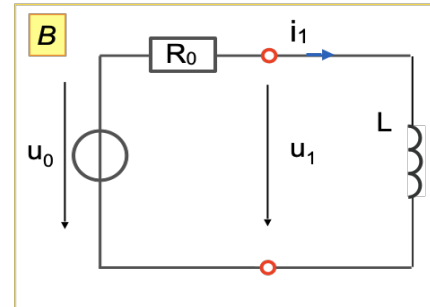
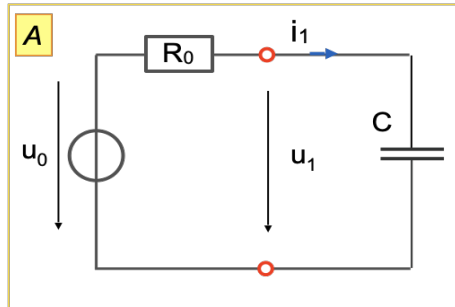


## Aufgabe 1: Differenzialgleichungen

Folgende Abbildung zeigt eine Spannungsquelle mit Leerlaufspannung  $u_0$  und Innenwiderstand  $R_0$  an einer kapazitiven Last  $C$  bzw. induktiven Last  $L$ .



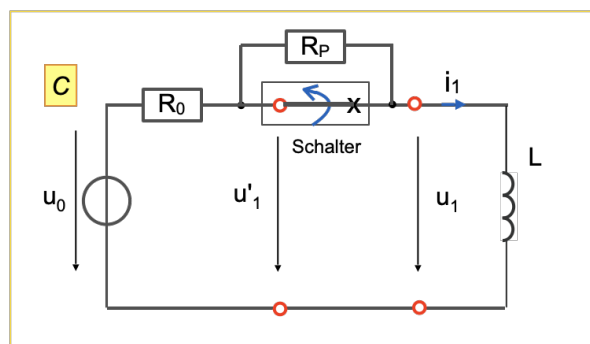
Frage 1.1: Kapazität  $C$  – Verhalten. Beschreiben Sie das Verhalten der Schaltung beim Einschalten, wobei zum Zeitpunkt  $t = 0$  die Spannung von  $u_0 = 0$  auf einen konstanten Wert  $u_0(t) = U_0$  angehoben wird. Skizzieren Sie den Verlauf des Stroms durch  $C$  und der Spannung über  $C$ . Welches ist jeweils der Anfangszustand und Endzustand (= eingeschwungenen Zustand)? Beschreiben Sie Ursache und Wirkung.

Frage 1.2: Kapazität  $C$  – Differenzialgleichung und Zeitverläufe. Welche Beziehung gilt für Strom und Spannung an  $C$ ? Erläutern Sie das zeitliche Verhalten der Schaltung beim Einschalten mit Hilfe der Differenzialgleichung.

Frage 1.3: Induktivität  $L$  – Verhalten. Beschreiben Sie das Verhalten der Schaltung beim Einschalten, wobei zum Zeitpunkt  $t = 0$  die Spannung von  $u_0 = 0$  auf einen konstanten Wert  $u_0(t) = U_0$  angehoben wird. Skizzieren Sie den Verlauf der Spannung über  $L$  und des Stroms durch  $L$ . Welches ist jeweils der Anfangszustand und Endzustand (= eingeschwungenen Zustand)? Beschreiben Sie Ursache und Wirkung.

Frage 1.4: Induktivität  $L$  – Differenzialgleichung und Zeitverläufe. Welche Beziehung gilt für Strom und Spannung an  $C$ ? Erläutern Sie das zeitliche Verhalten der Schaltung beim Einschalten mit Hilfe der Differenzialgleichung.

Folgende Abbildung zeigt die Schaltung zu den Fragen 1.5 und 1.6. Es sei  $R_0 \ll R_P$ .

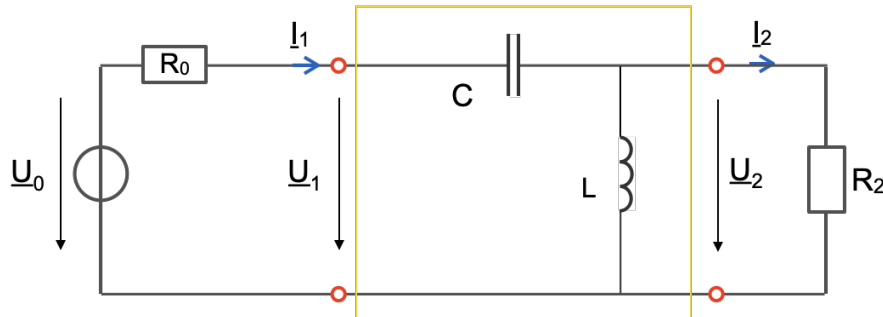


Frage 1.5: Einschaltvorgang. Die Startbedingung sei ein geöffneter Schalter zum Zeitpunkt  $t < t_1$ . Die Schaltung sei zu diesem Zeitpunkt eingeschwungen. Skizzieren Sie das zeitliche Verhalten der Schaltung (Ströme und Spannungen), wenn zum Zeitpunkt  $t = t_1$  der Schalter geschlossen wird. Verwenden Sie zur Begründung die Differenzialgleichung. Beschreiben Sie Ursache und Wirkung.

Frage 1.6: Ausschaltvorgang: Die Startbedingung sei ein geschlossener Schalter zum Zeitpunkt  $t < t_2$  (wobei  $t_2 > t_1$  aus Frage 1.5). Die Schaltung sei auf diesen Zustand eingeschwungen. Skizzieren Sie das zeitliche Verhalten der Schaltung (alle Ströme und Spannungen), wenn zum Zeitpunkt  $t = t_2$  der Schalter geöffnet wird. Verwenden Sie zur Begründung die Differenzialgleichung. Beschreiben Sie Ursache und Wirkung. Vor dem Öffnen des Schalters war die Induktivität  $L$  aufgeladen. Was geschieht mit dieser Energie beim Öffnen des Schalters?

## Aufgabe 2: Zweitor

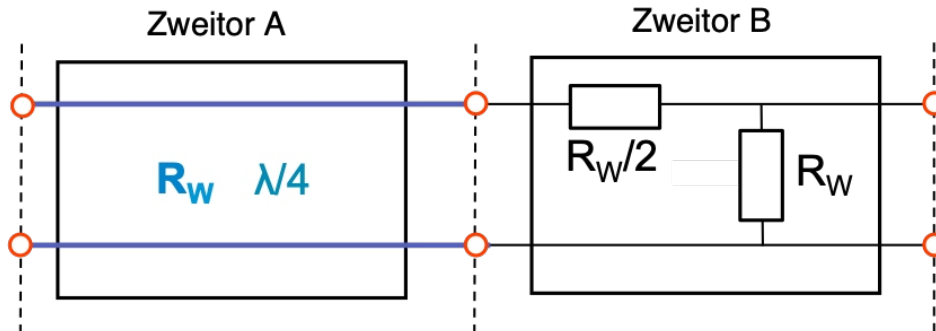
Folgende Abbildung zeigt ein LC-Glied, das zwischen den Klemmen der Quelle  $\underline{U}_0$  mit Innenwiderstand  $R_0$  und dem Lastwiderstand  $R_2$  betrieben wird. Gegeben sind  $\underline{U}_0$ ,  $R_0$ ,  $R_2$ , sowie  $L$  und  $C$ .



- Frage 2.1: Berechnen Sie die Spannung  $\underline{U}_2$  in Abhängigkeit von  $\underline{U}_1$ . Hinweis: Betrachten Sie  $L$  und  $C$  als hierzu als komplexe Impedanzen (bzw. Admittanzen).
- Frage 2.2: Plausibilität. Überprüfen Sie Ihre Berechnung auf Plausibilität, indem Sie für  $L$  bzw. für  $C$  die extremen Fälle  $L = 0$  und  $L \rightarrow \infty$  bzw.  $C = 0$  und  $C \rightarrow \infty$  annehmen.
- Frage 2.3: Übertragungsfunktion. Das Verhältnis der Ausgangsspannung  $\underline{U}_2$  zur Eingangsspannung  $\underline{U}_1$  wird als komplexe Übertragungsfunktion des Zweitors definiert. Berechnen Sie die Übertragungsfunktion  $\underline{G} = \underline{U}_2 / \underline{U}_1$ . Welchen Wert besitzt die Übertragungsfunktion bei der Frequenz  $\omega_r = 1/\sqrt{LC}$ ? Wovon hängt dieser Wert bei gegebenem  $L$  und gegebenem  $C$  ab?
- Frage 2.4: Vereinfachte Übertragungsfunktion. Es sei angenommen, dass der Lastwiderstand  $R_2 \gg R_0$  ist (d.h. an Klemme 2 ist eine hochohmige Schaltung angeschlossen). Welche Vereinfachung ergibt sich hierdurch für die Übertragungsfunktion?
- Frage 2.5: Frequenzabhängigkeit der vereinfachten Übertragungsfunktion. Die Übertragungsfunktion ist abhängig von der Frequenz, mit der die Schaltung betrieben wird. Stellen Sie die Abhängigkeit der Übertragungsfunktion  $\underline{G}(\omega)$  in Abhängigkeit der Frequenz nach Betrag und Phase dar. Wie lässt sich das Verhalten abhängig von der Frequenz charakterisieren? Hinweis: Verwenden Sie die vereinfachte Übertragungsfunktion ( $R_2 \gg R_0$ ). Überprüfen Sie Ihr Ergebnis auf Plausibilität mit Hilfe der Spezialfälle  $\omega = 0$  und  $\omega \rightarrow \infty$ . Eine qualitative Skizze genügt.
- Frage 2.6: Abhängigkeit des Frequenzganges von  $L$  und  $C$ , sowie von  $R_2$ . Welche Rolle spielen die Werte von  $L$  und  $C$  im Frequenzgang der Übertragungsfunktion  $\underline{G}(\omega)$ ? Welche Rolle spielt die Lastimpedanz  $R_2$  im Frequenzgang? Hinweis: verwenden Sie für Ihre Argumentation sowohl die vereinfachte Übertragungsfunktion, als auch die Übertragungsfunktion ohne die Vereinfachung.

### Aufgabe 3: Streuparameter

Zwei Zweitore sind miteinander verkettet, wie in folgende Abbildung gezeigt. Zweitor A besteht aus einer Leitung mit Wellenwiderstand  $R_W$  und Länge  $l = \lambda/4$ . Zweitor B besteht aus diskreten Bauelementen: zwei Widerstände der Größe  $R_1 = R_W/2$  (Serienwiderstand) und  $R_2 = R_W$  (parallel zur Ausgangsklemme).



- Frage 3.1: Zweitor A. Berechnen Sie die Streuparameter. Geben Sie hierzu die erforderliche Beschaltung an. Verwenden Sie ggf. Symmetrien. Begründen Sie Ihren Lösungsweg. Erläutern Sie die Bedeutung der errechneten Werte der Streuparameter.
- Frage 3.2: Zweitor B. Ist das Zweitor übertragungssymmetrisch (reziprok, d.h.  $s_{21} = s_{12}$ )? Ist das Zweitor vollständig symmetrisch (d.h. auch  $s_{11} = s_{22}$ )? Ist das Zweitor verlustfrei? Berechnen Sie die Streuparameter von Zweitor B und skizzieren Sie die Schaltungen hierfür.
- Frage 3.3: Verkettung von Zweitor A mit Zweitor B. Ist die Verkettung insgesamt reziprok? Ist die Verkettung völlig symmetrisch ( $s_{22} = s_{11}$ )? Berechnen Sie die Streuparameter der Kette aus Zweitor A und Zweitor B. Skizzieren Sie die Beschaltungen hierfür und beschreiben Sie den Lösungsweg.
- Frage 3.4: Für Zweitor A wird eine Halbwellenleitung verwendet anstelle der Viertelwellenleitung, d.h.  $l = \lambda/2$ . Die Schaltung ist sonst unverändert. Welche Streuparameter ergeben sich nun für die Verkettung der beiden Zweitore A und B? Erläutern Sie die Unterschiede.