um.

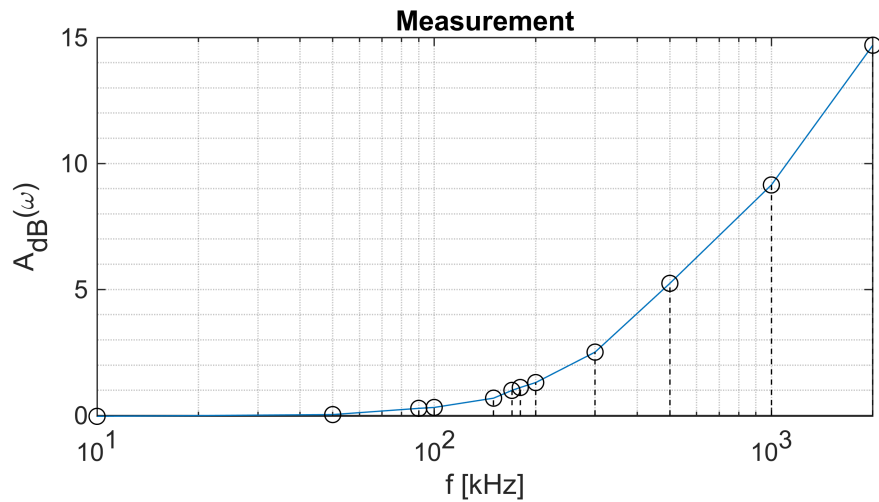
$$|S_{21}| = 2 \frac{|U_2|}{|E|} = 2 \frac{\hat{U}_2}{\sqrt{2}} \frac{\sqrt{2}}{E}$$

$|S_{21}|$: 1.004 0.996 0.968 0.964 0.924 0.8918 0.88 0.8604 0.7487 0.5468 0.3489 0.1842

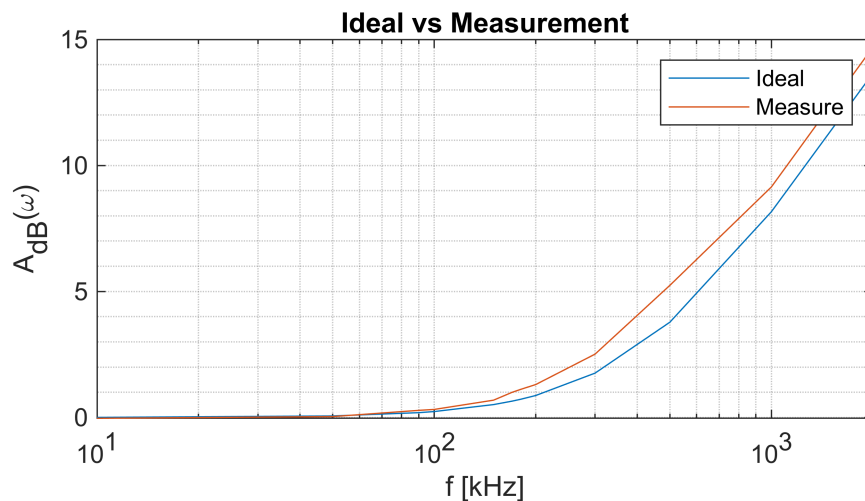
Aufgabe 15 Rechnen Sie die Werte von $|S_{21}|$ in Werte der Betriebsdämpfung $A_{dB}(\omega)$ um.

$A_{dB}\{\text{dB}\}$: -0.0347 0.0348 0.2825 0.3185 0.6866 0.9947 1.1100 1.3056 2.5136 5.2428 9.1465 14.6

Aufgabe 16 Stellen Sie die Werte von A_{dB} $A_{dB}(\omega)$ in einem Diagramm über die Frequenz dar.



Aufgabe 17 Vergleichen Sie die Darstellung mit dem im Vorbereitungsteil skizzierten Verlauf von $A_{dB}(\omega)$.



Die Verläufe der beiden Skizzen sind gleich.

Interessant ist die negative Dämpfung am Anfang in den Messwerten. Bei der Qualitativen Skizze ist keine negative Dämpfung vorhanden. Der Grund für das Erscheinen des negativen Wertes beim Messen, ist Messrauschen.

Dadurch wird das Argument im Log kleiner als 1, was einem negativen Wert entspricht.

Aufgabe 2

Vorbereitungsteil:

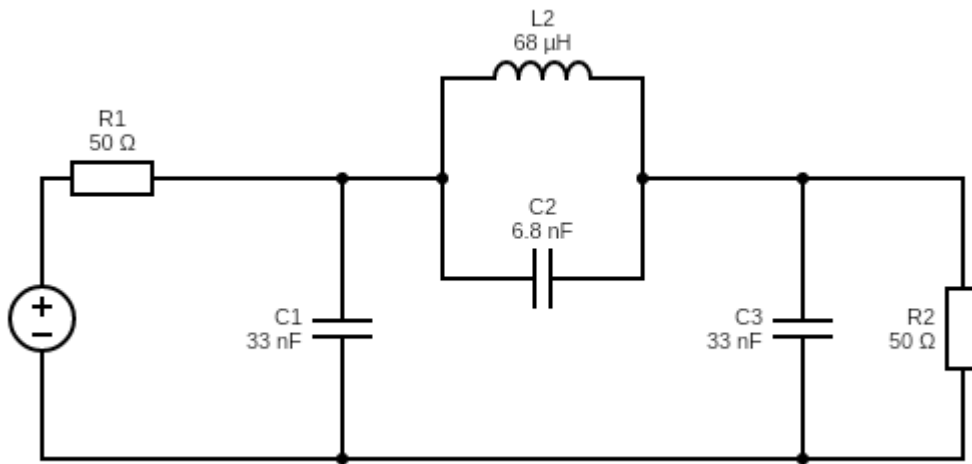
1. Entwerfen Sie ein Cauer Tiefpassfilter 3. Ordnung: $\Omega_s \leq 2$ $a_s \geq 28\text{dB}$ $R_1 = R_2 = 50\Omega$

$\Omega_s \leq 2$, $n = 3$ --> C0325 (siehe Filtertabelle)

2. Welche Filterkatalognummer und welches Theta Θ haben Sie gewählt, welches r ? r_1, r_2 ?

$$\Theta = 30^\circ \quad r_1 = r_2 = 1$$

3. Zeichnen Sie den Schaltplan des gewählten Filters.



4. Nun sei weiterhin gegeben f_s . $f_s = 200\text{kHz}$. Berechnen Sie die erforderlichen Bauteilwerte des Filters.

$$\Omega_s = \frac{f_s}{f_g} \longrightarrow f_g = \frac{f_s}{\Omega_s}$$

$$f_g = 100\text{kHz}$$

$$L_0 = \frac{50}{2\pi f_g} = 0.0796\text{mH}$$

$$L_2 = 0.962438 * L_0 = 0.0766\text{mH}$$

$$C_0 = \frac{1}{50 \cdot 2\pi f_g} = 31.8310\text{mF}$$

$$C_1 = 38.2930\text{nF} \quad C_2 = 6.4180\text{nF} \quad C_3 = 38.2930\text{nF}$$

5. Runden Sie die Bauteilwerte auf die nächsten in der E6-Bauteilreihe verfügbaren Werte.

E6 Bauteil: $L_2 = 0.068\text{mH}$

E6 Bauteil: $C_1 = 33\text{nF} \quad C_2 = 6.8\text{nF} \quad C_3 = 33\text{nF}$

6. Rechnen Sie die normierte Unendlichkeitsstelle $\Omega_{\infty 2}$ und Nullstelle Ω_{02} in die zugehörigen Frequenzen $f_{\infty 2}$ f_{02}

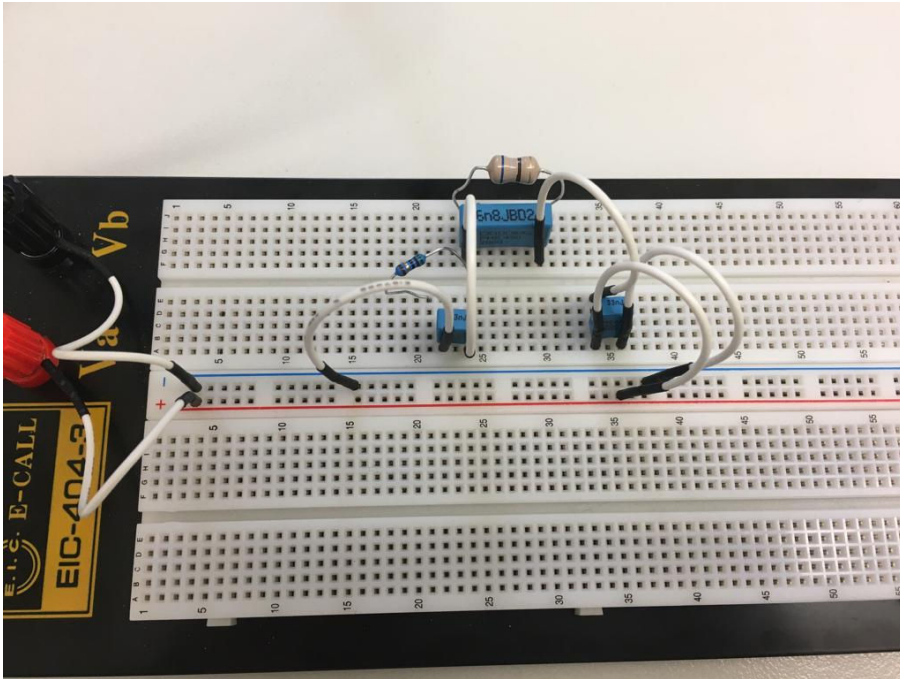
$$\Omega_{\infty 2} = 2.270068086 \quad \Omega_{02} = 0.8810308431$$

$$\Omega_{\infty 2} = \frac{f_{\infty 2}}{f_g} \quad \Rightarrow \quad f_{\infty 2} = \Omega_{\infty 2} \cdot f_g = 227.0068 \text{ kHz}$$

$$\Omega_{02} = \frac{f_{02}}{f_g} \quad \Rightarrow \quad f_{02} = \Omega_{02} \cdot f_g = 88.1030 \text{ kHz}$$

Praxisteil

2. Machen Sie ein Kamerabild von Ihrem Aufbau auf dem Breadboard und fügen Sie es dem Bericht bei.

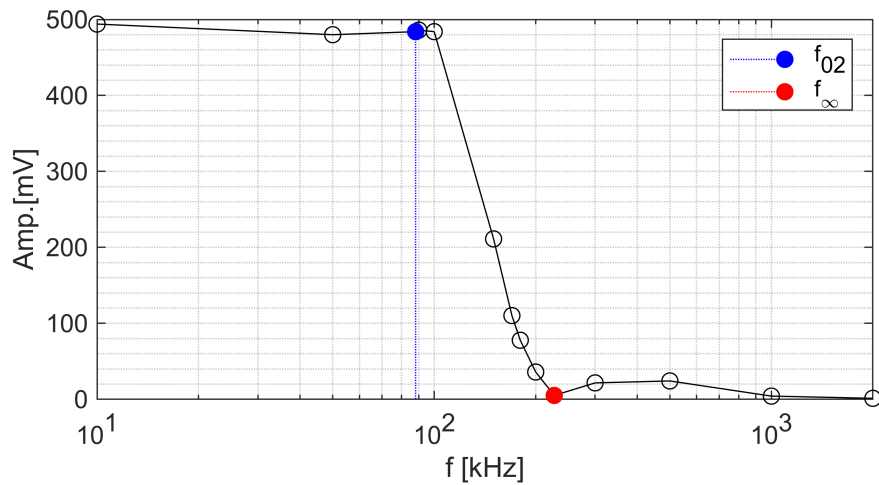


3. Messen Sie den Betrag von U_2 für die in Tabelle 2 aufgelisteten Frequenzen f .

$\hat{U}_2 \{ \text{mV} \} : 494 \quad 480 \quad 484 \quad 486 \quad 484 \quad 211.19 \quad 110.25 \quad 77.8 \quad 35.966 \quad 5.1450 \quad 21.6580 \quad 24.2060 \quad 4.2630 \quad 1.3230$

$U_{\text{eff}2} \{ \text{mV} \} : 349.31 \quad 339.41 \quad 342.24 \quad 343.65 \quad 342.24 \quad 149.33 \quad 77.96 \quad 55.01 \quad 25.43 \quad 3.64 \quad 15.31 \quad 17.12 \quad 3.01$

(Beträge sind auf 2. Nachkommastellen gerundet)



4. Messen Sie den Betrag von U_2 an der Unendlichkeitsstelle $f_{\infty 2}$ und Nullstelle f_{02} .

$$U_{2\infty} = 5.1450 \text{ mV}$$

$$U_{2f_{02}} = 484 \text{ mV}$$

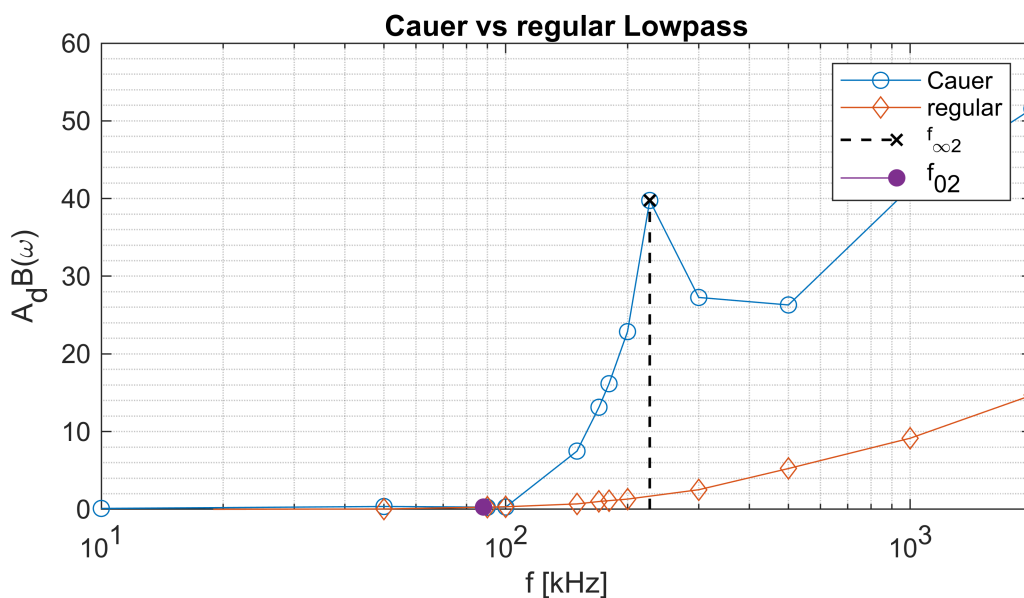
5. Auswertung: Rechnen Sie die gemessenen Beträge von U_2 in Werte der Transmittanz $|S_{21}(j\omega)|$ um.

$|S_{21}|$: 0.988 0.96 0.968 0.972 0.968 0.4224 0.2205 0.1556 0.0719 0.0103 0.0433 0.0484 0.0085 0.0001

6. Rechnen Sie die Werte von $|S_{21}(j\omega)|$ in Werte der Betriebsdämpfung $A_{dB}(\omega)$ um.

Cauer $A_{dB} \{ \text{dB} \}$: 0.1049 0.3546 0.2825 0.2467 0.2825 7.4859 13.1318 16.1598 22.8616 39.7517 27.2670 10.4883 10.9202 60.1029

7. Stellen Sie die Werte von $A_{dB}(\omega)$ mit den Werten von Aufgabe 1 in einem Diagramm über der Frequenz dar.



8. Vergleichen Sie die beiden Verläufe von $A_{dB}(\omega)$ von den zwei Aufgaben

Der reguläre Tiefpass ist monoton steigend, während der Cauer-Tiefpass "Rippeln" aufweist und danach rasant steigt. Nach dem ersten Peak, fällt der Cauer-Filter kurz und steigt dann weiter an. Als Interpretation des Verhaltens ist, dass die Dämpfung wächst mit zunehmender Frequenz. Bei dem regulären Filter kann bis zum Ende eine Spannung von ca. 100mV gemessen werden. Es zeigt wie schlecht der Tiefpass im Vergleich zum Cauer performt.

Für kleine Frequenzen

Sowohl der Cauer Filter, als auch der reguläre Filter weisen eine niedrige Dämpfung ($< 1\text{dB}$) auf.

Beim Cauer-Filter treten Schwankungen (auch genannt „Rippel“) auf, während beim regulären Filter eine **steigende Monotonie** zusehen ist. (zweite A_{dB} Wert: 0.0348 ausgeschlossen, wegen Messfehler)

Für große Frequenzen

Der Cauer-Filter zeigt eine große Dämpfung für große Frequenzen im Vergleich zum regulären Tiefpass.

Beim Cauer-Filter beobachtet nach der Sperrfrequenz (ca. 227kHz) einen kurzen Abfall und dann wieder einen Anstieg. Beim regulären Tiefpass weiterhin erkennt man weiterhin eine langsame steigende Monotonie.

Durchlassbereich: Beim Cauer Filter ist der Bereich klar definiert und erkennbar ($\leq 10^2\text{kHz}$) und beim regulären Tiefpass nicht.

Sperrbereich: Der reguläre Tiefpass zeigt keine signifikanten Bereich, wo die Dämpfung sehr hoch ist. Cauer-Filter sperrt ab ca. 220kHz

Steilheit der Verläufe:

Beim **Cauer-Filter** treten bis zum Durchlassbereich kleine Schwankungen auf, danach steigt es rasant an und hat einen Peak. Daraufhin fällt es leicht wieder nach unten und steigt wieder. Zusammengefasst, hat es kleine Schwankungen bis zum Durchlassbereich und große Schwankungen nach dem Sperrbereich.

Die rasante Steilheit des Cauer-Filters ist durch den Schwingkreis gegeben. LC-Schwingkreis wird an der Polstelle unendlich groß, wo durch ein Leerlauf ($U_2 = 0$) entsteht. Im Argument vom Log wird nahe 0 ($S_{21} = 0$) geteilt, wodurch große Werte für die Dämpfung [Formel: $A_{dB} = 20\log(\frac{1}{|S_{21}|})$] entstehen und der Log für unendlich ist unendlich.

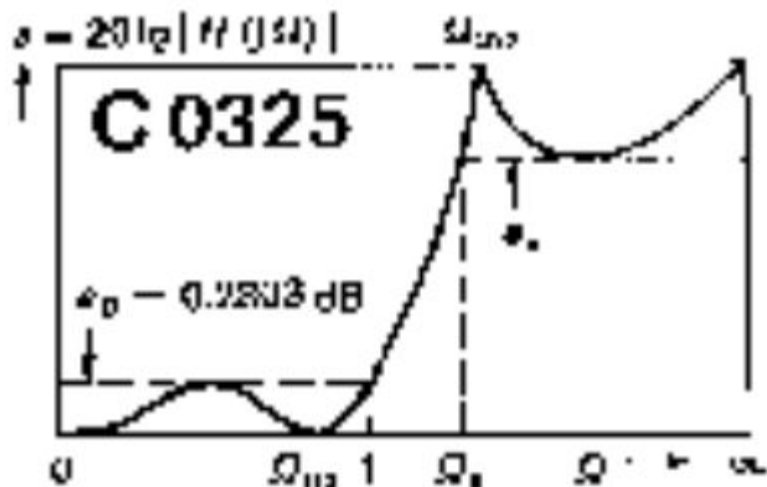
Beim **reguläre Filter** erkennt man durchgehend, eine Stetigkeit in Kombination mit einer langsamen, steigenden Monotonie.

Kurz:

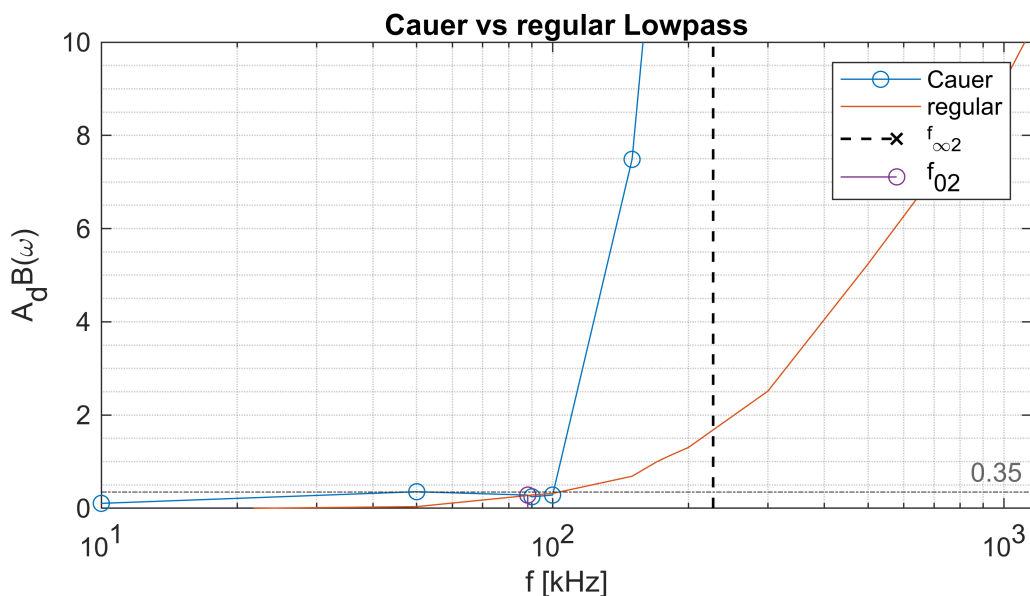
Cauer--> schnell, große Dämpfung und „Ripple“ im Durchlassbereich

Regulär --> stetig, langsam, monoton steigend, kleine Dämpfung (im Vgl. zum Cauer)

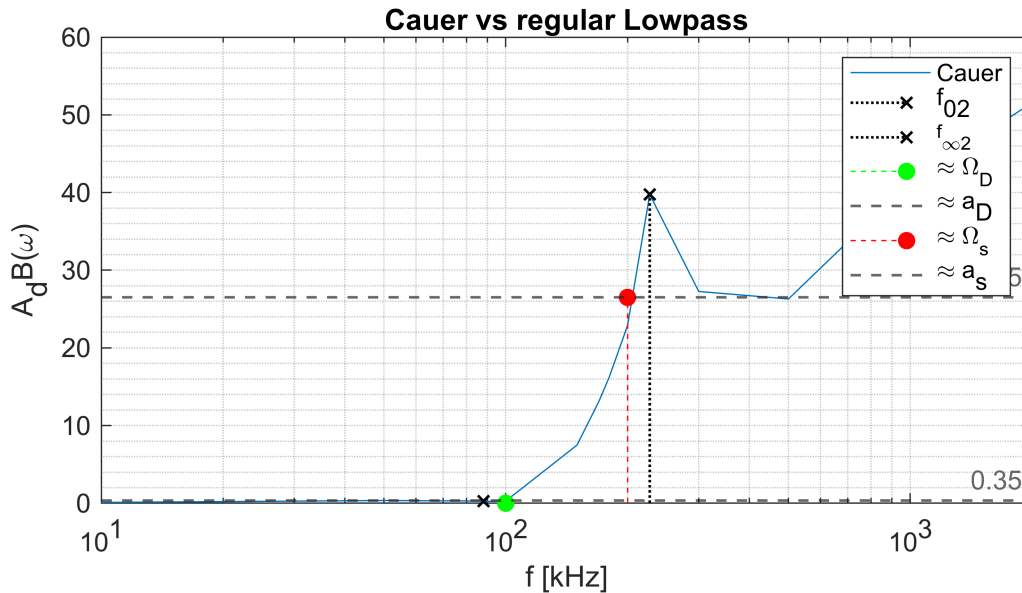
9. Vergleichen Sie den Verlauf von $A_{dB}(\omega)$ mit dem Dämpfungsverlauf von dem Filterkatalog an der Nullstelle f_{02} und der Unendlichkeitsstelle $f_{\infty 2}$.



Wenn man in den gemessenen Plot reinkommt dann sieht man die Ripples die einen Cauer Filter kennzeichnen. Zu dem sollten eigentlich Polstellen auftauchen, aber um Polstellen in der Dämpfungsskizze zu erhalten müsste man in der Dämpfungsformel $A_{dB} = 20 \log\left(\frac{1}{|S_{21}|}\right)$ im Argument durch nahe 0 ($= S_{21}$) teilen bzw 0. Da wir stets Messfehler+Messrauschen und nicht mit idealen Bedingungen arbeiten, erhalten wir immer +/- Werte die stets von 0 abweichen.



10. Werden die Anforderungen an den Filterentwurf in der Praxis erfüllt? Bestimmen Sie die tatsächlichen Werte von a_S und Ω_S aus Ihren Messwerten und vergleichen Sie diese mit den Anforderungen.



Anforderung: $a_s \geq 28dB$

gemessen: $a_s \approx 26.5dB$

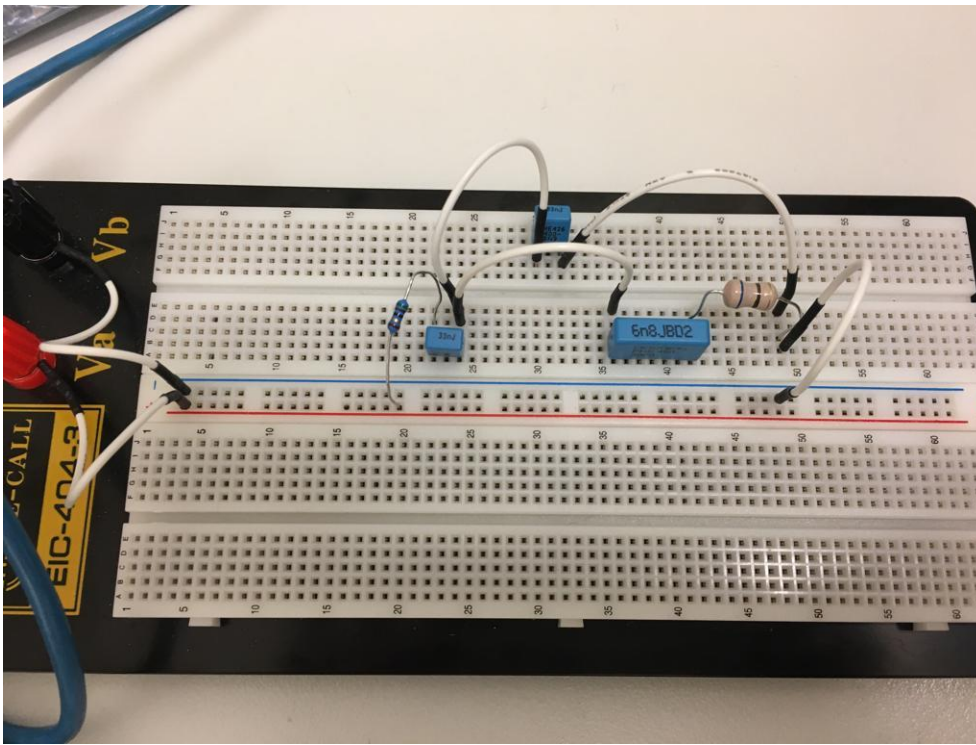
$\Omega_{\infty 2} = 2,27$

Messung $\Omega_{\infty 2} = \frac{f_{\infty 2}}{f_g} = \frac{200kHz}{100kHz} = 2$

Anforderungen werden nicht erfüllt.

Mögliche Ursachen: Da wir die Bauteile normiert haben, entfernen wir uns von den idealen Komponenten und der idealen Skizze.

11. Bauen Sie das Tiefpassfilter zu einem Hochpassfilter mit gleicher Ordnung und gleichem Typ (Cauer) um. Verwenden Sie die selben Bauteile.



12. Begründen Sie Ihr Vorgehen beim vorherigen Aufgabenteil. Geben Sie die Schaltung und den allgemeingültigen Dämpfungsverlauf des Hochpassfilters an.

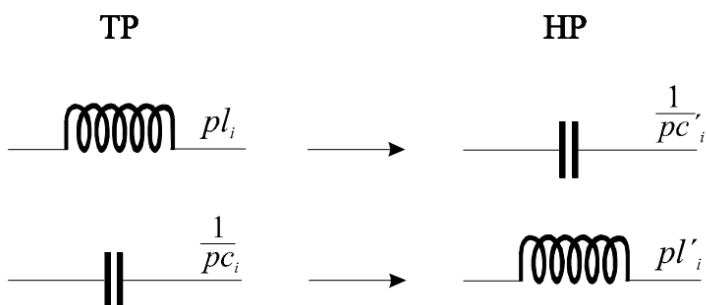
Auf der Filtertabelle betrachten wir die Realisierung der Tiefpässe, da wir, wie in der vorherigen Aufgabe genannt, bestimmten Beschränkungen unterliegen. Müssen wir die Schaltung mit den vielen Induktivitäten wählen.

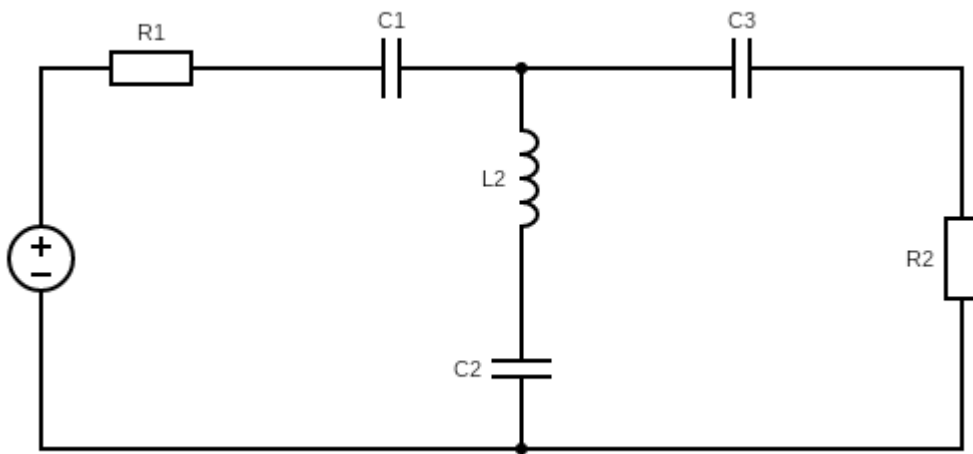
Die Beschränkungen sind gleiche Bauteile und gleiche Ordnung. Und wir wissen aus der Vorlesung (siehe Skizze unten) wie man vom TP zum HP kommt.

Da unsere TP Schaltung viele Kodensatoren hat, müssen wir ein HP bauen mit vielen Kodensatoren. Um Kodensatoren benutzen zu können gehen wir vom HP zu TP, also brauchen wir Spulen.

Kurz: Die Schaltung (TP) mit den vielen Induktivitäten aus dem Filterkatalog ist zu wählen.

Aus der Vorlesung wissen wir:





Allgemeiner Verlauf eines Cauer-Hochpasses 3.Ordnung

