

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 $AdB(\omega)$	3
4. Zeichnen Sie $AdB(\omega)$ qualitativ.....	3
5. Handelt es sich um ein Hochpass- oder ein Tiefpassfilter? Begründen Sie Ihre Antwort.....	4
6. Bestimmen Sie C in Abhängigkeit von der Durchlasskreisfrequenz und dem Rippel im Durchlassbereich	4
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.....	5
Aufgabe 7 Machen Sie ein Kamerabild von Ihrem Aufbau auf dem Breadboard. Und fügen Sie es dem Bericht bei.	5
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.	6
Berechnen Sie die Frequenz aus der Periodendauer.....	6
Aufgabe 13 Messen Sie den Betrag von U_2 für die in Tabelle 1 aufgelisteten Frequenzen	6
Aufgabe 14 Rechnen Sie die gemessenen Beträge von in Werte der Transmittanz um.....	7
Aufgabe 15 Rechnen Sie die Werte von $ S_{21} $ in Werte der Betriebsdämpfung um.....	7
Aufgabe 16 Stellen Sie die Werte von AdB in einem Diagramm über die Frequenz dar.....	8
Aufgabe 17 Vergleichen Sie die Darstellung mit dem im Vorbereitungsteil skizzierten Verlauf von AdB	8
Aufgabe 2.....	9
Vorbereitungsteil:.....	9
1.Entwerfen Sie ein Cauer Tiefpassfilter 3.Ordnung:	9
2. Welche Filterkatalognummer und welches Theta haben Sie gewählt, welches r? ?	9
3. Zeichnen Sie den Schaltplan des gewählten Filters.....	9
4. Nun sei weiterhin gegeben f_s . Berechnen Sie die erforderlichen Bauteilwerte des Filters.....	9
5. Runden Sie die Bauteilwerte auf die nächsten in der E6-Bauteilreihe verfügbaren Werte.	10
6. Rechnen Sie die normierte Unendlichkeitsstelle und Nullstelle in die zugehörigen Frequenzen	10
Praxisteil.....	10
2. Machen Sie ein Kamerabild von Ihrem Aufbau auf dem Breadboard und fügen Sie es dem Bericht bei...10	10
3. Messen Sie den Betrag von U_2 für die in Tabelle 2 aufgelisteten Frequenzen f.....	11
4. Messen Sie den Betrag von U_2 an der Unendlichkeitsstelle $f_{\infty 2}$ und Nullstelle f_{02}	12
5. Auswertung: Rechnen Sie die gemessenen Beträge von U_2 in Werte der Transmittanz $ S_{21}(j\omega) $ um.....	12
6. Rechnen Sie die Werte von $ S_{21}(j\omega) $ in Werte der Betriebsdämpfung $AdB(\omega)$ um.....	12
7. Stellen Sie die Werte von $AdB(\omega)$ zusammen mit den Werten von $AdB(\omega)$ aus Aufgabe 1 in einem Diagramm über der Frequenz dar.....	13
8.Vergleichen Sie die beiden Verläufe von $AdB(\omega)$ von den zwei Aufgaben.....	14
9. Vergleichen Sie den Verlauf von $AdB(\omega)$ mit dem Dämpfungsverlauf von dem Filterkatalog an der Nullstelle f_{02} und der Unendlichkeitsstelle $f_{\infty 2}$	14
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.....	14
11. Bauen Sie das Tiefpassfilter zu einem Hochpassfilter mit gleicher Ordnung und gleichem Typ (Cauer) um. Verwenden Sie die selben Bauteile.....	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).

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

$$U_2 = I * \left(R_2 + \frac{1}{j\omega C}\right)^{-1} \Rightarrow U_2 = \frac{E}{R_{ges}} * \left(R_2 + \frac{1}{j\omega C}\right)^{-1} \rightarrow S_{21} = 2 \frac{\left(R_2 + \frac{1}{j\omega C}\right)^{-1}}{R_{ges}}$$

$$I = \frac{E}{R_{ges}}$$

$$R_{ges} = R + C || R$$

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

```
syms R omega C real
```

```
R_ges = R + 1/(1i*omega*C+1/R);
```

```
S_21 = 2*((1/R+1i*omega*C)^-1)/(R+R/(1+1i*omega*C*R)) %2*R/R_ges
```

```
S_21 =
```

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

```
simplify(S_21,"Steps",640)
```

```
ans =
```

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

3. Bestimmen Sie $|S_{21}(j\omega)|^2$ und $AdB(\omega)$.

```
simplify(abs(S_21)^2,"Steps",100)
```

ans =

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

$$S_{21} = 4 / (C^2 R^2 \omega^2 + 4) - (2i C R \omega) / (C^2 R^2 \omega^2 + 4)$$

S_21 =

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

$$\text{simpS21_abs_quad} = (4 C^2 R^2 \omega^2) / (C^2 R^2 \omega^2 + 4)^2 + 16 / (C^2 R^2 \omega^2 + 4)^2$$

simpS21_abs_quad =

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

$$A_{db} = 10 \log_{10}((C^2 R^2 \omega^2 + 4)^2 / (4 C^2 R^2 \omega^2 + 16))$$

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 = simplify(A_db,"Steps",100)
```

simA_db =

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

4. Zeichnen Sie $AdB(\omega)$ qualitativ.

```
A_dB = symfun(simA_db,[C,R,omega])
```

A_dB(C, R, omega) =

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

```
f = [10 50 90 100 150 170 180 200 300 500 1000 2000]*1e3; %kHz
```

```
%f = 1000:1000:2000000;
```

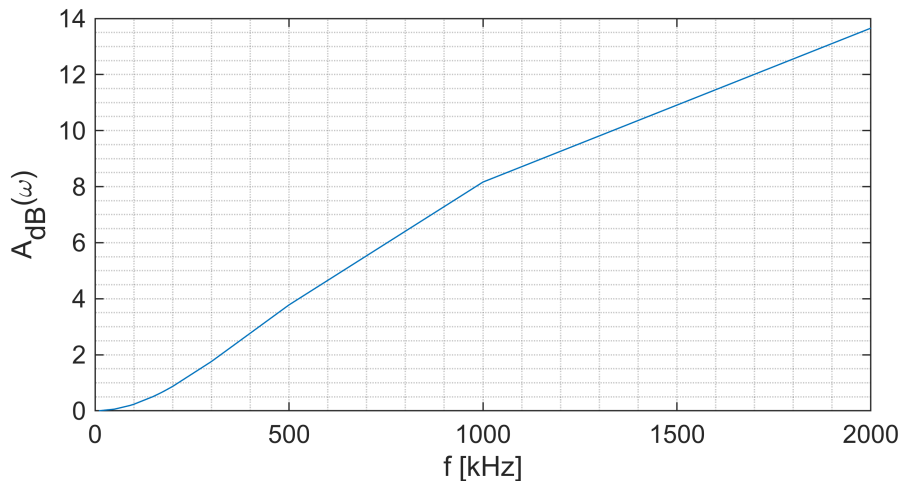
```
plot(f./10^3,A_dB(15*10^-9,50,2*pi*f)) %C-Wert aus letzte Aufgabe
```

```
xlabel ("f [kHz]")
```

```
ylabel("A_{dB}(\omega)")
```

```
grid("minor")
```

```
set(gcf, "Position",[0,0,500,250])
```



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 $A_{dB}(\omega_g) = A_D$.

```
syms A_D
formula = solve(simA_db==A_D,C,"ReturnConditions",true);
formula.C(2)
```

ans =

$$\frac{2 \sqrt{10^{A_D/10} - 1}}{R \omega}$$

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

```
double(subs(formula.C(2),[A_D R omega], [0.28 50 2*pi*10^5]))*1e9 %%F --> nF
```

ans = 16.4288

E-Normreihen

Gewünschter Wert: 16.42

Normreihe	Näherungswert	Abweichung
E6	15.00	-8.70%

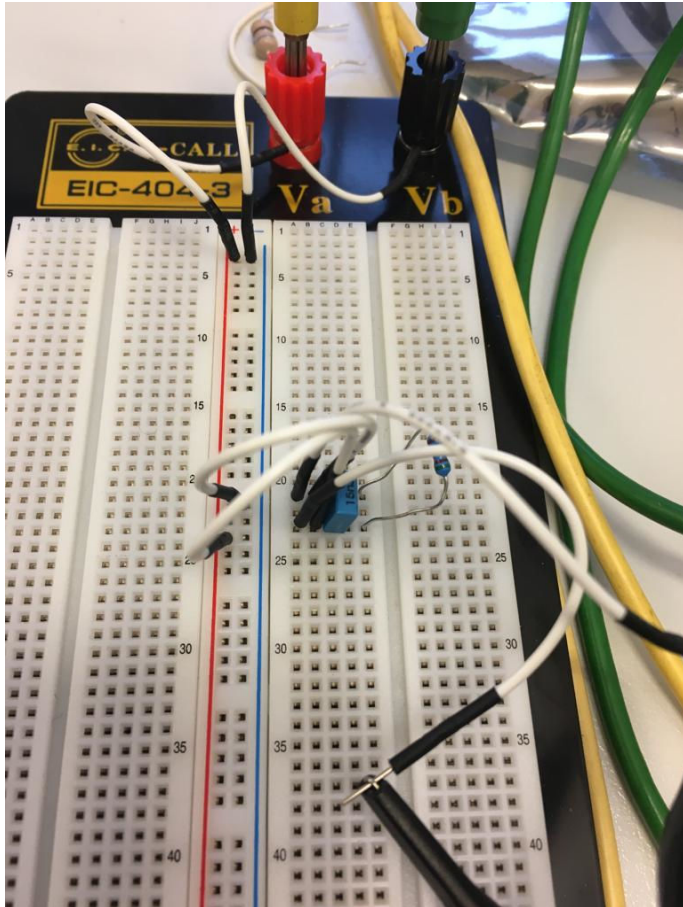
C_value = 15 %nF

C_value = 15

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 vorgegebenen Werte auf dem Generator eingestellt werden. 100kHz und 1VPP:

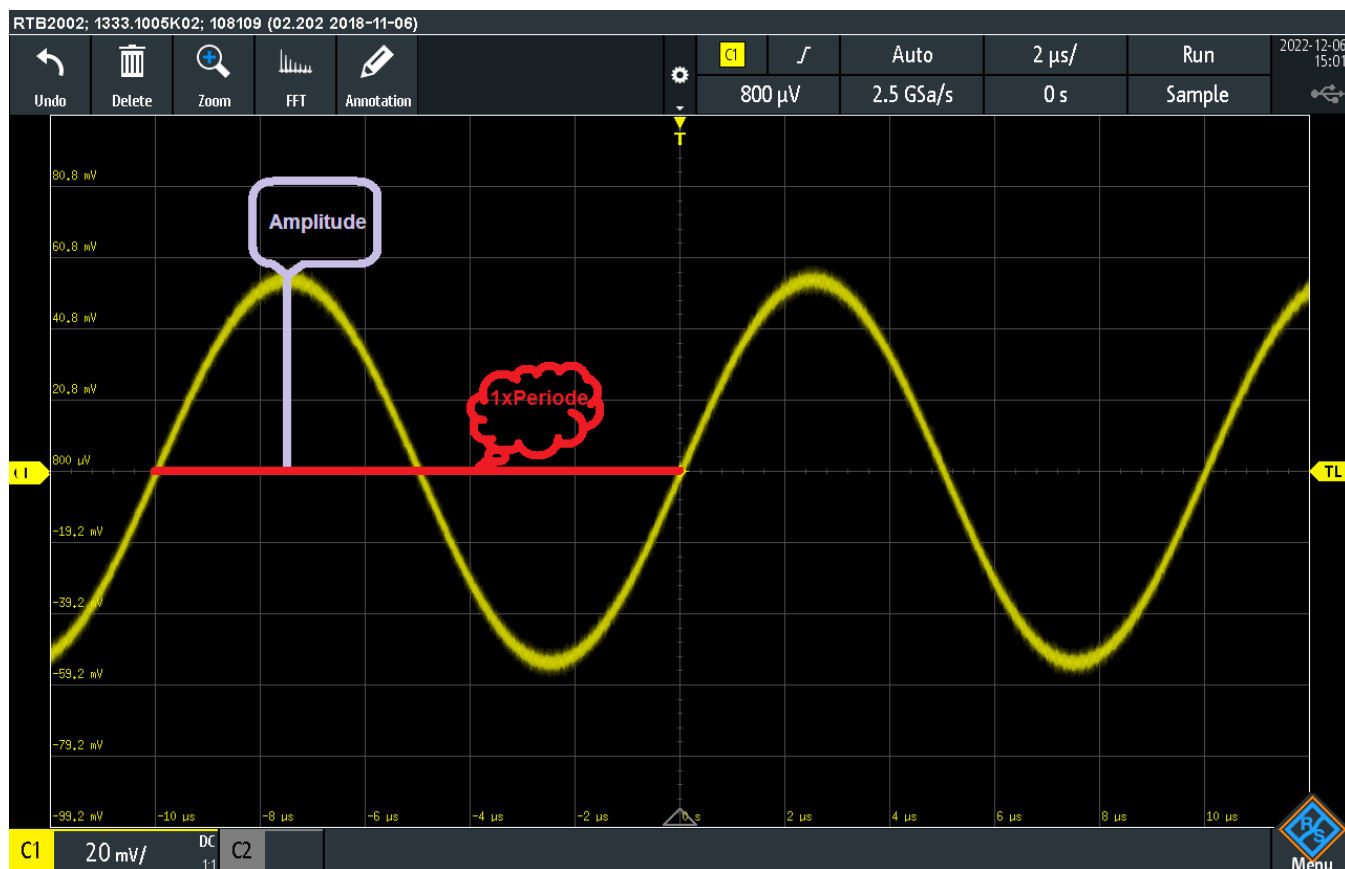
Beim Anschalten des Oszis. wird das Signal mit dem Auto-Detect Knopf detektiert. Für die Ablesung der Amplitude muss noch vertikal rein gezoomt werden.

Die Amplitude hatte einen 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

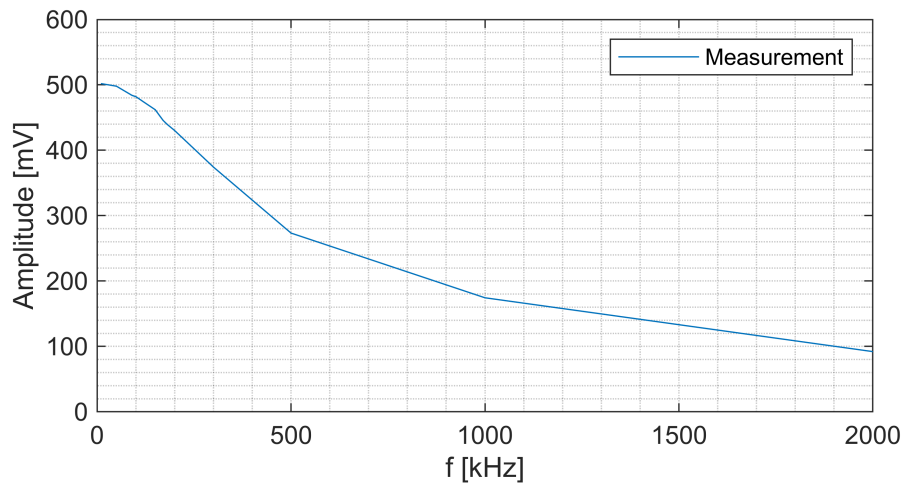
$$f = \frac{1}{T} \text{ mit } T = 10\mu s$$

$$f_g = 1/(10^{-5})/1000 \text{ \%kHz}$$

$$f_g = 100.0000$$

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

```
clf
f = [10 50 90 100 150 170 180 200 300 500 1000 2000]; %kHz --Tabelle
Periodendauer = f.^-1*1000; %Mikrosekundend
Amp = [502 498 484 482 462 445.9 440.02 430.22 374.36 273.42 174.44 92.12]; %mV
plot(f,Amp)
xlabel("f [kHz]")
ylabel("Amplitude [mV]")
grid("minor")
legend("Measurement")
```



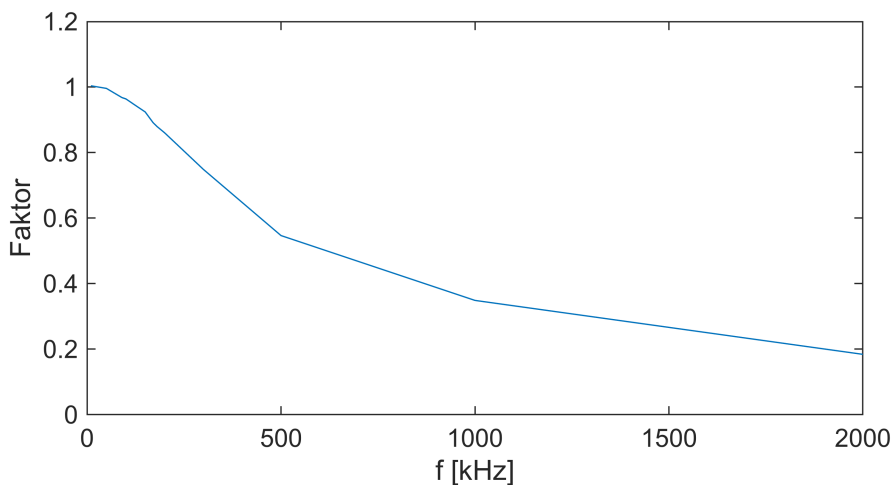
Mit steigender Frequenz sinkt die Amplitudue. (Tiefpass verhalten)

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

```
S21_value = 2*Amp./1e3
```

```
S21_value = 1×12
    1.0040    0.9960    0.9680    0.9640    0.9240    0.8918    0.8800    0.8604 ...
```

```
clf
plot(f,S21_value)
xlabel("f [kHz]")
ylabel("\bf{Faktor}")
```



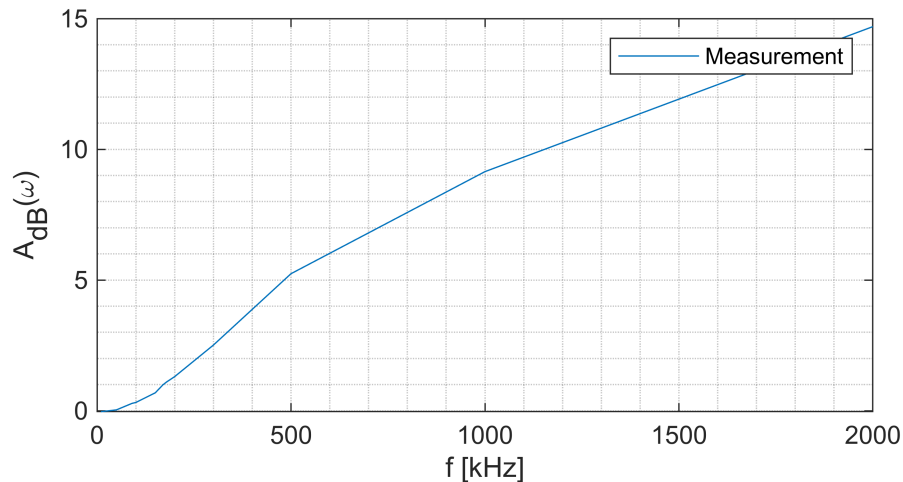
Aufgabe 15 Rechnen Sie die Werte von $|S_{21}|$ in Werte der Betriebsdämpfung $A_{dB}(\omega)$ um.

```
clf
A_dB_value = double(10*log10(abs(S21_value).^(-2)))
```

```
A_dB_value = 1×12
-0.0347    0.0348    0.2825    0.3185    0.6866    0.9947    1.1100    1.3056 ...
```

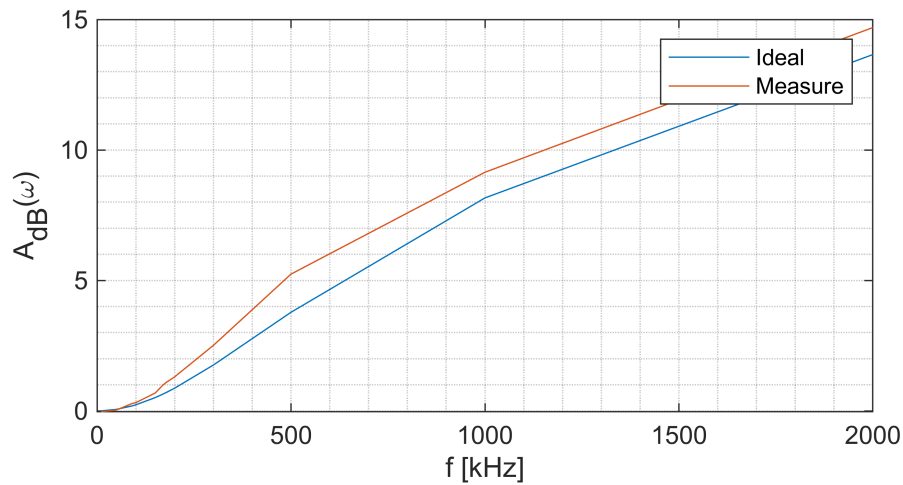
Aufgabe 16 Stellen Sie die Werte von $A_{dB}(\omega)$ in einem Diagramm über die Frequenz dar.

```
plot(f,A_dB_value)
grid("minor")
xlabel("f [kHz]")
ylabel("A_{dB}(\omega)")
legend("Measurement")
```



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

```
clf
plot(f,A_dB(15*10^-9,50,2*pi*f*10^3)) %C-Wert aus letzte Aufgabe
xlabel ("f [kHz]")
ylabel("A_{dB}(\omega)")
grid("minor")
hold on
plot(f,A_dB_value)
legend("Ideal", "Measure")
hold off
```

Die Abweichungen lassen sich unter anderem durch Messrauschen und nicht Idealen Komponenten (Abweichungsnormen) erklären.

Aufgabe 2

Vorbereitungsteil:

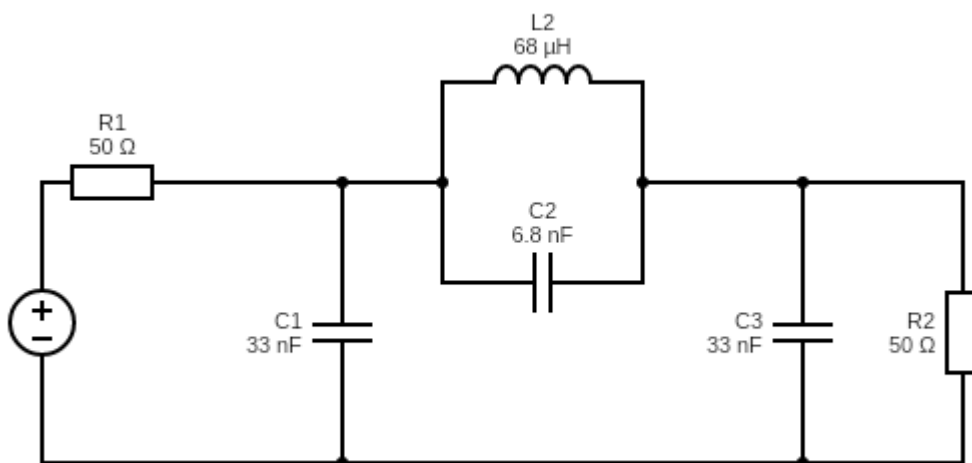
1. Entwerfen Sie ein Cauer Tiefpassfilter 3. Ordnung: $\Omega_S \leq 2$ $a_S \geq 28dB$ $R_1 = R_2 = 50\Omega$

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

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

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

3. Zeichnen Sie den Schaltplan des gewählten Filters.



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

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

$$f_g = 200/2 \text{ kHz}$$

$$f_g = 100$$

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

$$L_0 = 50/(2 \cdot \pi \cdot f_g);$$

$$L_2 = 0.962438 \cdot L_0$$

$$L_2 = 0.0766$$

$$C_0 = 1/(50 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_g \cdot 10^3);$$

$$C_n = [1.203011 \quad 0.201627 \quad 1.203011] \cdot C_0 \cdot 10^9$$

$$C_n = \begin{matrix} 1 \times 3 \\ 38.2930 & 6.4180 & 38.2930 \end{matrix}$$

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

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

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

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

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

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

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

$$\Omega_{\infty 2} = 2.270068086 \cdot f_g \text{ kHz}$$

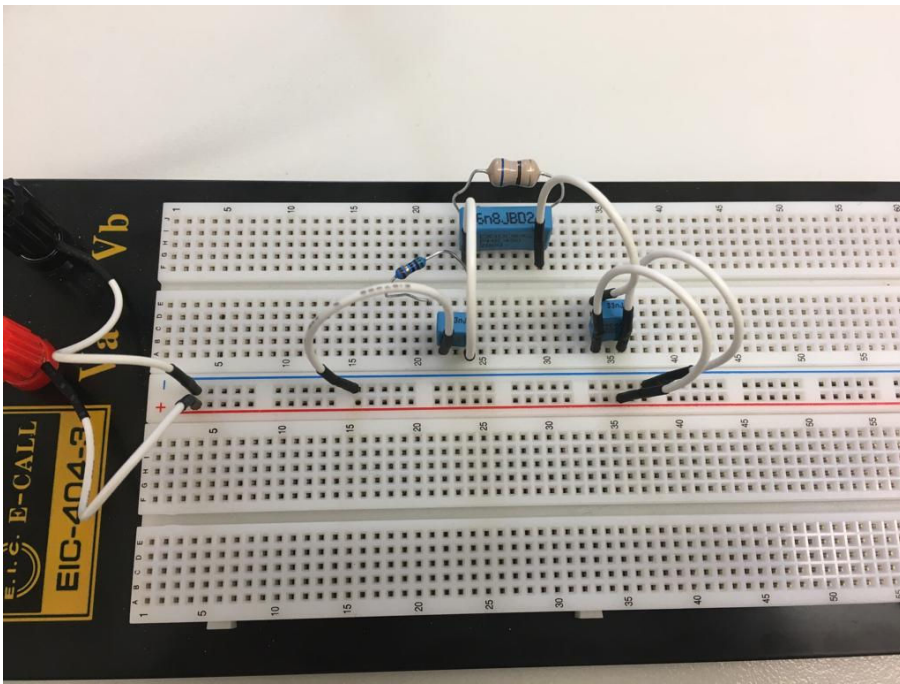
$$\Omega_{\infty 2} = 227.0068$$

$$\Omega_{02} = 0.8810308431 \cdot f_g \text{ kHz}$$

$$\Omega_{02} = 88.1030$$

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 U2 für die in Tabelle 2 aufgelisteten Frequenzen f.

```

U2f_inf = 10.29/2;
U2f_02 = 968/2;

f_expand      = [10  50 Omega_02  90 100 150      170      180      200 Omega_inf2      300      500
cauer_Amp_expand = [494 480 U2f_02 486 484 211.19 110.25 77.8 35.966 U2f_inf 21.658 24.206 4.263 1.323]
f              = [10  50  90 100 150      170      180      200      300      500      1000 2000]; %kHz
cauer_Amp      = [494 480 486 484 211.19 110.25 77.8 35.966 21.658 24.206 4.263 1.323] %mV

```

```

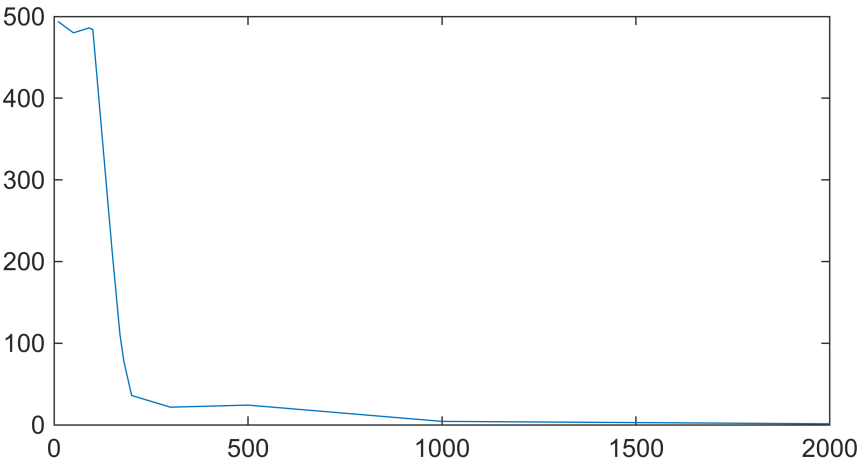
cauer_Amp = 1x12
494.0000 480.0000 486.0000 484.0000 211.1900 110.2500 77.8000 35.9660 ...

```

```

clf
plot(f,cauer_Amp)

```



4. Messen Sie den Betrag von U2 an der Unendlichkeitsstelle $f_{\infty 2}$ und Nullstelle f_{02} .

```
U2f_inf = 10.29/2
```

```
U2f_inf = 5.1450
```

```
U2f_02 = 968/2
```

```
U2f_02 = 484
```

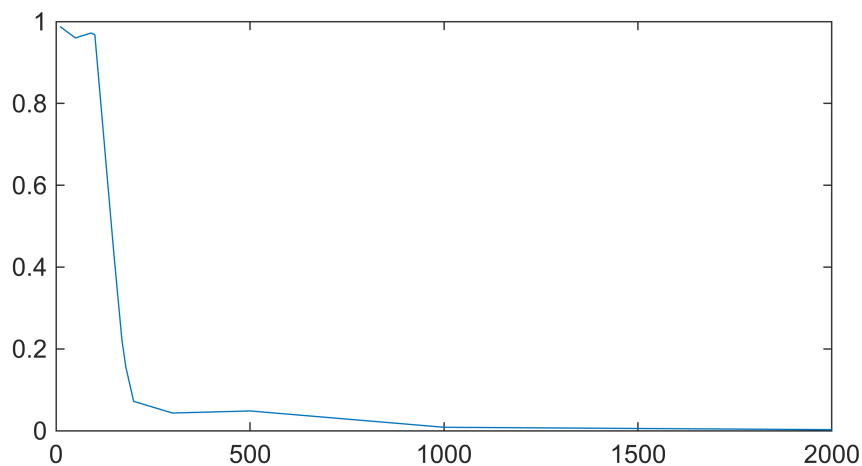
5. Auswertung: Rechnen Sie die gemessenen Beträge von U2 in Werte der Transmittanz $|S_{21}(j\omega)|$ um.

```
cauer_S21 = 2*cauer_Amp/1e3
```

```
cauer_S21 = 1×12  
0.9880 0.9600 0.9720 0.9680 0.4224 0.2205 0.1556 0.0719 ...
```

```
cauer_S21expand = 2*cauer_Amp_expand/1e3;
```

```
plot(f,cauer_S21)
```

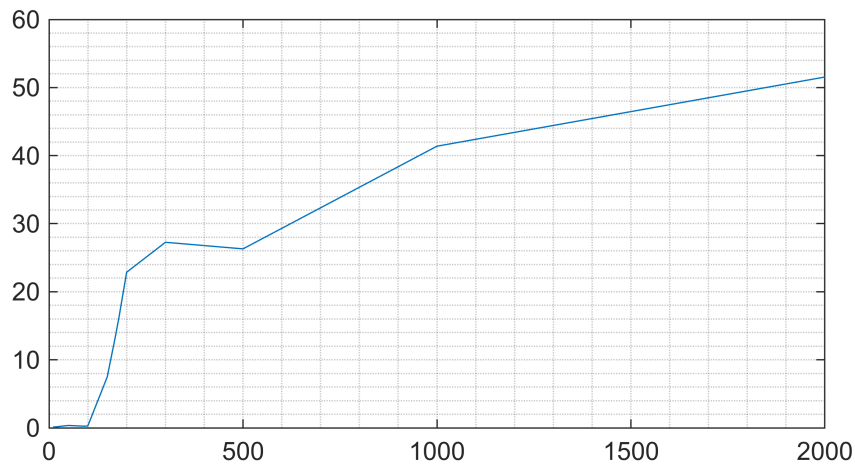


6. Rechnen Sie die Werte von $|S_{21}(j\omega)|$ in Werte der Betriebsdämpfung $AdB(\omega)$ um.

```
cauerA_dB = 10*log10(cauer_S21.^-2);  
cauerA_dBexpand = 10*log10(cauer_S21expand.^-2)
```

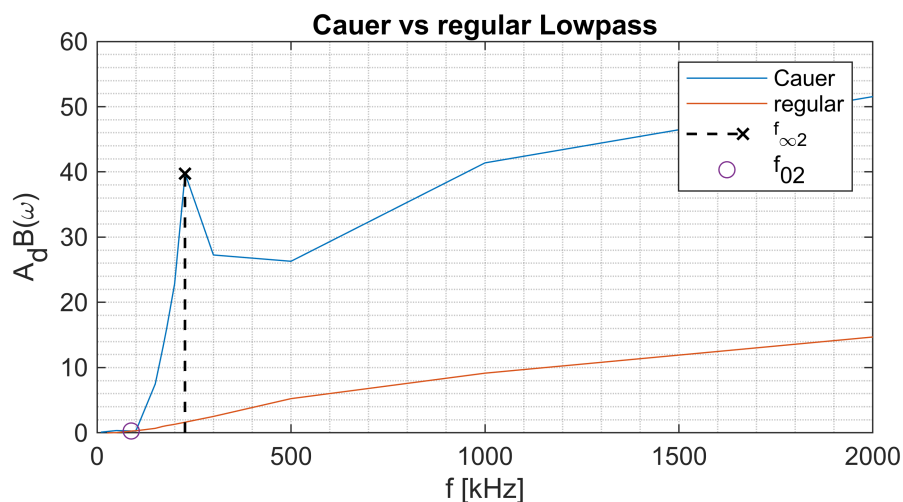
```
cauerA_dBexpand = 1×14  
0.1049 0.3546 0.2825 0.2467 0.2825 7.4859 13.1318 16.1598 ...
```

```
plot(f,cauerA_dB)  
grid minor
```



7. Stellen Sie die Werte von $A_dB(\omega)$ zusammen mit den Werten von $A_dB(\omega)$ aus Aufgabe 1 in einem Diagramm über der Frequenz dar.

```
clf
plot(f_expand,cauerA_dBexpand)
grid minor
xlabel("f [kHz]")
ylabel("A_dB(\omega)")
hold on
plot(f,A_dB_value)
stem(Omega_inf2,10*log10((2*U2f_inf*10^-3)^-2),"blackX",LineWidth=1,LineStyle="--")
plot(Omega_02, 10*log10((2*U2f_02*10^-3)^-2),"o")
ylim([0,60])
hold off
legend("Cauer","regular","f_{\infty2}", "f_{02}")
title("Cauer vs regular Lowpass")
set(gcf,"position",[0,0,500,250])
```



8. Vergleichen Sie die beiden Verläufe von $AdB(\omega)$ von den zwei Aufgaben

Der reguläre Tiefpass ist..... Der Cauer-Tiefpass reagiert viel schneller und sperrt somit schnell die gewünschte Frequ. im Vergleich zum regulären Tiefpass.

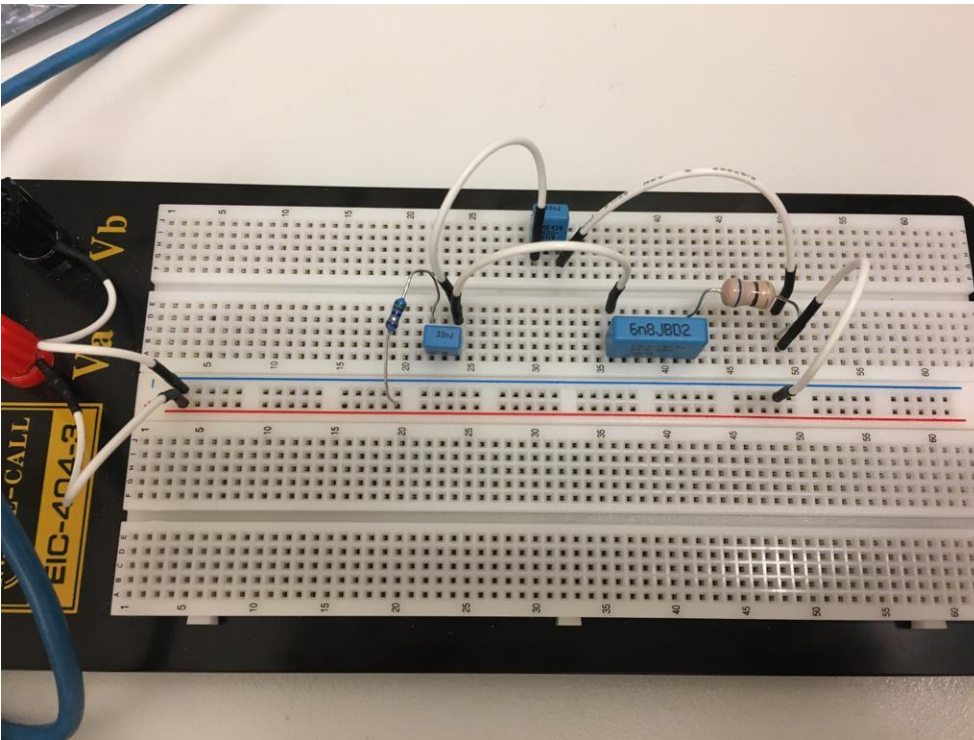
9. Vergleichen Sie den Verlauf von $AdB(\omega)$ mit dem Dämpfungsverlauf von dem Filterkatalog an der Nullstelle f_{02} und der Unendlichkeitsstelle $f_{\infty 2}$.

Rasanter Abstieg....

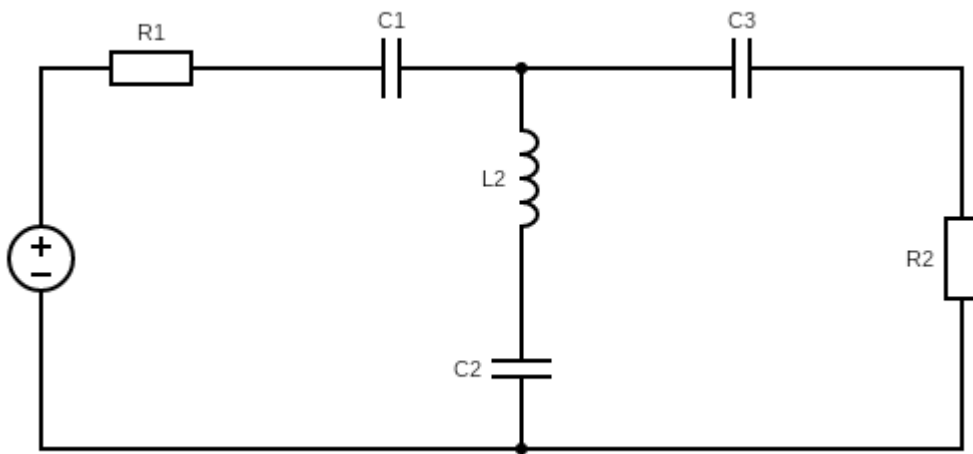
10. Werden die Anforderungen an den Filterentwurf in der Praxis erfüllt? Bestimmen Sie die tatsächlichen Werte von a_S und Ω_S aus Ihren Messwerten und vergleichen Sie diese mit den Anforderungen.

50dB

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.



```
plot(f(2:end),A_dB_value(2:end).^-1)
```

