

**Professor Dr.-Ing. Stefan Kowalewski**  
Dipl.-Inform. Dominik Franke  
Dipl.-Inform. Sebastian Biallas

Aachen, 14. Januar 2011  
SWS: V4/Ü2, ECTS: 7

## **Einführung in die Technische Informatik**

### **WS 2010/2011**

#### **Blatt 12: Kondensator und Spule**

Ihre Lösung zu den mit (★) gekennzeichneten Übungen sollen Sie am **21.1.2011** in der Übung abgeben. Die Bearbeitung der Aufgaben in Lerngruppen ist sinnvoll. Bitte geben Sie nur eine Lösung pro Lerngruppe ab.

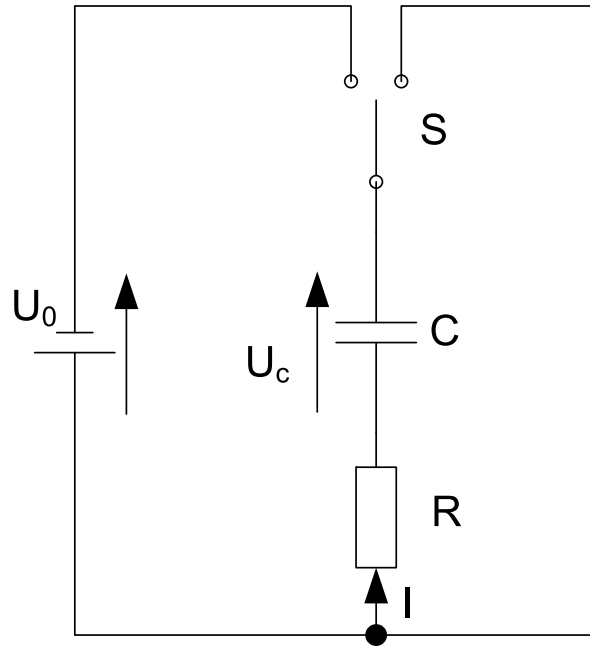
#### **Aufgabe 1: (★) Der ideale Plattenkondensator**

In dieser Aufgabe wird ein idealer Plattenkondensator betrachtet. Als Medium zwischen den beiden kreisförmigen Platten befindet sich zunächst Glas ( $\epsilon_{r,\text{Glas}} = 7$ ). Die Platten haben einen Abstand von 2 cm und jeweils einen Durchmesser von 10 cm.

- Berechnen Sie die Kapazität dieses Kondensators.
- Sie legen eine Spannung von 15 Volt an den Kondensator an. Wie groß ist die im Kondensator nach vollständiger Aufladung gespeicherte Ladung? Wie groß ist die im vollständig aufgeladenen Kondensator gespeicherte Energie?
- Sie entfernen die Glasplatte zwischen den beiden Platten und geben den Plattenkondensator in ein Vakuum. Wie groß ist die Änderung der Kapazität?

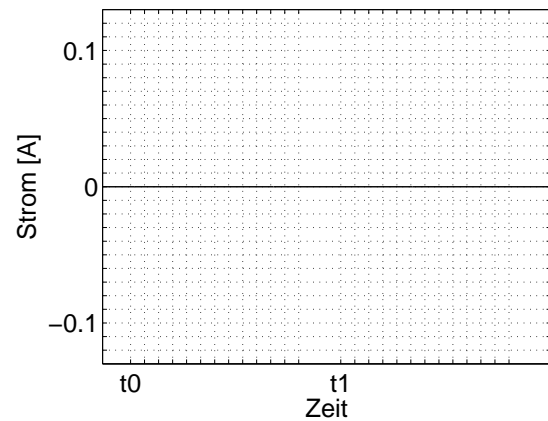
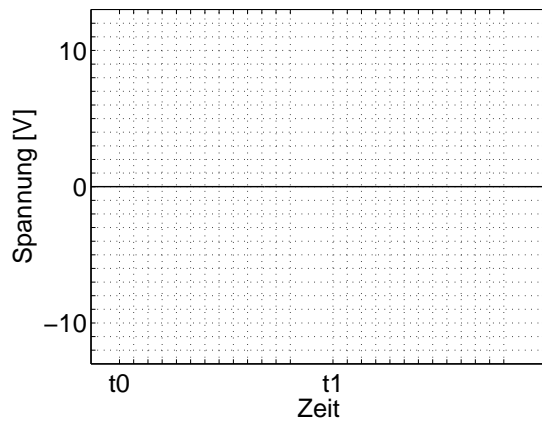
#### **Aufgabe 2: (★) Auf- und Entladen eines Kondensators**

Gegeben sei die folgenden Kondensatorschaltung. Alle Bauteile können als ideal angenommen werden.



Die Bauteile haben die folgenden Dimensionen:  $U_0 = 10 \text{ V}$ ,  $R = 100 \Omega$  und  $C = 200 \mu\text{F}$ .

- Berechnen Sie die Zeitkonstante  $\tau$  der Schaltung.
- Berechnen Sie den maximalen Strom, der durch die Schaltung fließt und die maximale Spannung, die über dem Kondensator abfällt.
- Der Schalter  $S$  wird zum Zeitpunkt  $t_0$  umgelegt (nach links), so dass der Kondensator geladen wird. Gehen Sie davon aus, dass der Kondensator zuvor komplett entladen wurde. Berechnen Sie die relativen (im Verhältnis zum Maximalwert) und absoluten Spannungsdifferenzen über dem Kondensator ( $u_C(t)$ ) und Ströme durch den Kondensator ( $i(t)$ ) für die Zeitpunkte  $t_0$ ,  $t_0 + \tau$ ,  $t_0 + 2\tau$ ,  $t_0 + 3\tau$ ,  $t_0 + 4\tau$  und  $t_0 + 5\tau$ .
- Der Schalter  $S$  wird zum Zeitpunkt  $t_1$  ( $t_1 \gg t_0 + 5\tau$ ) nach rechts umgelegt, so dass der Kondensator entladen wird. Berechnen Sie die relativen (im Verhältnis zum Maximalwert) und absoluten Spannungsdifferenzen über dem Kondensator ( $u_C(t)$ ) und Ströme durch den Kondensator ( $i(t)$ ) für die Zeitpunkte  $t_1$ ,  $t_1 + \tau$ ,  $t_1 + 2\tau$ ,  $t_1 + 3\tau$ ,  $t_1 + 4\tau$  und  $t_1 + 5\tau$ .
- Zeichnen Sie Ihre in c) und d) errechneten Punkte in die untenstehende Diagramme ein. Eine Unterteilung auf der Abszisse entspricht  $10 \text{ ms}$ , eine Unterteilung auf der Ordinate entspricht  $1 \text{ V}$  bzw.  $10 \text{ mA}$ .



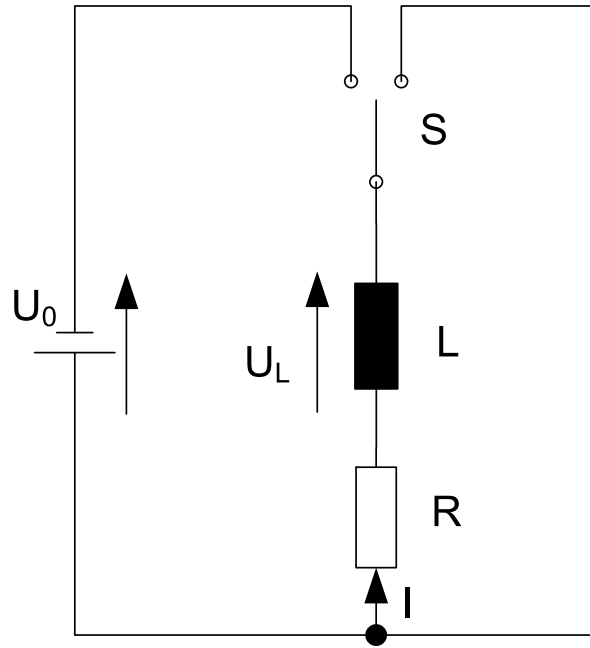
### Aufgabe 3: (★) Die ideale Zylinderspule

In dieser Aufgabe wird eine ideale Zylinderspule betrachtet (für die gilt  $l \gg r$ ). Als Kern im Zentrum der Spule ist zunächst ein Eisenstab (mit einem Radius von 2.5 cm) eingebracht ( $\mu_{r,\text{Eisenstab}} = 300$ ). Die Spule ist mit einem Radius von 3 cm und einer Anzahl von 100 Windungen gewickelt. Der Durchmesser des Drahtes kann vernachlässigt werden und die Spule hat eine Länge von 20 cm.

- Berechnen Sie die Induktivität dieser Spule.
- Sie leiten einen Strom von 0.5 A durch die Spule. Wie groß ist der von der Spule, nach vollständigem Aufbau des Feldes, erzeugte magnetische Fluss? Wie groß ist die im Magnetfeld gespeicherte Energie?
- Sie entfernen den Eisenkern und geben die Spule in ein Vakuum. Wie groß ist die Änderung der Induktivität?

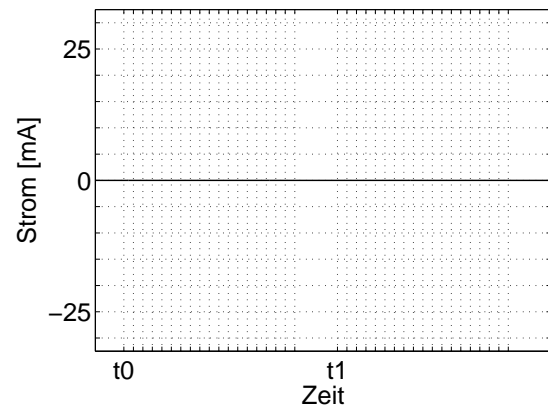
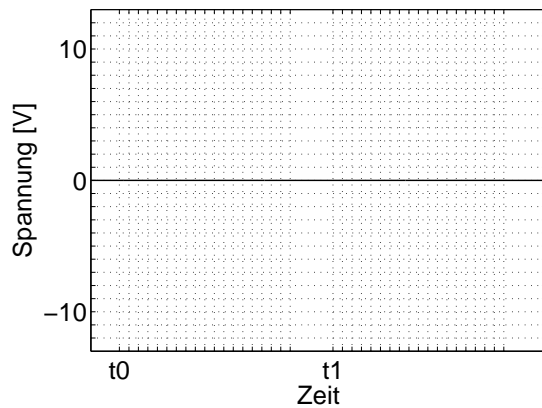
### Aufgabe 4: Auf- und Entladen einer Spule

Gegeben sei die folgende Spulenschaltung. Alle Bauteile können als ideal angenommen werden.



Die Bauteile haben die folgenden Dimensionen:  $U_0 = 10 \text{ V}$ ,  $R = 400 \Omega$  und  $L = 60 \mu\text{H}$ .

- Berechnen Sie die Zeitkonstante  $\tau$  der Schaltung.
- Berechnen Sie den maximalen Strom, der durch die Schaltung fließt und die maximale Spannung, die über der Spule abfällt.
- Der Schalter S wird zum Zeitpunkt  $t_0$  umgelegt (nach links), so dass die Spule geladen wird. Berechnen Sie die relativen (im Verhältnis zum Maximalwert) und absoluten Spannungsdifferenzen über der Spule ( $U_L(t)$ ) und Ströme durch die Spule  $I(t)$  für die Zeitpunkte  $t_0$ ,  $t_0 + \tau$ ,  $t_0 + 2\tau$ ,  $t_0 + 3\tau$ ,  $t_0 + 4\tau$  und  $t_0 + 5\tau$ .
- Der Schalter S wird zum Zeitpunkt  $t_1$  ( $t_1 \gg t_0 + 5\tau$ ) nach rechts umgelegt, so dass die Spule entladen wird. Berechnen Sie die relativen (im Verhältnis zum Maximalwert) und absoluten Spannungsdifferenzen über der Spule ( $U_L(t)$ ) und Ströme durch die Spule  $I(t)$  für die Zeitpunkte  $t_1$ ,  $t_1 + \tau$ ,  $t_1 + 2\tau$ ,  $t_1 + 3\tau$ ,  $t_1 + 4\tau$  und  $t_1 + 5\tau$ .
- Zeichnen Sie ihre errechneten Punkte in die untenstehende Diagramme ein. Eine Unterteilung auf der Abszisse entspricht  $50 \text{ ns}$ , eine Unterteilung auf der Ordinate entspricht  $1 \text{ V}$  bzw.  $5 \text{ mA}$ .



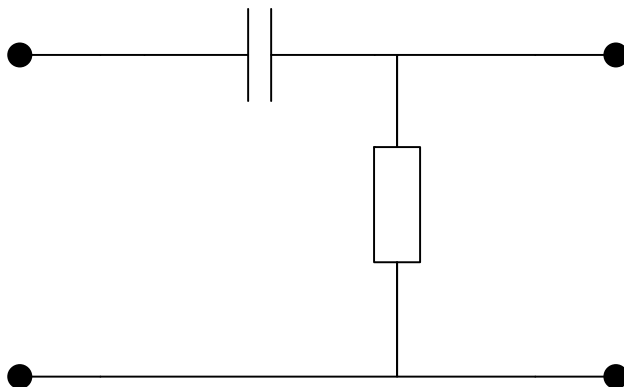
### Aufgabe 5: Frequenzabhängige Filter

Im Folgenden werden verschiedene Schaltungen zur frequenzabhängigen Filterung von Signalen gegeben. Bearbeiten Sie zu jeder dieser Schaltungen die folgenden Aufgabenpunkte. Nehmen Sie als Größen der Bauteile an:

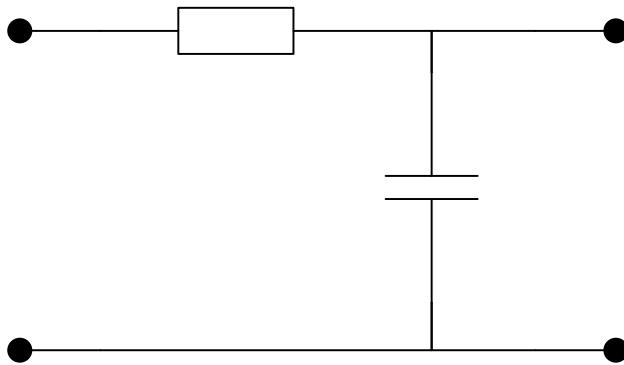
Widerstand:  $100\ \Omega$ , Spule:  $10\text{ mH}$  und Kondensator:  $1\text{ mF}$ .

- Bestimmen Sie für jedes verwendete Bauteil das resultierende Verhalten, falls die Frequenz des Eingangssignals gegen  $0\text{ Hz}$  geht:  $f_{\text{ein}} \rightarrow 0$ . Zeichnen Sie ein Ersatzschaltbild der Schaltung für  $f_{\text{ein}} \rightarrow 0$ .
- Bestimmen Sie für jedes verwendete Bauteil das resultierende Verhalten, falls die Frequenz des Eingangssignals gegen  $\infty\text{ Hz}$  geht:  $f_{\text{ein}} \rightarrow \infty$ . Zeichnen Sie ein Ersatzschaltbild der Schaltung für  $f_{\text{ein}} \rightarrow \infty$ .
- Ordnen Sie die Schaltung je einem der Frequenzgänge zu.
- Errechnen Sie die Grenzfrequenz der Schaltung mit Hilfe der in der Vorlesung vorgestellten Formel.

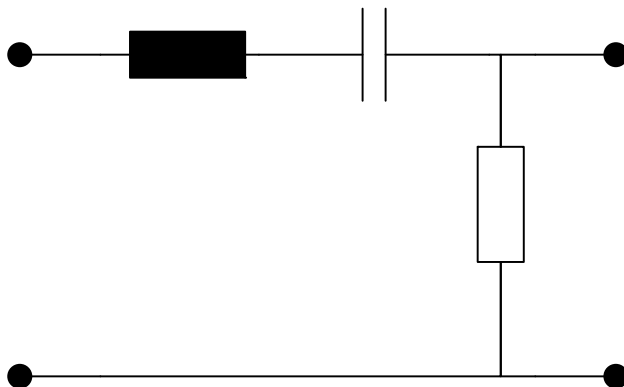
1. Schaltung:



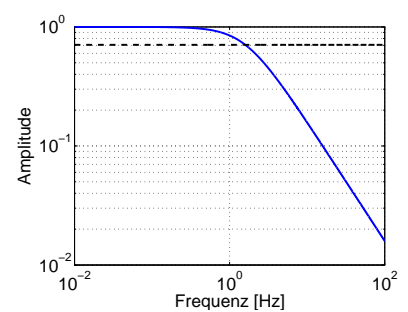
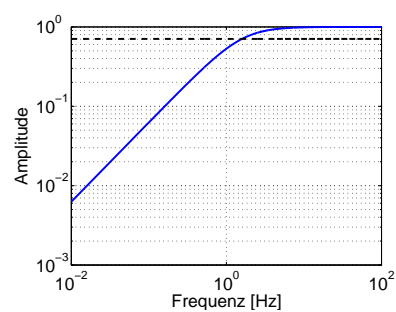
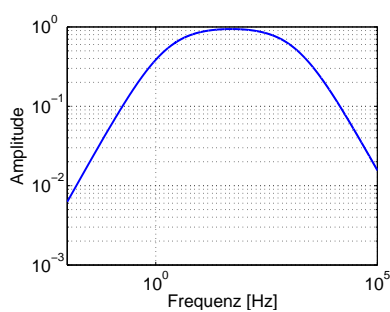
2. Schaltung:



3. Schaltung:



Frequenzgänge:



Korrelierende Schaltung:



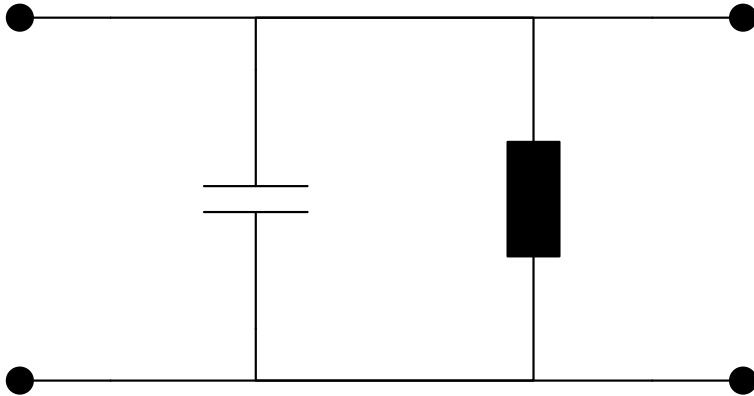
Die folgenden Aufgabenpunkte beziehen sich nur noch auf Schaltung 2.

- e) Wie könnte eine Schaltung mit denselben Eigenschaften wie Schaltung 2, jedoch mit einer Spule statt eines Kondensators realisiert werden? Wie wäre diese Spule zu dimensionieren, um dieselben Eigenschaften zu erzielen?

- f) Wie könnte eine stärkere Dämpfung (also ein stärkeres Abfallen der Übertragungsfunktion) für Schaltung 2 erzielt werden? Geben Sie die neue Schaltung an.

### Aufgabe 6: (★) Schwingkreis

Im Folgenden wird der untenstehende Schwingkreis betrachtet. Die folgenden Werte sind über den Schwingkreis bekannt: Spule: 7 mH, Kondensator: 50 mF, maximaler Strom in der Schaltung: 0.2 A.



- Bestimmen Sie die Resonanzfrequenz dieses Schwingkreises.
- Zu welchem Zeitpunkt ist das Magnetfeld maximal? Wie groß ist dann die magnetische Energie?
- Zu welchem Zeitpunkt ist das elektrische Feld maximal? Wie groß ist dann die elektrische Energie? Wie groß ist dann die Spannung über dem Kondensator?
- Wie müsste der Kondensator angepasst werden, damit sich die Resonanzfrequenz auf  $f_r = 150$  Hz ändert?