

## EL2-Praktikum #10: Tiefpassfilter mit LTspice

In diesem Praktikum wird das Frequenzverhalten eines Tiefpasses erster Ordnung, eines Tiefpasses zweiter Ordnung und eines RLC-Filters untersucht, siehe Abbildung 1.

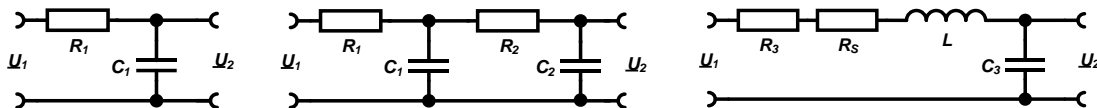


Abbildung 1. Tiefpass 1. Ordnung, Tiefpass 2. Ordnung und RLC-Filter für die Anwendung im Praktikum.

Das Tiefpassfilter 1. Ordnung soll mit einem Widerstand  $R_1 = 31.6 \, \Omega$  und einem Kondensator  $C_1 = 2.2 \, \mu\text{F}$  gebildet werden. Das Tiefpassfilter 2. Ordnung soll mit demselben Widerstand  $R_1$ , demselben Kondensator  $C_1 = 2.2 \, \mu\text{F}$ , mit  $R_2 = 3.16 \, \text{k}\Omega$  und  $C_2 = 22 \, \text{nF}$  gebildet werden. Damit hat der Teil-Tiefpass, gebildet aus  $R_2$  und  $C_2$  die gleiche Grenzfrequenz wie das Tiefpassfilter 1. Ordnung. Für das RLC-Filter seien die Werte  $R_5 = 2 \, \Omega$ ,  $L = 2.2 \, \text{mH}$  und  $C_3 = C_1 = 2.2 \, \mu\text{F}$  zu verwenden,  $R_3$  soll wie folgt berechnet werden: Das RLC-Filter soll bei der Resonanzfrequenz eine Dämpfung von 3 dB haben.

### Bodediagramme

Erzeugen Sie mit Matlab Bodediagramme der Frequenzgänge der Filter, von 1/10 der Resonanzfrequenz bis zur 10fachen Resonanzfrequenz (gleicher Frequenzbereich für alle Filter). Der Amplituden- und der Phasengang aller Filter soll jeweils in ein Diagramm gezeichnet werden, damit die Filterkurven direkt vergleichbar sind. Zur Hilfe hier ein Matlab-Skript für den Tiefpass 1. Ordnung in nicht normierter Form (w0 als Resonanzfrequenz muss noch definiert werden):

```
set(0,'DefaultTextInterpreter','latex') % für griechische Zeichen
w=logspace(log10(w0/10),log10(w0*10)); % Frequenzvektor
G=1./(1+j*w*RTP1*C); % Frequenzgang
subplot(2,1,1), semilogx(w/w0,20*log10(abs(G))) % Plot Amplitude
ylabel('G (dB)')
subplot(2,1,2), semilogx(w/w0,angle(G)*180/pi) %Plot Phase
xlabel('$\Omega$ ') % Darstellung eines grossen Omega
ylabel('$\varphi$ (Grad)') % Darstellung des Winkel-phi
```

Alternativ kann dieser Plot auch wie folgt über die normierte Form geführt werden:

```
set(0,'DefaultTextInterpreter','latex') % für griechische Zeichen
Omega=logspace(-1,1); % Frequenzvektor von 0,1 bis 10 (50 Punkte)
G=1./(1+j*Omega); % Frequenzgang
subplot(2,1,1), semilogx(Omega,20*log10(abs(G))); % Plot Amplitude
ylabel('G (dB)')
subplot(2,1,2), semilogx(Omega,angle(G)*180/pi) %Plot Phase
xlabel('$\Omega$ ') % Darstellung eines grossen Omega
ylabel('$\varphi$ (Grad)') % Darstellung des Winkel-phi
```

Bemerkung: es gibt zwar die Funktion `bodeplot`, aber in das erzeugte Diagramm lassen sich mit einfachen Mitteln keine Messwerte eintragen. Mit `subplot` können zwei Diagramme in ein Fenster gezeichnet werden, `semilogx` erzeugt ein Plot mit logarithmischer x-Achse. Beachten Sie: Zehnerlogarithmus = «log10». Die Funktion «loglog» ist nicht anwendbar, da die y-Achse mit «10<sup>y</sup>» angeschrieben wird. Zwar gilt:  $20 \cdot \log x = \log x^{20}$ , aber es würde z.B. -20 dB angeschrieben als  $10^{-20}$ .

## Simulationen

Bauen Sie alle Filter mit LTspice auf. Schliessen Sie eine Wechselspannungsquelle an und stellen Sie die Amplitudengänge und Phasengänge von  $1/10$  der Resonanzfrequenz bis zur 10fachen Resonanzfrequenz mit LTspice dar. Da die Resultate von Matlab und LTspice identisch sein müssen, können Sie die Korrektheit Ihrer Berechnungen und Simulationen durch Vergleich überprüfen.

## Aufgaben

Beantworten Sie folgende Fragen:

- Warum wurde  $R_2 \gg R_1$  gewählt? Falls Sie nicht sofort auf die Antwort kommen, führen Sie die Simulation in LTspice mit  $R_2 = R_1$  und  $C_2 = C_1$  durch.
- Ändern Sie  $R_3$  so, dass die Amplitudengänge des Tiefpasses 2. Ordnung und des RLC-Filters übereinstimmen. Berechnen Sie den exakten Wert von  $R_3$ .
- Für welche Werte von  $Q$ , dem Gütefaktor der RLC-Schaltung, kann folglich die RLC-Schaltung durch zwei kaskadierte Tiefpässe ersetzt werden?
- RLC-Filter haben den Nachteil einer in der Regel relativ teuren Spule mit vergleichsweise grosser Toleranz auf den Induktivitätswert. Vergleicht man den Amplitudengang des RLC-Filters (ursprünglicher Wert für  $R_3$ ) mit dem Amplitudengang des Tiefpasses 2. Ordnung, so ist aber auch ein Vorteil offensichtlich. Beschreiben Sie diesen Vorteil in Worten.