IV Praktikum 2022

Table of Contents

Aufgabe 1

Vorbereitungsteil:

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

1. Bestimmen Sie Pmax.

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

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

2. Bestimmen Sie S21(jω).

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

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

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

```
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 =

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

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

ans =

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

3. Bestimmen Sie |S21(jω)|² und AdB(ω).

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

```
ans =
```

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

```
S_21 = 4/(C^2*R^2*omega^2 + 4) - (2i*C*R*omega)/(C^2*R^2*omega^2 + 4)
```

```
S_21 =
```

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

```
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*log10((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 =
```

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

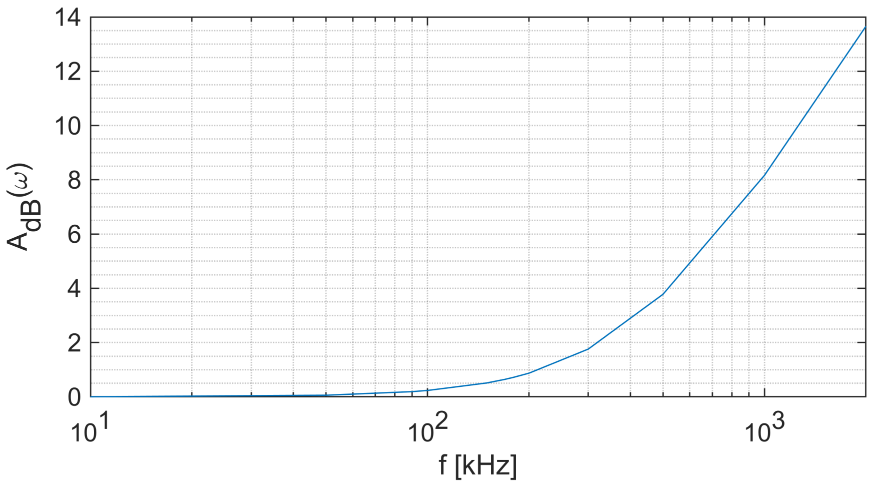
4. Zeichnen Sie AdB(ω) qualitativ.

```
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;
semilogx(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 Freq. 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 $(f_g = 100kHz)$ und A $(A_D = 0.28dB)$. Runden Sie Ihr Ergebnis auf den nächsten in der E6-Bauteilreihe1 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%

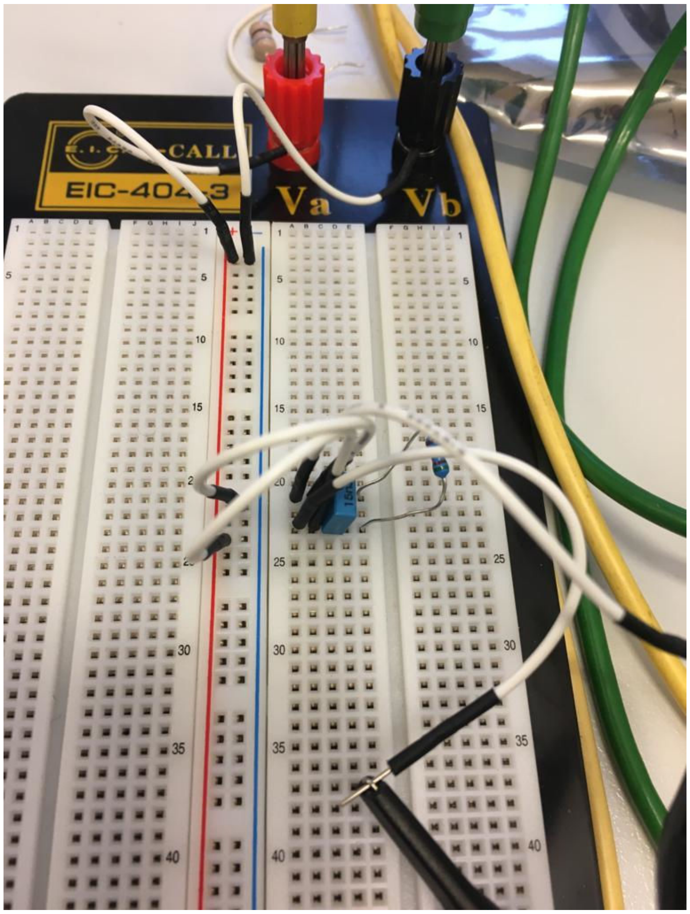
```
C_value = 15 %nF
```

```
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:

Vorgehensweiße:

Zuerst muessen die Vorgegeben Werte auf dem Generator einigestellt werden. 100kHz und 1VPP:

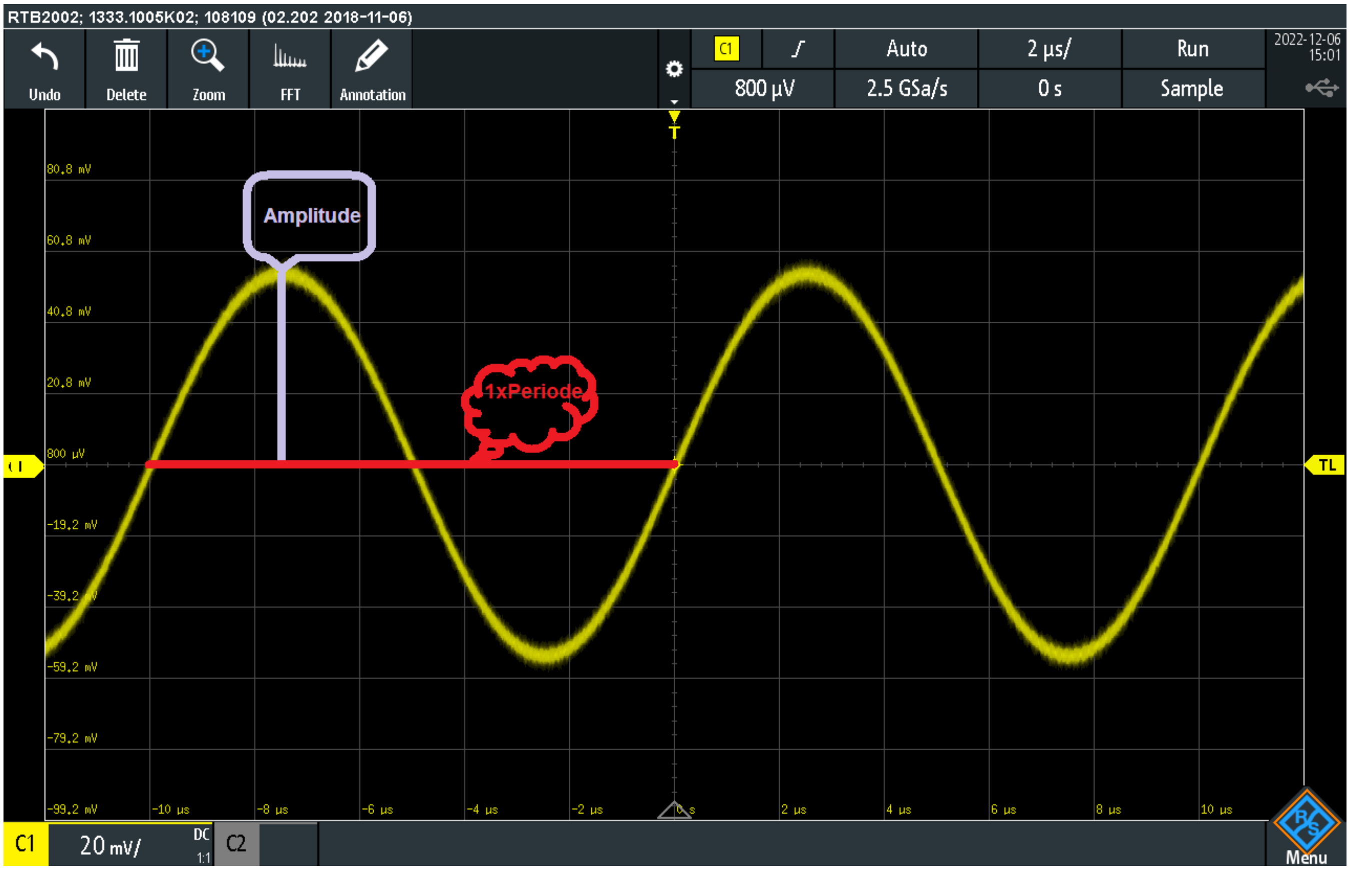
Beim Anschalten des Ozsi. wird das Signal mit dem Auto-Detect Knopf detektiert. Fuer die Ablesung der Amplitude muss noch vertikal rein gezoomt werden.

Die Amplitude hatte ein Wert von 58.8 mW und eine Periodendauer von 10μs (siehe Screenshot).

Periodendauer $10\mu s$

Amplitude: $58.8mW$

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

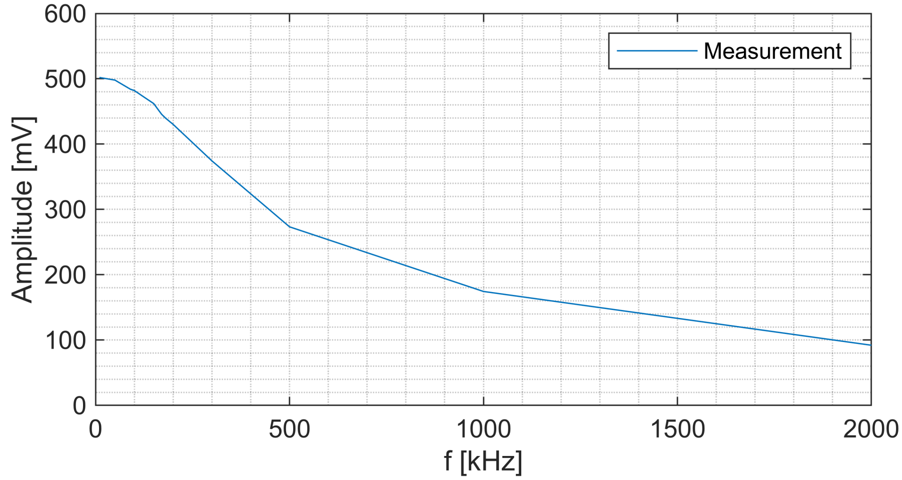
$f = \frac{1}{T}$ mit $T = 10\mu s$

```
fg = 1/(10^-5)/1000 %kHz
```

```
fg = 100.0000
```

Aufgabe 13 Messen Sie den Betrag von U2 für die in Tabelle 1 aufgelisteten Frequenzen f.

```
clf
f1 = [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]; %mW
plot(f1,Amp)
xlabel("f [kHz]")
ylabel("Amplitude [mV]")
grid("minor")
legend("Measurement")
```



Mit steigender Frequenz sinkt die Amplitdue. (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 ···
```

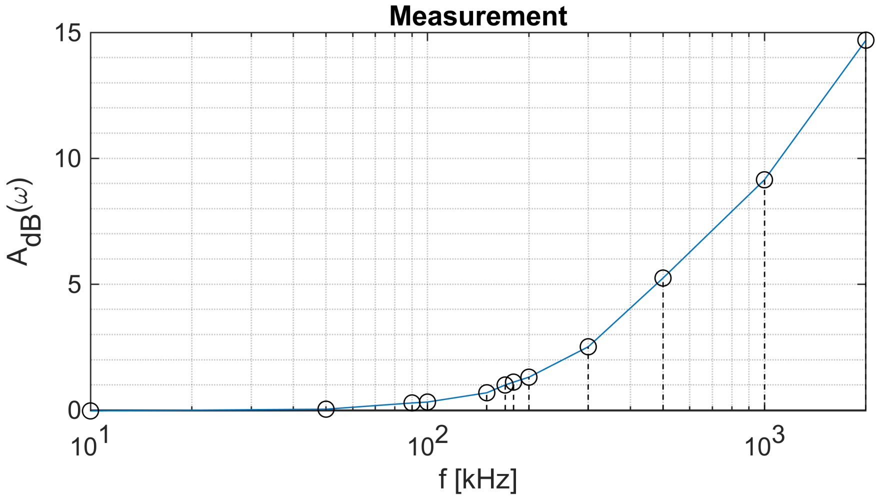
Aufgabe 15 Rechnen Sie die Werte von |S21| in Werte der Betriebsdämpfung $A_{dB}(\omega)$ um.

```
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 ···
```

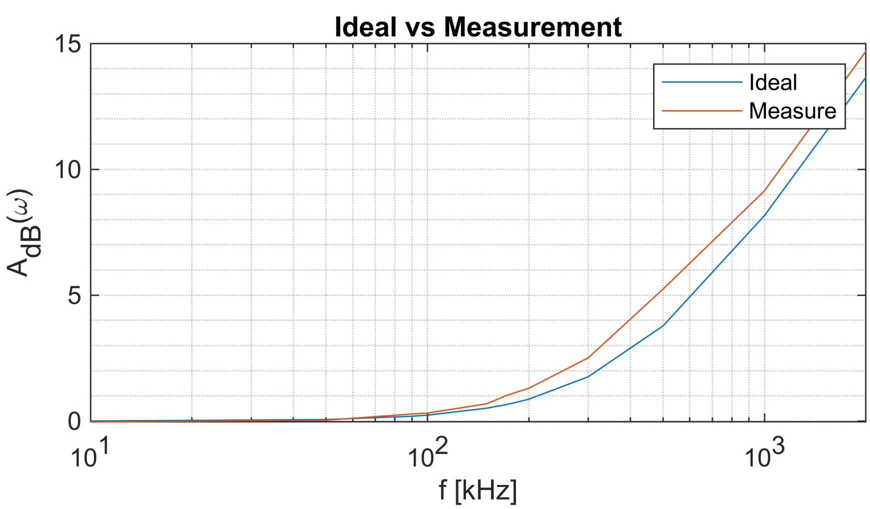
Aufgabe 16 Stellen Sie die Werte von AdB $A_{dB}(\omega)$ in einem Diagramm über die Frequenz dar.

```
clf
semilogx(f1,A_dB_value)
hold on
stem(f1,A_dB_value, "LineStyle","--","Color", "black")
grid("minor")
xlabel("f [kHz]")
ylabel("A_{dB}(\omega)")
title("Measurement")
hold off
```



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

```
clf
semilogx(f1,A_dB(15*10^-9,50,2*pi*f1*10^3)) %C-Wert aus letzte Aufgabe
xlabel ("f [kHz]")
ylabel("A_{dB}(\omega)")
grid("minor")
hold on
semilogx(f1,A_dB_value)
legend("Ideal", "Measure")
title("Ideal vs Measurement")
hold off
```



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

Aufgabe 2

Vorbereitungsteil:

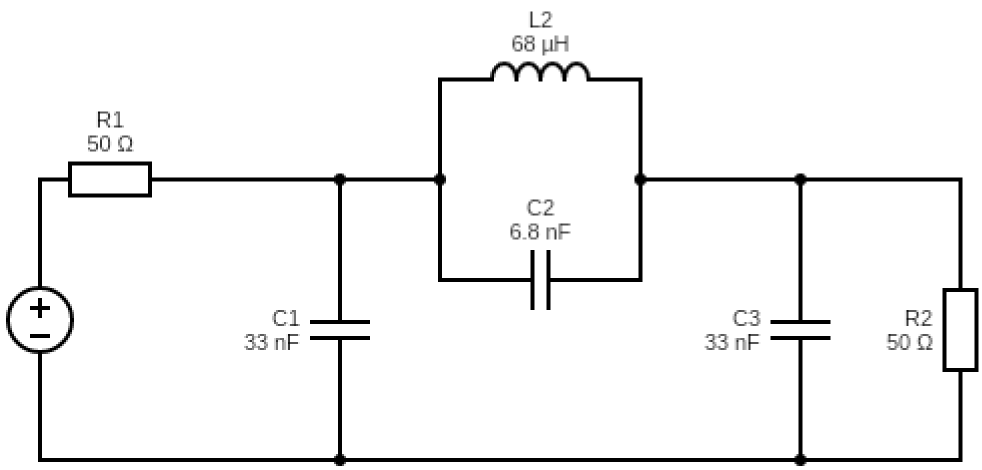
1.Entwerfen Sie ein Cauer Tiefpassfilter 3.Ordnung: $\Omega_S \leq 2 \; a_S \geq 28dB \; R_1 = R_2 = 50\Omega$

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

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

$\Theta = 30° \;\; r_1 = r_2 = 1$

3. Zeichnen Sie den Schaltplan des gewählten Filters.



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

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

```
f_g = 200/2 %kHz
```

```
f_g = 100
```

$f_g = 100kHz$

```
L_0 = 50/(2*pi*f_g);
L_2 = 0.962438*L_0
```

```
L_2 = 0.0766
```

```
C_0 = 1/(50*2*pi*f_g*10^3);
C_n = [1.203011 0.201627 1.203011]*C_0*10^9
```

```
C_n = 1×3
    38.2930    6.4180    38.2930
```

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

E6 Bauteil: $L_2 = 0.068mH$

E6 Bauteil: $C_1 = 33nF \qquad C_2 = 6.8nF \qquad C_3 = 33nF$

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

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

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

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

```
Omega_inf2 = 2.270068086*f_g %kHz
```

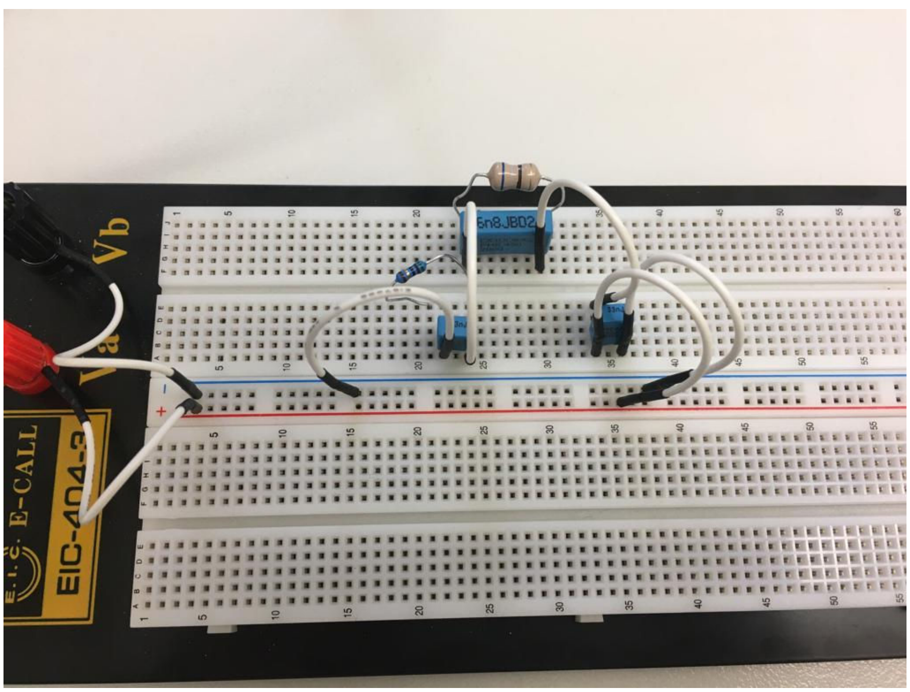
```
Omega_inf2 = 227.0068
```

```
Omgea_02 = 0.88103008431*f_g %kHz
```

```
Omgea_02 = 88.1030
```

Praxisteil

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



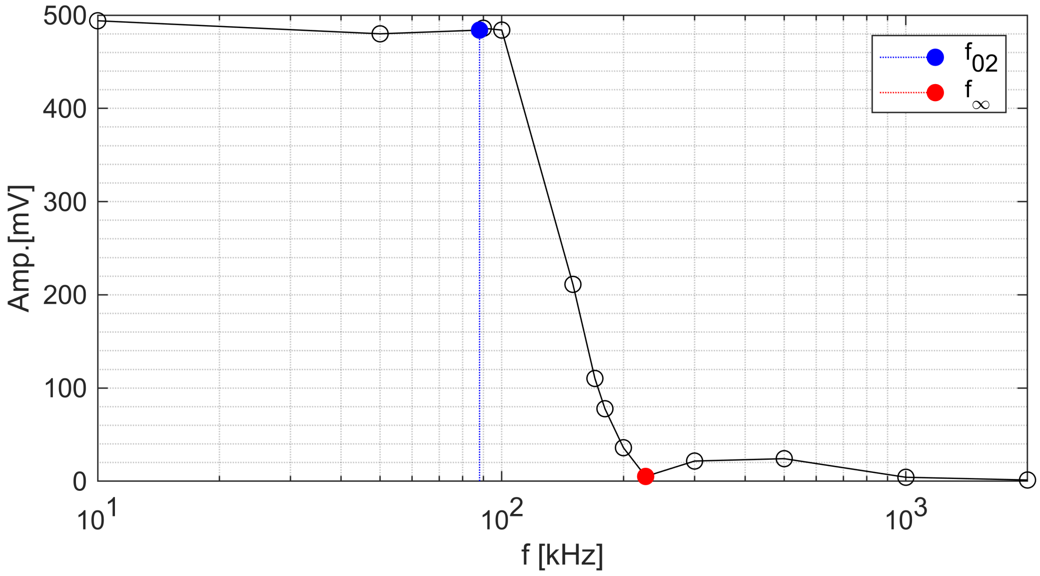
3. Messen Sie den Betrag von U2 für die in Tabelle 2 aufgelisteten Frequenzen f.

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

f                  = [10   50 Omega_02 90 100 150    170    180   200    Omega_inf2  300    500
```

```
cauer_Amp         = [494 480  U2f_02 486 484 211.19 110.25 77.8 35.966    U2f_inf  21.658 24.206
```

```
cauer_Amp = 1×14
  494.0000  480.0000  484.0000  486.0000  484.0000  211.1900  110.2500   77.8000 ···
```

```
clf
semilogx(f,cauer_Amp,"LineStyle","-","Marker","o","Color","black")
grid minor
hold on
stem(f(3),cauer_Amp(3),"filled",LineStyle=":",Color="b")
stem(f(10),cauer_Amp(10),"filled",LineStyle=":",Color="r")
legend("","f_{02}","f_\infty")
xlabel("f [kHz]")
ylabel("Amp.[mV]")

hold off
```



4. Messen Sie den Betrag von U2 an der Unendlichkeitsstelle f∞2 und Nullstelle f02.

```
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 |S21(jω)| um.

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

```
cauer_S21 = 1×14
    0.9880    0.9600    0.9680    0.9720    0.9680    0.4224    0.2205    0.1556 ···
```

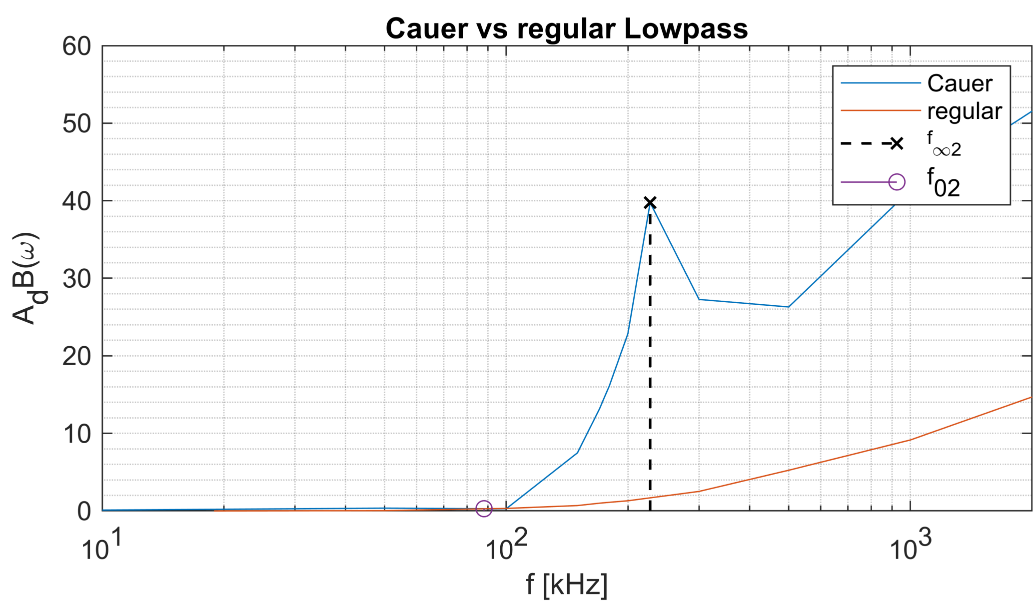
6. Rechnen Sie die Werte von |S21(jω)| in Werte der Betriebsd¨ampfung AdB(ω) um.

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

```
cauerA_dB = 1×14
    0.1049    0.3546    0.2825    0.2467    0.2825    7.4859   13.1318   16.1598 ···
```

7. Stellen Sie die Werte von AdB(ω) mit den Werten von Aufgabe 1 in einem Diagramm über der Frequenz dar.

```
clf
semilogx(f,cauerA_dBexpand)
grid minor
xlabel("f [kHz]")
ylabel("A_dB(\omega)")
hold on
semilogx(f1,A_dB_value)
stem(Omega_inf2,10*log10((2*U2f_inf*10^-3)^-2),"blackX",LineWidth=1,LineStyle="--")
stem(Omgea_02, 10*log10((2*U2f_02*10^-3)^-2),"O")
ylim([0,60])
title("Cauer vs regular Lowpass")
%yline(26.5,"LineStyle","--","LineWidth",1,"Label",26.5)
legend("Cauer","regular","f_{\infty2}", "f_{02}")
hold off
```




```
%xlim([0,100])
set(gcf,"position",[0,0,600,300])
```

8.Vergleichen Sie die beiden Verläufe von AdB(ω) von den zwei Aufgaben

Der reguläre Tiefpass ist monoton steigend, während der Cauer-Tiefpass "Rippeln" aufweißt und danach rasant steigt. Nach dem ersten Peak, fällt der Cauer-Filter kurz und steigt dann weiter an. Als Intepreation des

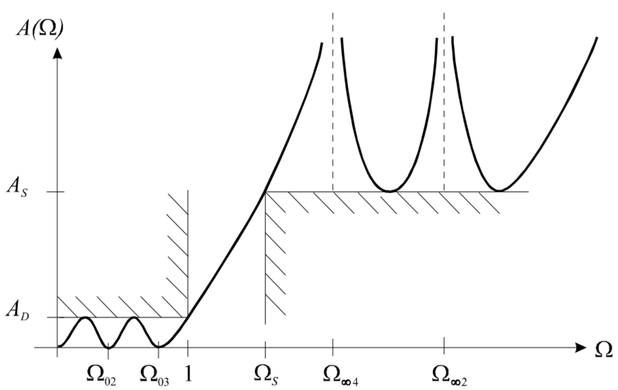
Verhaltens ist, dass die dämpfung wächst mit zunehmender Frequenz. Bei dem regulären Filter kann bis zum Ende eine Spannung von ca. 100mV gemessen werden. Es zeigt wie schlecht der Tiefpass im vergleich zum Cauer performt.

Kurz:

Cauer--> schnell, stark und ,,Ripple" am Anfang

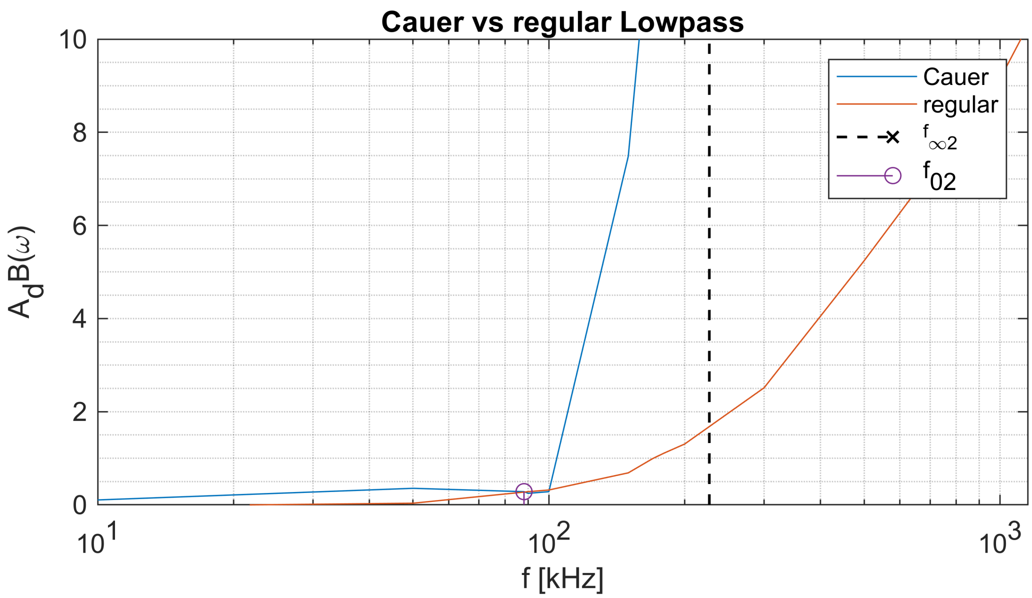
Regulär --> langsam, monoton steigend, schlechte Dämpfung

9. Vergleichen Sie den Verlauf von AdB(ω) mit dem Dämpfungsverlauf von dem Filterkatalog an der Nullstelle f02 und der Unendlichkeitsstelle f∞2.



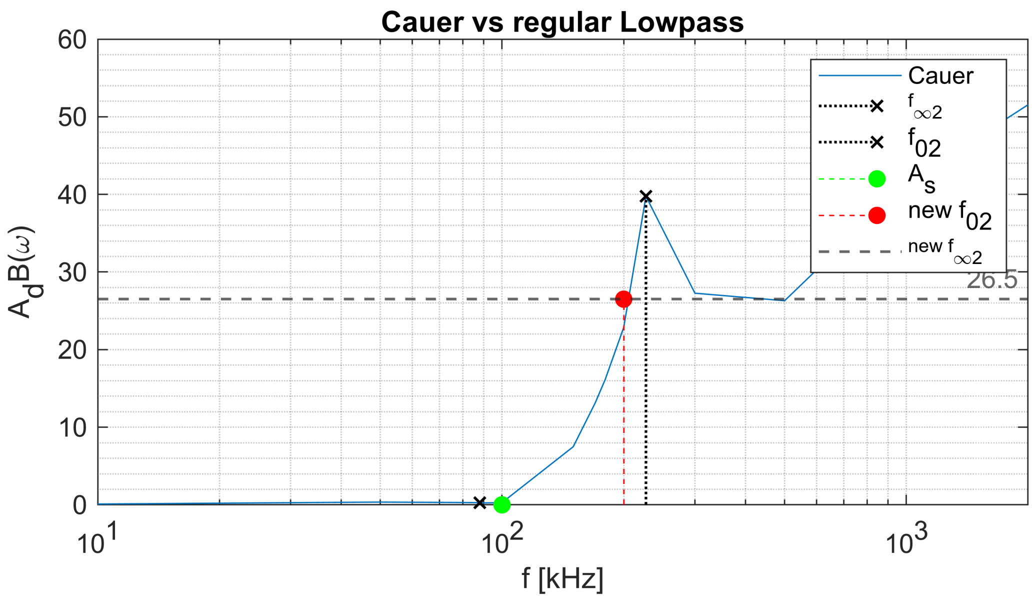
Wenn man in den gemessenen Plot reinzommt dann sieht man die Rippels die einen Cauer Filter kennzeichnen. Zu dem sollten eigentlich Pol-stellen auftauchen, aber um Polstellen zu erhalten müsste man durch nahe 0 teilen bzw 0. Da wir stets Messfehler+Messrauschen und nicht mit idealen Bedingungen arbeiten, erhalten wir immer +/- Werte die stets von 0 abweichen.

```
clf
semilogx(f,cauerA_dBexpand)
grid minor
xlabel("f [kHz]")
ylabel("A_dB(\omega)")
hold on
semilogx(f1,A_dB_value)
stem(Omega_inf2,10*log10((2*U2f_inf*10^-3)^-2),"blackX",LineWidth=1,LineStyle="--")
stem(Omgea_02, 10*log10((2*U2f_02*10^-3)^-2),"O")
ylim([0,10])
title("Cauer vs regular Lowpass")
%yline(26.5,"LineStyle","--","LineWidth",1,"Label",26.5)
legend("Cauer","regular","f_{\infty2}", "f_{02}")
hold off
```



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

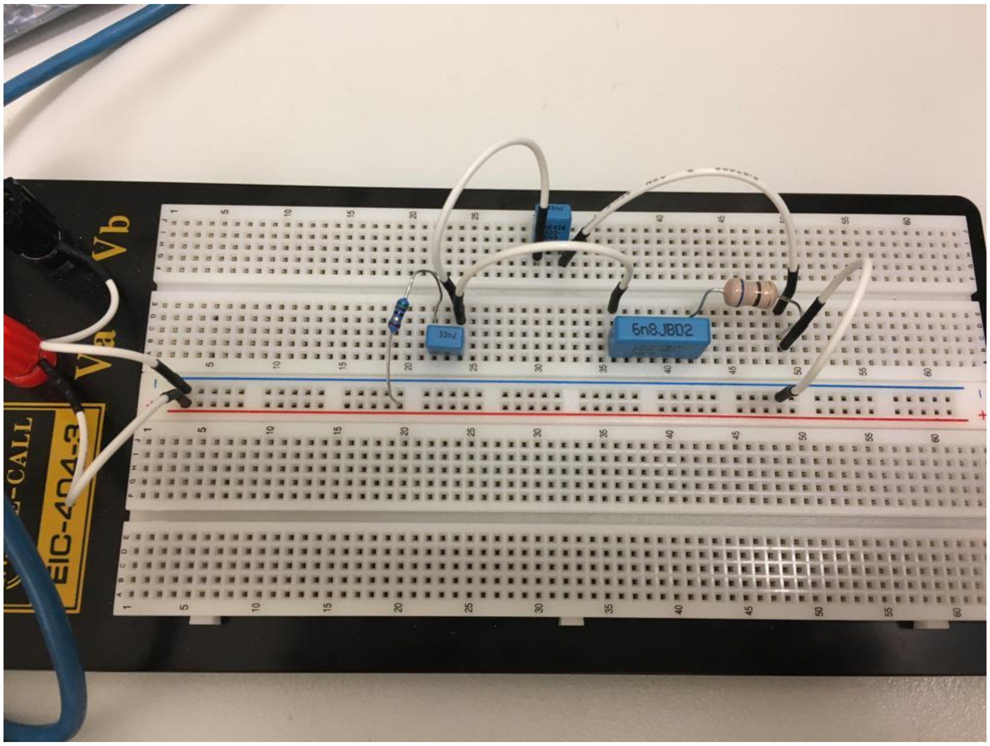
```
clf
semilogx(f,cauerA_dB)
hold on
stem(Omega_inf2,10*log10((2*U2f_inf*10^-3)^-2),"blackX",LineWidth=1,LineStyle=":")
stem(Omgea_02, 10*log10((2*U2f_02*10^-3)^-2),"blackX",LineWidth=1,LineStyle=":")
stem(100,0,"filled","LineStyle","--","Color","g")
stem(200,26.5,"filled","LineStyle","--","Color","r")
grid minor
xlabel("f [kHz]")
ylabel("A_dB(\omega)")
hold on
ylim([0,60])
title("Cauer vs regular Lowpass")
yline(26.5,"LineStyle","--","LineWidth",1,"Label",26.5)
legend("Cauer","f_{\infty2}", "f_{02}", "A_s","new f_{02}", "new f_{\infty2}")

hold off
```



Anforderung: $a_s \geq 28dB \qquad f_{02} = 0.88 \qquad \Omega_{\infty 2} = 2,27$

gemessen: $a_s \geq 26.5dB \qquad f_{02} = 1 \qquad \Omega_{\infty 2} = 2$

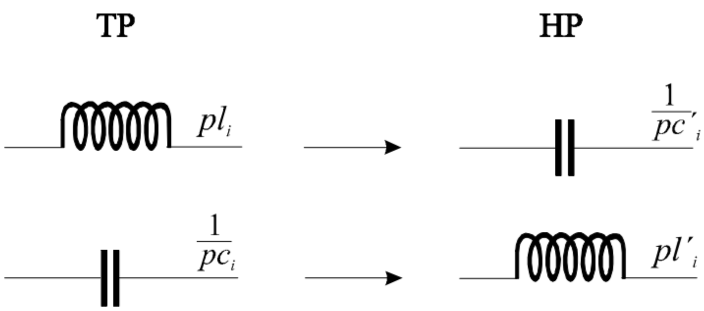
11. Bauen Sie das Tiefpassfilter zu einem Hochpassfilter mit gleicher Ordnung und gleichem Typ (Cauer) um. Verwenden Sie die selben Bauteile.

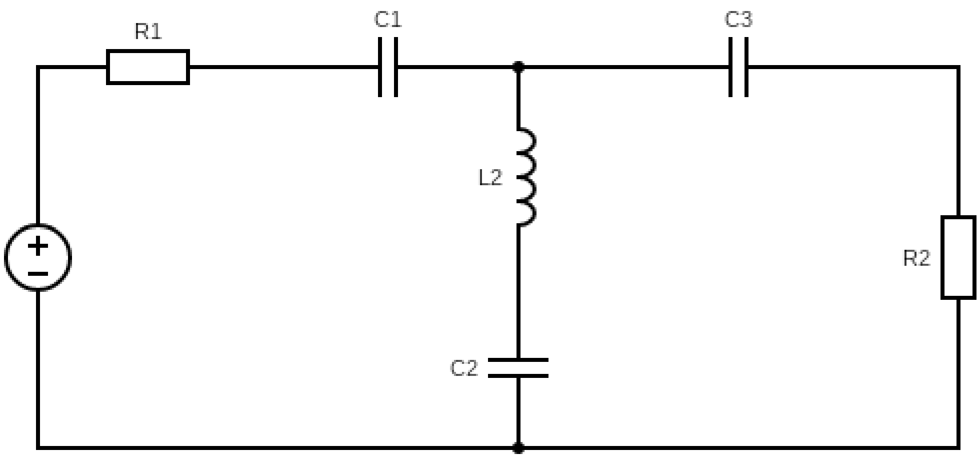


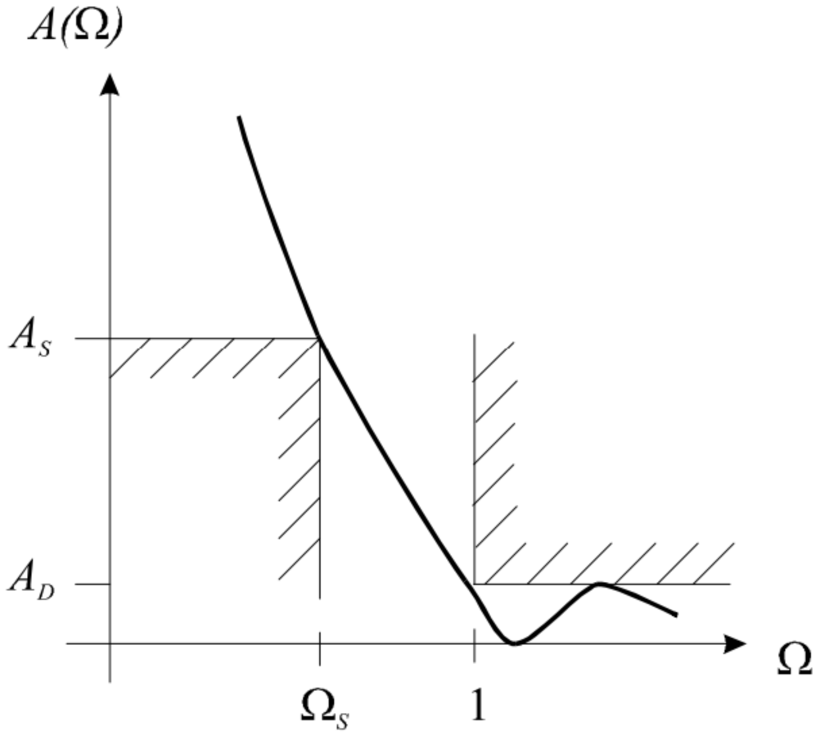
12. Begründen Sie Ihr Vorgehen beim vorherigen Aufgabenteil. Geben Sie die Schaltung und den allgemeingultigen Dämpfungsverlauf des Hochpassfilters an.

Auf der Filtertabelle betrachten wir die Realisierung des Tiefpasses mit vielen Induktiven.

Aus der Vorlesung wissen wir:







Für Tiefefreq. ist die Dämpfung hoch und für hohe Frequenzen ist die Dämpfung klein → Hochpass