

# Übungen zu "Elektronische Grundlagen für Informatiker" WS 2002/03

## Aufgabe 1: Einheitensysteme, Größengleichungen, Zahlenwertgleichungen

- a) Gegeben ist die Gleichung, die den Zusammenhang zwischen der Massenanziehungskraft, den Massen und deren Abstand beschreibt:

$$F = k \frac{m_1 * m_2}{r^2}$$

Bestimmen Sie die Einheit der Konstante k, wenn die Einheit der Kraft dyn, die Einheit der Masse g und die Einheit der Länge cm ist.

- b) Die veraltete Einheit für die Leistung ist PS.  
1 PS ist diejenige Leistung, die erforderlich ist, um eine Masse von 75 kg in der Zeit 1 s um 1 m anzuheben, wenn gleichzeitig die

Normalbeschleunigung  $g = 9,80665 \text{ ms}^{-2}$  wirkt.

Drücken Sie 1 PS in der Einheit für die Leistung im SI-System aus.

- c) Gegeben ist die (Größen) Gleichung  $P = M * \omega$ , die den Zusammenhang zwischen der Leistung, dem Drehmoment und der Drehzahl eines Motors beschreibt.

Leiten Sie hieraus eine Zahlenwertgleichung für das Moment ab, bei der das Moment in mkp, die Leistung in kW und die Drehzahl in 1/min verwendet werden.

# Lösungen zu den EGFI Übungsaufgaben SS 2003

Die Lösungen sind in Selbstarbeit entstanden und haben deshalb keinen Anspruch auf Richtigkeit oder Vollständigkeit.

## 1 Lösungen

### Aufgabe 1

$$a) F = k \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

$$\Rightarrow \text{dyn} = [k] \cdot \frac{\text{g}^2}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow [k] = \text{dyn} \cdot \frac{\text{g}^2}{\text{cm}^2} = \frac{\text{gcm}}{\text{s}^2} \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{g}^2} = \boxed{\frac{\text{cm}^3}{\text{g s}^2}}$$

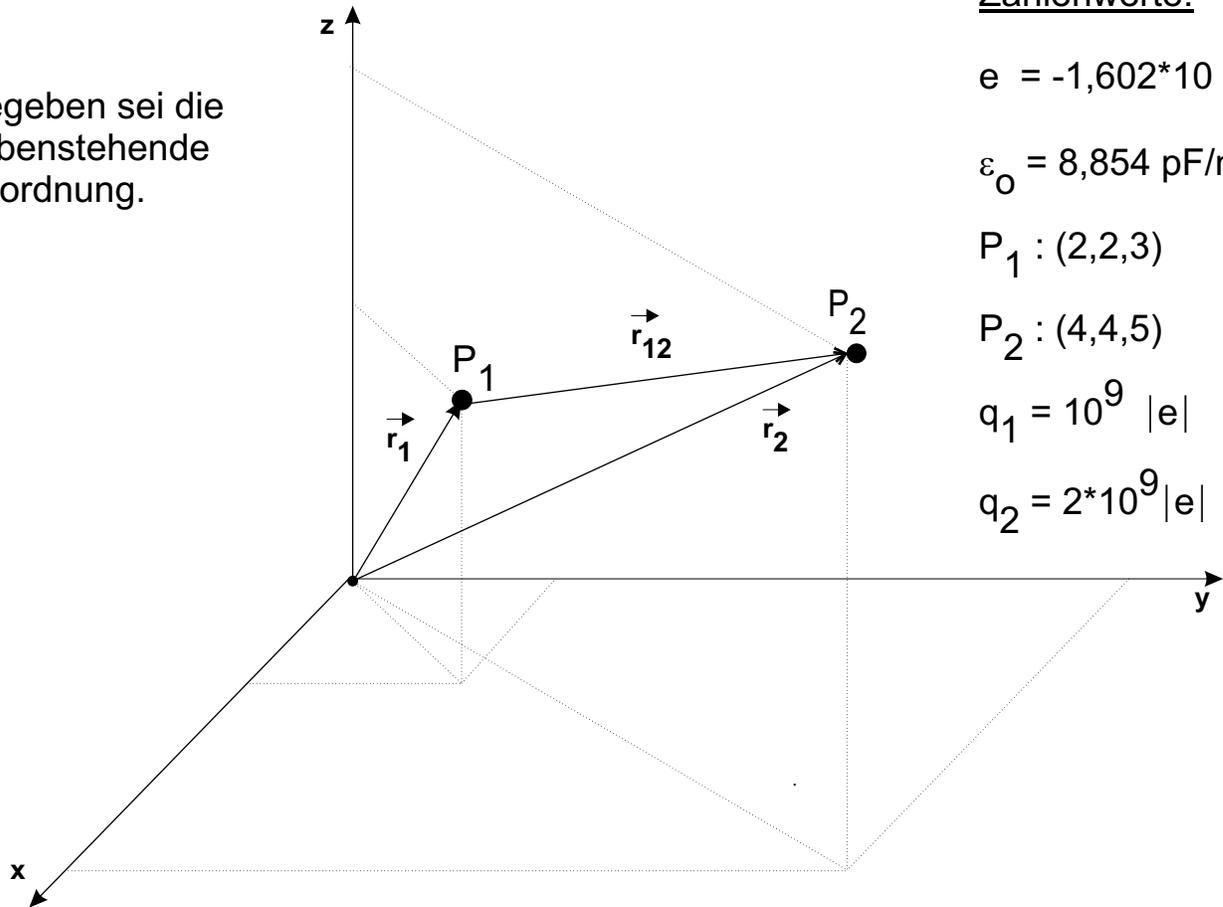
$$b) 1 \text{ PS} = \frac{75 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m} \cdot \text{g}}{1 \text{ s}} = 75 \cdot 9.80665 \cdot \frac{\text{m} \cdot \text{m} \cdot \text{kg}}{\text{s} \cdot \text{s}^2} = 735,49875 \frac{\text{Nm}}{\text{s}}$$

$$= 735 \text{ Watt}$$

# Übungen zu "Elektronische Grundlagen für Informatiker" WS 2002/03

## Aufgabe 2: Elektrisches Feld

Gegeben sei die nebenstehende Anordnung.



Zahlenwerte:

$$e = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$\varepsilon_0 = 8,854 \text{ pF/m}$$

$$P_1 : (2,2,3)$$

$$P_2 : (4,4,5)$$

$$q_1 = 10^9 |e|$$

$$q_2 = 2 \cdot 10^9 |e|$$

Im Ursprung befinde sich ein Elektron.

a) Bestimmen Sie die Kraft  $\vec{F}$ , die von den Ladungen  $q_1$  und  $q_2$  auf das Elektron ausgeübt wird für folgende Fälle:

i)  $q_1$  und  $q_2$  sind beide positiv (Betrag und Richtung der Kraft)

ii)  $q_1$  ist negativ und  $q_2$  ist positiv (zeichnerische Lösung)

iii)  $q_1$  ist positiv und  $q_2$  ist negativ (zeichnerische Lösung)

iv)  $q_1$  und  $q_2$  sind beide negativ (zeichnerische Lösung)

b) Welche Kraft wirkt zwischen den Ladungen  $q_1$  und  $q_2$  für die o. a. 4 Fälle? (Betrag und Richtung)

## Aufgabe 2

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

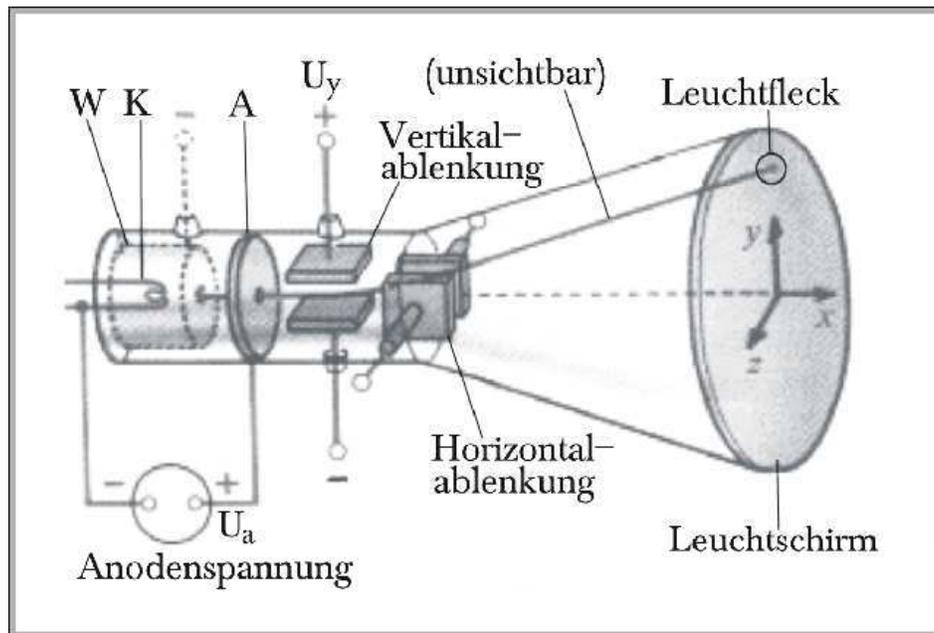
$$a) F_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e \cdot 10^9 |e|}{17m^2} = \frac{-1 \cdot 1,602^2 \cdot 10^{-17} \text{ C}^2}{68\pi \cdot 8,854 \text{ F}\cdot\text{m}} \approx -1,357 \cdot 10^{-20} \frac{\text{VC}}{\text{m}} = \text{N}$$

$$F_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e \cdot 10^9 |e|}{57m^2} = \frac{-2 \cdot 1,602^2 \cdot 10^{-17} \text{ C}^2}{228\pi \cdot 8,854 \text{ F}\cdot\text{m}} \approx -8,093 \cdot 10^{-21} \text{ N}$$

# Übungen zu „Elektronische Grundlagen für Informatiker“ WS 2002/03

## Aufgabe 3 : Elektronenstrahloszilloskop

Gegeben ist die untenstehende Anordnung, bei der es sich um eine Bildröhre in einem Elektronenstrahloszilloskop handelt.



Der an der Kathode austretende Elektronenstrahl wird durch die Anodenspannung  $U_a = 4 \text{ kV}$  beschleunigt. Die Ruhemasse des Elektrons beträgt

$$m_0 = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

Danach durchläuft der Elektronenstrahl die Ablenkplattenpaare und ist als Leuchtfleck auf dem Schirm zu sehen.

Die an den Vertikalablenkplatten anliegende Spannung beträgt 25 V.

Die quadratischen Platten haben eine Kantenlänge von 1 cm und einen Abstand von 1 mm.

Der horizontale Abstand von der rechten Kante der y-Ablenkplatte bis zum Schirm beträgt 10 cm.

An den Horizontalplatten liegt keine Spannung an.

- Berechnen Sie die Höhe  $y = h$ , bei der der Leuchtfleck zu sehen ist.
- Jetzt betrage die Beschleunigungsspannung 16 kV. Können Sie die Rechnung wie unter a) durchführen?

### Aufgabe 3

$$y = (0,5s + b) \cdot \frac{U \cdot s}{2 \cdot d \cdot U_A} \quad \text{Ablenkung Braun'sche Röhre}$$

$$U = 25V$$

$$d = 1mm$$

$$U_A = 4kV \text{ bzw } 16kV$$

$$s = 1cm$$

$$b = 10cm$$

Berechne a)

$$y = (0,5cm + 10cm) \cdot \frac{25V \cdot 1cm}{2 \cdot 1mm \cdot 4kV}$$

$$y = 10,5cm \cdot \frac{25Vcm}{8kVmm} = \frac{262,5Vcm^2}{8000Vmm} = 0,328125cm$$

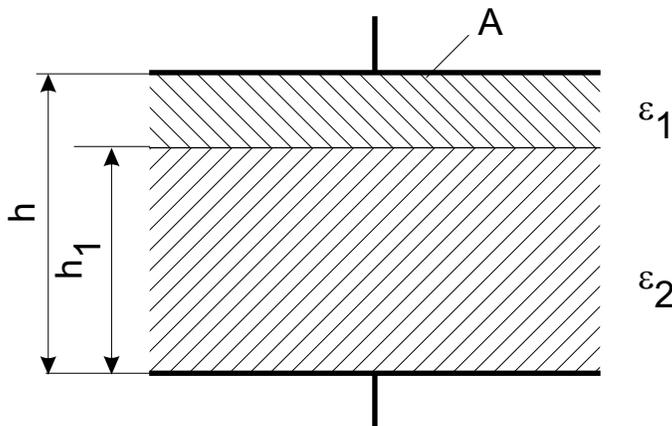
Berechne b)

$$y = 10,5cm \cdot \frac{25Vcm}{32kVmm} = \frac{262,5Vcm^2}{3200Vcm} = 0,08203125cm$$

# Übungen zu "Elektronische Grundlagen für Informatiker" WS 2002/03

## Aufgabe 4: Kondensatoren

Gegeben ist der folgende, geschichtete Plattenkondensator.



Zahlenwerte:

$$\epsilon_{r1} = 2$$

$$\epsilon_{r2} = 4$$

$$A = 10 \text{ cm}^2$$

$$h = 2 \text{ cm}$$

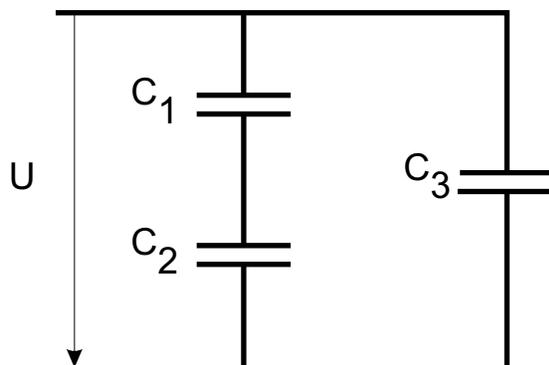
$$h_1 = 1,5 \text{ cm}$$

- a) Bestimmen Sie die Kapazität der Anordnung.
- b) Der Kondensator liege jetzt an der Spannung  $U$ .  
Skizzieren Sie den Spannungsverlauf zwischen den Platten.

Durch einen Fertigungsfehler hat sich zwischen den beiden Dielektrika ein Luftzwischenraum von 1mm gebildet.

- c) Wie groß ist jetzt die Kapazität der Anordnung?

Folgende Schaltung dient als kapazitiver Spannungsteiler.



Zahlenwerte:

$$C_1 = 1 \mu\text{F}$$

$$C_2 = 4,7 \text{ nF}$$

$$C_3 = 2,2 \mu\text{F}$$

$$U = 100 \text{ V}$$

- d) Bestimmen Sie die an den einzelnen Bauteilen anliegenden Spannungen.

## Aufgabe 4

a) Kapazitätsbestimmung:

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \frac{A}{d} \quad \epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$$

$C_{r1}$  &  $C_{r2}$  berechnen:

$$C_{r1} = 8.854 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m} \cdot 2 \cdot \frac{10 \text{ cm}^2}{0,5 \text{ cm}}$$

$$C_{r1} = 8.854 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m} \cdot 40 \text{ cm} = 3.5416 \cdot 10^{-12} \text{ F}$$

$$C_{r2} = 8.854 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m} \cdot 20,6 \text{ cm} = 2.3611 \cdot 10^{-12} \text{ F}$$

Gesamtkapazität:

$$C = \frac{C_{r1} \cdot C_{r2}}{C_{r1} + C_{r2}} = 1.4167 \cdot 10^{-12} \text{ F}$$

c)  $C_L = \epsilon_0 \cdot A_m$

$$\Rightarrow C_F = \frac{1}{\frac{1}{C_{r1}} + \frac{1}{C_{r2}} + \frac{1}{C_L}} = 1.221 \cdot 10^{-12} \text{ F}$$

d)  $U_3 = U = 100 \text{ V}$

$$U_1 = U \cdot \frac{C_2}{C_1 + C_2} = \frac{4,7}{1004,7} \cdot 100 \text{ V} = 0.468 \text{ V}$$

$$U_2 = U \cdot \frac{C_1}{C_1 + C_2} = \frac{1000}{1004,7} \cdot 100 \text{ V} = 99.532 \text{ V}$$

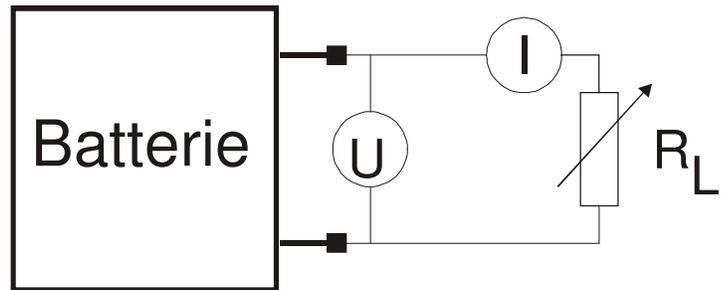
# Übungen zu „Elektronische Grundlagen für Informatiker“ WS 2002/03

## Aufgabe 5: Strom- und Spannungsquelle

Gegeben ist die skizzierte Anordnung.

Bei Veränderung des Lastenwiderstandes  $R_L$  werden die folgenden Größen gemessen:

I	10A	30A	50A
U	13V	11V	9V



- a) Skizzieren Sie den Verlauf  $U = f(I)$
- b) Skizzieren Sie den Verlauf  $I = f(U)$
- c) Bestimmen Sie die Kenngrößen der Batterie
  - i) als Ersatzspannungsquelle
  - ii) als Ersatzstromquelle

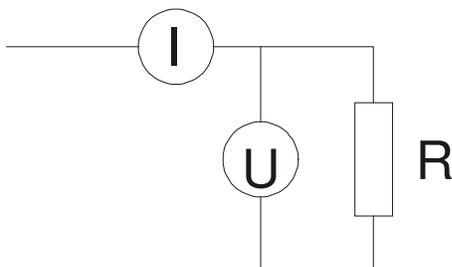
## Aufgabe 6: Messung eines Widerstandes

Bestimmen Sie den Wert des Widerstandes  $R$  in der gegebenen Schaltung durch die Messung von Strom und Spannung.

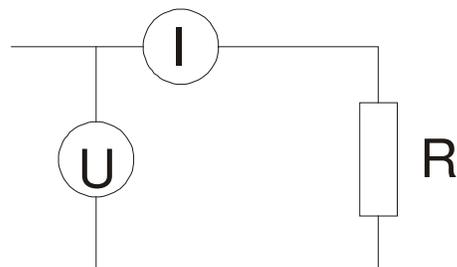
Strommesser: Innenwiderstand  $60\text{m}\Omega$

Spannungsmesser: Innenwiderstand  $20\text{m}\Omega$

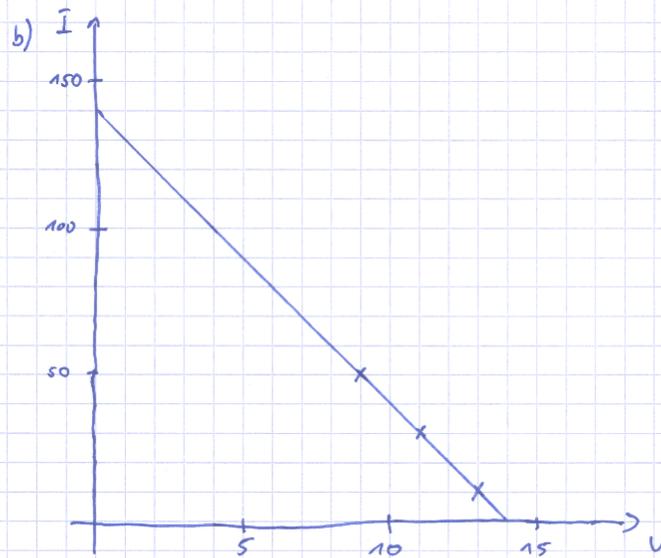
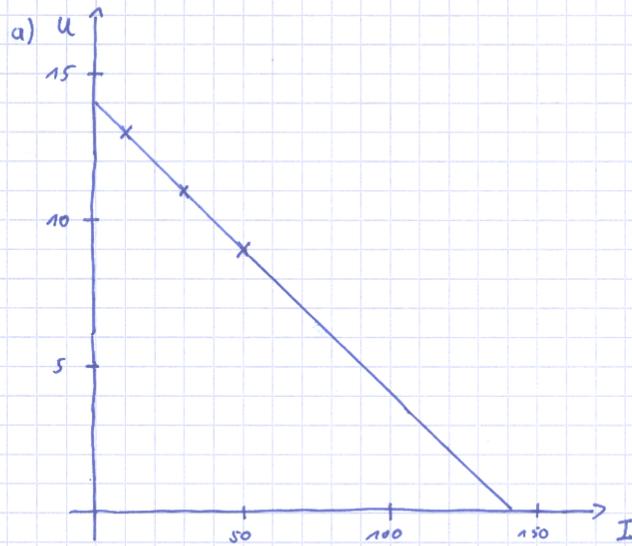
Schaltung a)



Schaltung b)



Aufgabe 5:



c) Bestimmen der Kenngrößen der Batterie

i) Ersatzspannungsquelle  $I = 0A \rightarrow U = 14V$

ii) Ersatzstromquelle  $U = 0V \rightarrow I = 140A$

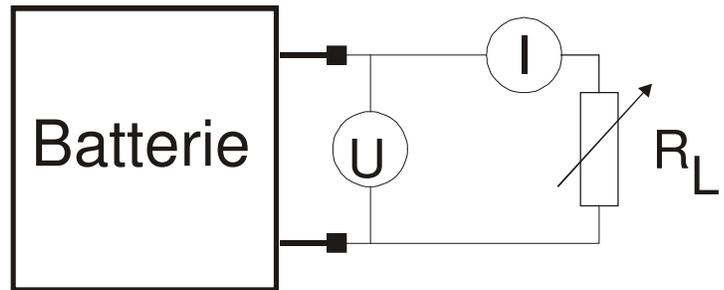
# Übungen zu „Elektronische Grundlagen für Informatiker“ WS 2002/03

## Aufgabe 5: Strom- und Spannungsquelle

Gegeben ist die skizzierte Anordnung.

Bei Veränderung des Lastenwiderstandes  $R_L$  werden die folgenden Größen gemessen:

I	10A	30A	50A
U	13V	11V	9V



- Skizzieren Sie den Verlauf  $U = f(I)$
- Skizzieren Sie den Verlauf  $I = f(U)$
- Bestimmen Sie die Kenngrößen der Batterie
  - als Ersatzspannungsquelle
  - als Ersatzstromquelle

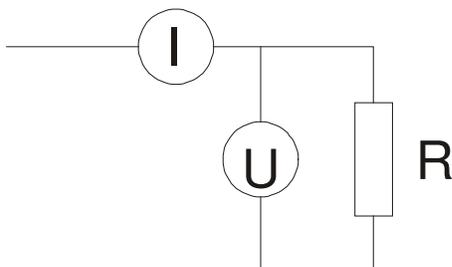
## Aufgabe 6: Messung eines Widerstandes

Bestimmen Sie den Wert des Widerstandes  $R$  in der gegebenen Schaltung durch die Messung von Strom und Spannung.

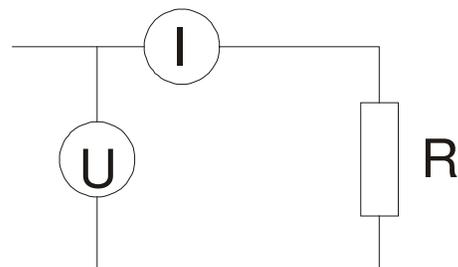
Strommesser: Innenwiderstand  $60\text{m}\Omega$

Spannungsmesser: Innenwiderstand  $20\text{m}\Omega$

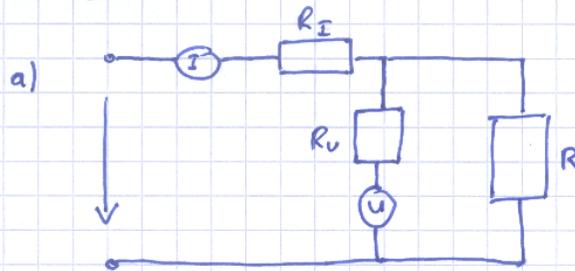
Schaltung a)



Schaltung b)



### Aufgabe 6:

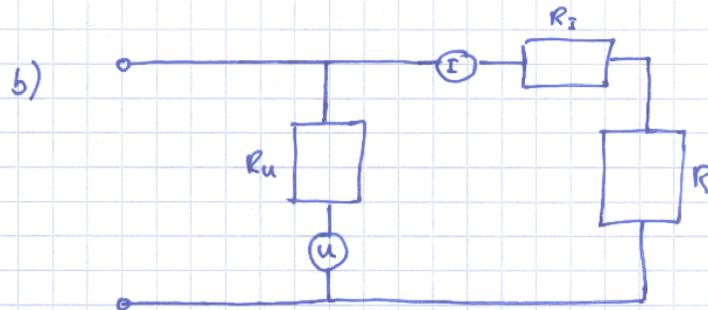


$$I_I = I = I_U + I_R \quad U_R = U$$

$$\Rightarrow I_R = I - I_U \quad R = \frac{U_R}{I_R}$$

$$I_R = I - \frac{U}{R_U}$$

$$\Rightarrow R = \frac{U}{I - \frac{U}{R_U}}$$



$$I_R = I \quad U = U_I + U_R$$

$$U_I = R_I \cdot I$$

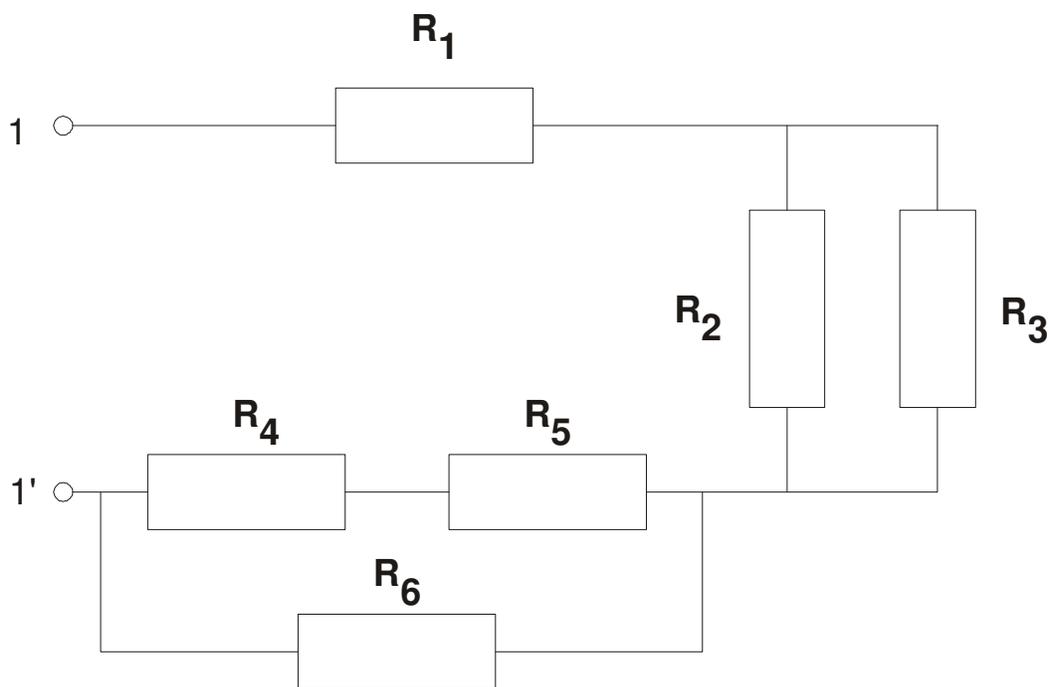
$$R = \frac{U_R}{I_R}$$

$$\Rightarrow R = \frac{U - R_I \cdot I}{I} = \frac{U}{I} - R_I$$

# Übungen zu „Elektronische Grundlagen für Informatiker“ WS 2002/03

## Aufgabe 7: Reihen- und Parallelschaltungen

Gegeben ist die folgende Schaltung.



Zahlenwerte:

$R_1 = 80\Omega$   
 $R_2 = 30\Omega$   
 $R_3 = 60\Omega$   
 $R_4 = 125\Omega$   
 $R_5 = 75\Omega$   
 $R_6 = 200\Omega$

- Bestimmen Sie den Gesamtwiderstand der Anordnung bezüglich der Klemmen 1 – 1'.
- Jetzt werde an die Klemmen 1 – 1' eine Spannung von 20 V angelegt (ideale Spannungsquelle). Bestimmen Sie alle Ströme und Spannungen in der Schaltung.

## Aufgabe 7

### a) Gesamtwiderstand

$$R_g = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} + \frac{(R_4 + R_5) \cdot R_6}{(R_4 + R_5) + R_6} = 80 \Omega + \frac{30 \cdot 60}{30 + 60} \Omega + \frac{200^2}{400} \Omega$$
$$= 200 \Omega$$

### b) Spannungen = Spannung mal Widerstand an der zu berechnenden Stelle

$$U_1 = 20V \cdot \frac{80}{200} \Omega = 8V$$

$$\boxed{\frac{U_i}{R_i} = \frac{U_0}{R_g}}$$

$$U_2 = 20V \cdot \frac{20}{200} \Omega = 2V$$

$$U_{456} = 20V \cdot \frac{100}{200} \Omega = 10V$$

$$U_4 = \frac{U_4}{R_4} \cdot U_{456} = \frac{125}{200} \cdot 10 = 6.25V$$

$$U_5 = \frac{U_5}{R_5} \cdot U_{456} = \frac{75}{200} \cdot 10 = 3.75V$$

### Ströme

$$\boxed{U = R \cdot I \rightarrow I_i = \frac{U_i}{R_i}}$$

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{8V}{80\Omega} = 0.1A$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{2V}{30\Omega} = 0.06\bar{6}A$$

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{2V}{60\Omega} = 0.03\bar{3}A$$

$$I_6 = \frac{U_6}{R_6} = \frac{10V}{200\Omega} = 0.05A$$

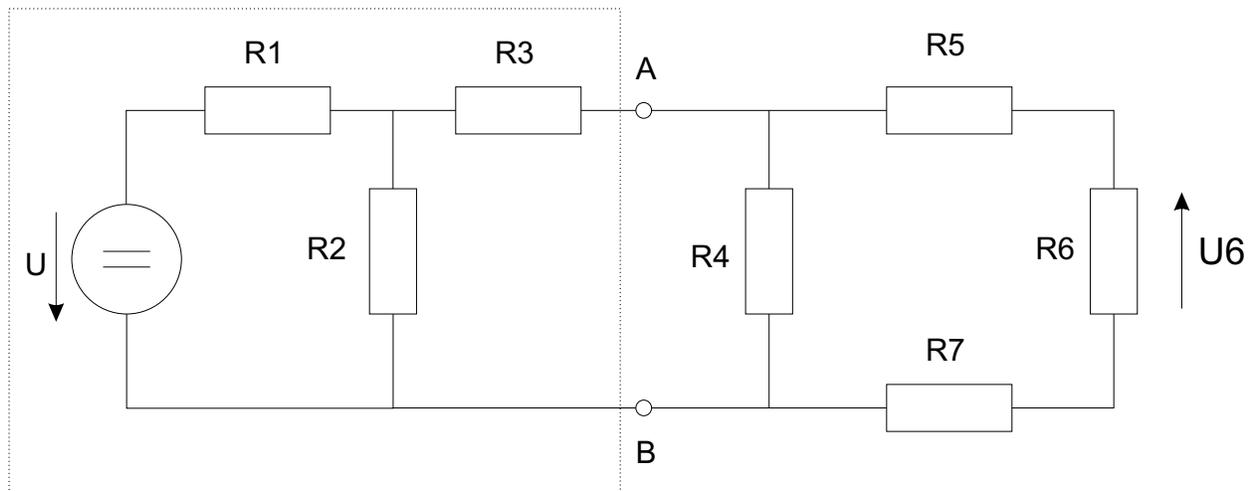
$$I_4 = \frac{U_4}{R_4} = \frac{6.25V}{125\Omega} = 0.05A$$

$$I_5 = \frac{U_5}{R_5} = \frac{3.75V}{75\Omega} = 0.05A$$

# Übungen zu "Elektronische Grundlagen für Informatiker" WS 2002/03

## Aufgabe 8: Ersatzzweipole

Gegeben sei die folgende Schaltung:



Zahlenwerte:  $U = 12 \text{ V}$                        $R4 = 3,3 \text{ k}\Omega$   
 $R1 = 50 \text{ }\Omega$                                $R5 = 200 \text{ }\Omega$   
 $R2 = 150 \text{ }\Omega$                                $R6 = 160 \text{ }\Omega$   
 $R3 = 12,5 \text{ }\Omega$                                $R7 = 300 \text{ }\Omega$

- Bestimmen Sie die Elemente der Ersatzspannungsquelle bezüglich der Klemmen A,B.
- Bestimmen Sie die Elemente der Ersatzstromquelle bezüglich der Klemmen A,B.
- Wann hätte der Widerstand  $R4$  keinen Einfluß auf die Spannung  $U6$ ?
- Berechnen Sie die Spannung  $U6$ .

## Aufgabe 8 - Ersatzzweipole

$$a) U_{AB} = U \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 12 \text{ V} \cdot \frac{150 \Omega}{200 \Omega} = 12 \text{ V} \cdot 0,75 = 9 \text{ V}$$

$$b) I_{AB} = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = \frac{9 \text{ V}}{50 \Omega} = 0,18 \text{ A}$$

$$R_{AB} = R_3 + \frac{R_2 \cdot R_1}{R_2 + R_1} = 12,5 + \frac{7500}{200} = 50 \Omega$$

c) Wenn  $R_3 = 0$  dann liegen  $R_4$  und  $R_2$  parallel  $\rightarrow U_2 = U_4$

$$d) R_{\text{ges}} = R_i + \frac{R_4 \cdot (R_5 + R_6 + R_7)}{R_4 + R_5 + R_6 + R_7} = 600 \Omega$$

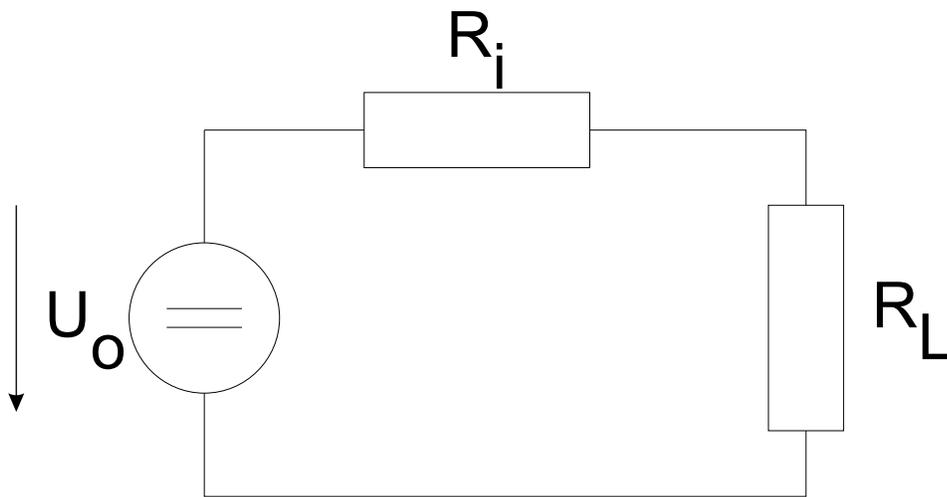
$$U_i = \frac{R_i}{R_{\text{ges}}} \cdot U = 0,75 \text{ V} \Rightarrow U_{567} = 9 \text{ V} - 0,75 \text{ V} = 8,25 \text{ V}$$

$$U_6 = 8,25 \text{ V} \cdot \frac{R_6}{R_{567}} = 8,25 \text{ V} \cdot \frac{160}{660} = 2 \text{ V}$$

# Übungen zu "Elektronische Grundlagen für Informatiker" WS 2002/03

## Aufgabe 9: Leistungsanpassung und Wirkungsgrad

Gegeben ist die folgende Schaltung, bestehend aus einem Generator mit der Leerlaufspannung  $U_o$  und dem Innenwiderstand  $R_i$ , die mit einem Lastwiderstand  $R_L$  abgeschlossen wird.



Zahlenwerte:

$$U_o = 10V$$

$$R_i = 50 \Omega$$

a) Bestimmen Sie die in  $R_L$  umgesetzte Leistung bei folgenden Werten

von  $R_L$ :  $20 \Omega$ ;  $40 \Omega$ ;  $60 \Omega$ ;  $100 \Omega$ ;  $150 \Omega$

b) Ermitteln Sie den Wert von  $R_L$ , bei dem die in ihm umgesetzte Leistung maximal wird.

c) Bestimmen und skizzieren Sie den Verlauf  $P_{RL}$  als Funktion

von  $\frac{R_L}{R_i}$

d) Bestimmen und skizzieren Sie den Verlauf von  $\eta = \frac{P_{RL}}{P_{Quelle}}$   
als Funktion von  $\frac{R_L}{R_i}$

### Aufgabe 3

$$a) P_L = U_L \cdot I$$

$$U_L = V_0 \cdot \frac{R_L}{R_L + R_i}$$

$$I = \frac{V_0}{R_L + R_i}$$

$$P_L = V_0 \cdot \frac{R_L}{R_L + R_i} \cdot \frac{V_0}{R_L + R_i} = V_0^2 \cdot \frac{R_L}{(R_L + R_i)^2}$$

Werte:

$$R_L = 20 \Omega \Rightarrow P_L = 100 \cdot \frac{20}{4000} = 0.408 \text{ W}$$

$$R_L = 40 \Omega \Rightarrow P_L = 100 \cdot \frac{40}{8100} = 0.493 \text{ W}$$

$$R_L = 60 \Omega \Rightarrow P_L = 100 \cdot \frac{60}{12100} = 0.495 \text{ W}$$

$$R_L = 100 \Omega \Rightarrow P_L = 100 \cdot \frac{100}{22500} = 0.4 \text{ W}$$

$$R_L = 100 \Omega \Rightarrow P_L = 100 \cdot \frac{150}{40000} = 0.375 \text{ W}$$

b) Die Leistung wird maximal wenn  $R_i = R_L$ ,

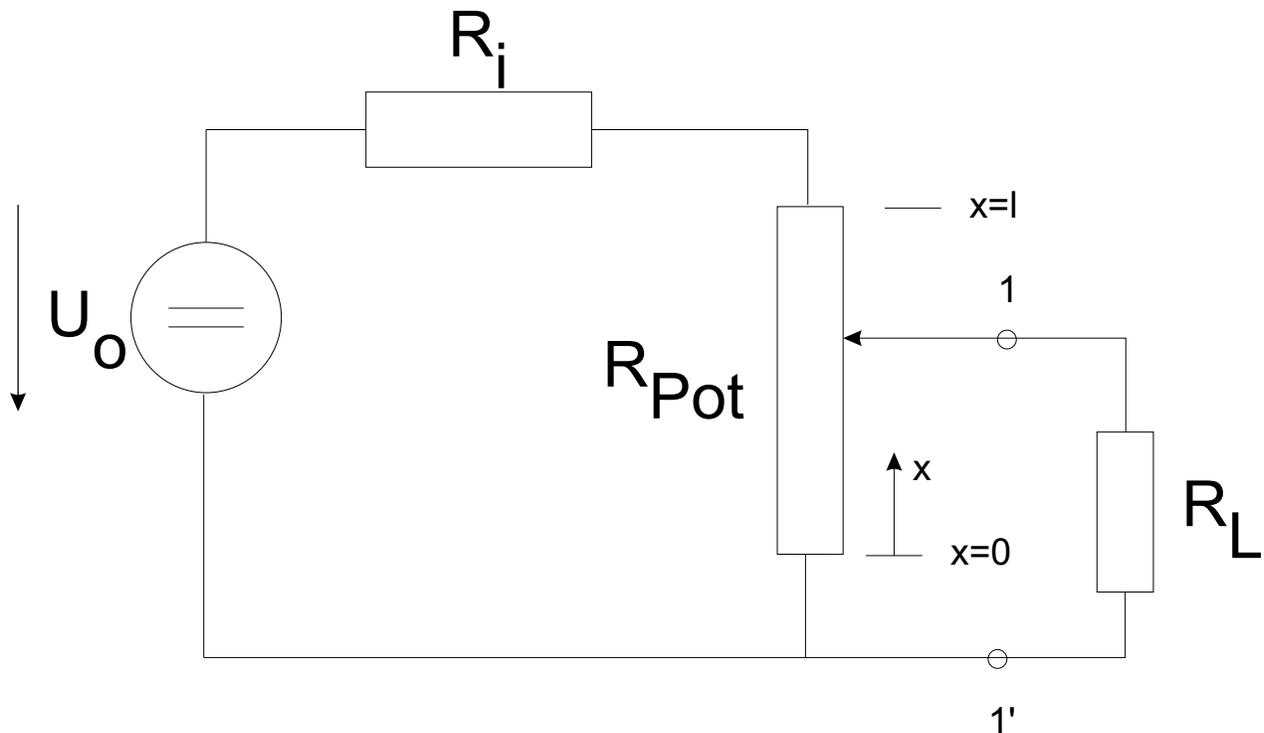
$$\text{also } R_L = 50 \Omega \Rightarrow P_L = 0.5 \text{ W}$$

# Übungen zu "Elektronische Grundlagen für Informatiker" WS 2002/03

## Aufgabe 10: Spannungsteiler (Potentiometer)

Mit Hilfe eines sogenannten Potentiometers läßt sich eine angelegte Spannung von Null bis zum Maximalwert einstellen.

Dazu soll die folgende Schaltung betrachtet werden.



Zunächst werde der Leerlauf betrachtet, d.h. der Widerstand  $R_L$  sei  $\infty$ .

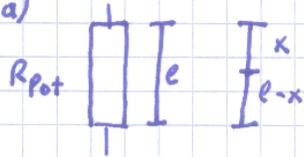
- a) Bestimmen Sie den Verlauf der Spannung an den Klemmen 1-1' in Abhängigkeit von der normierten Schleiferstellung  $x' = x/l$ .

Jetzt werde das Potentiometer mit dem Lastwiderstand  $R_L$  belastet.

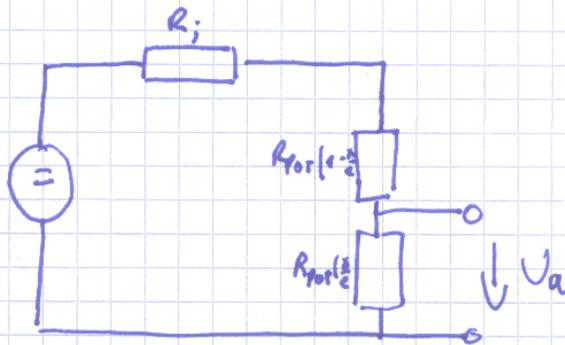
- b) Bestimmen Sie den Verlauf der Spannung an den Klemmen 1-1' wieder in Abhängigkeit der normierten Schleiferstellung mit dem Parameter  $R_L/R_{Pot}$ .

## Aufgabe 10 Spannungsteiler

a)



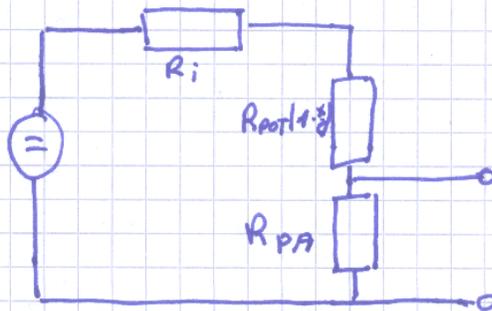
$$R_{pot} \left( \frac{c-x}{c} \right) \quad R_{pot} \left( \frac{x}{c} \right)$$



$$U_A = U_0 \cdot \frac{R_{pot} \left( \frac{x}{c} \right)}{R_i + R_{pot} \left( \frac{x}{c} \right) + R_{pot} \left( 1 - \frac{x}{c} \right)} = U_0 \frac{R_{pot}}{R_i + R_{pot}} \cdot \frac{x}{c}$$

b) Erst aus  $R_L$  und  $R_{pot} \left( \frac{x}{c} \right)$  einen Widerstand basteln

$$R_{PA} = \frac{R_L \cdot R_{pot} \left( \frac{x}{c} \right)}{R_L + R_{pot} \left( \frac{x}{c} \right)}$$

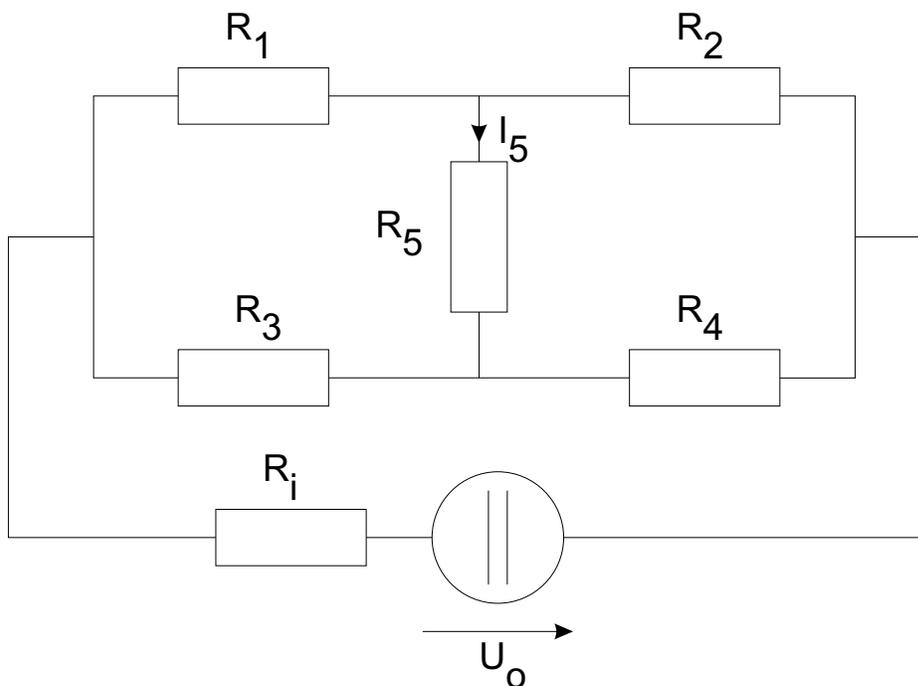


$$U_A = U_0 \cdot \frac{R_{PA}}{R_i + R_{pot} \left( 1 - \frac{x}{c} \right) + R_{PA}} \Rightarrow \dots \cdot \frac{R_L}{R_{pot}}$$

# Übungen zu "Elektronische Grundlagen für Informatiker" WS 2002/03

## Aufgabe 11: Netzwerkanalyse

Gegeben sei die folgende Anordnung, die auch als Wheatstonesche Brücke bekannt ist.



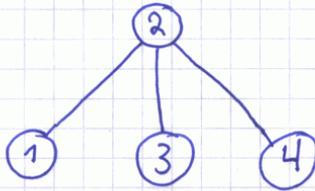
- Bestimmen Sie die Anzahl der Zweige und Knoten in diesem Netzwerk.
- Skizzieren Sie die vollständigen Bäume.
- Wieviele linear unabhängige Maschengleichungen können Sie aufstellen?
- Bestimmen Sie mit Hilfe des Maschenstromverfahrens den Strom  $I_5$ .  
Wenn der Strom  $I_5$  Null ist, spricht man von einer abgeglichenen Brücke.
- Leiten Sie aus dem Ergebnis unter d) die Abgleichbedingung für die Brücke ab.

## Aufgabe 11

a) Anzahl der Zweige = 6

Anzahl der Knoten = 4

b) vollständiger Baum



c) Laut Definition gibt es  $Z - K + 1$  Maschengleichungen  $\Rightarrow$  Mgl = 3

d) Die 3 Maschengleichungen sind folgende

	x	y	z	
I	$R_1 + R_3 + R_5$	$-R_5$	$-R_3$	$= 0$
II	$-R_5$	$R_2 + R_4 + R_5$	$-R_4$	$= 0$
III	$-R_3$	$-R_4$	$R_1 + R_3 + R_4$	$= U_0$

Gleichungssystem auflösen für  $x, y, z$

$$I_1 = x$$

$$I_2 = y$$

$$I_3 = |x - z|$$

$$I_4 = |y - z|$$

$$I_5 = |x - y|$$

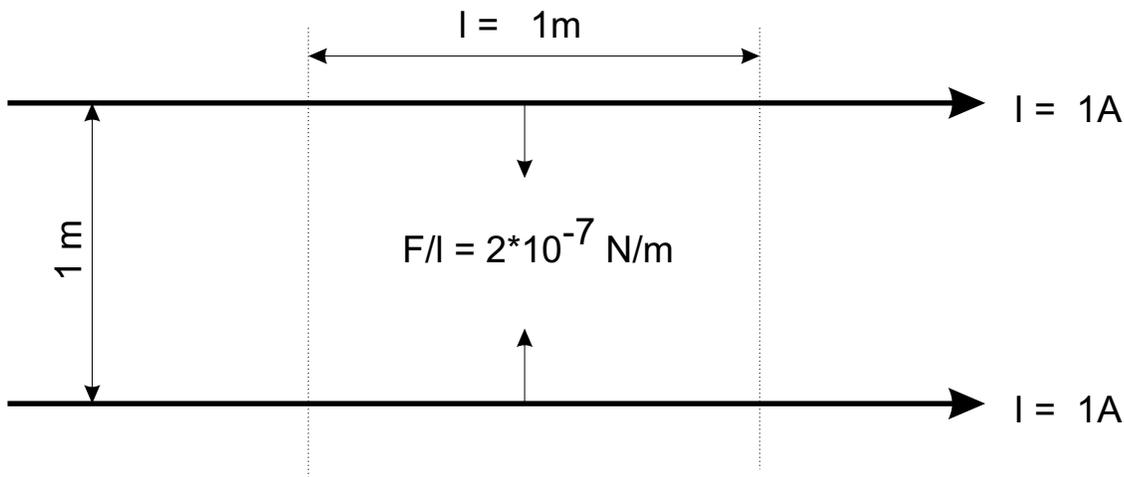
$$I_i = z$$

e) Die Abgleichbedingung lautet  $\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$

# Übungen zu "Elektronische Grundlagen für Informatiker" WS 2002/03

## Aufgabe 12: Magnetisches Feld

Gegeben sei die folgende Anordnung.



Das ist der Versuchsaufbau zur Definition der elektrischen Stromstärke:

"Die Basiseinheit 1 Ampere ist die Stärke eines zeitlich unveränderlichen elektrischen Stromes, der, durch zwei im Vakuum parallel im Abstand 1 Meter voneinander angeordnete, geradlinige, unendlich lange Leiter von vernachlässigbar kleinem, kreisförmigen Querschnitt fließend, zwischen diesen Leitern je 1 Meter Leitungslänge elektrodynamisch die Kraft

$2 \cdot 10^{-7}$  Newton hervorrufen würde.

( Gesetz über Einheiten im Meßwesen vom 2. Juli 1969 )

a) Bestimmen Sie hieraus die magnetische Feldkonstante  $\mu_0$ .

b) Wie groß ist die elektrische Feldkonstante  $\epsilon_0$ , wenn die Lichtgeschwindigkeit mit  $c = 299.792.458\text{ m/s}$  festgelegt ist?

## Aufgabe 12 : Magnetisches Feld.

a) Lorendkraft

$$\vec{F} = I \cdot (\vec{L} \times \vec{B})$$

$B$  = magnetische Induktion eines  
stromdurchflossenen Leiters

$$B = \frac{I}{2\pi r} \cdot \mu_0$$

$$\Rightarrow F = I \cdot L \cdot \frac{I}{2\pi r} \cdot \mu_0$$

$$\Rightarrow \frac{F}{L} = \frac{I^2}{2\pi r} \cdot \mu_0$$

$$\Rightarrow 2 \cdot 10^{-7} \text{ N/m} = \frac{1 \text{ A}^2}{2\pi \text{ m}} \cdot \mu_0$$

$$\mu_0 = \frac{2\pi \text{ Am}}{1 \text{ A}^2} \cdot 2 \cdot 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$\boxed{\mu_0 = \frac{\text{N}}{\text{A}^2}}$$

$$\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6}$$

$$b) c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

$$c^2 = \frac{1}{\epsilon_0 \mu_0}$$

$$c^2 \mu_0 = \frac{1}{\epsilon_0}$$

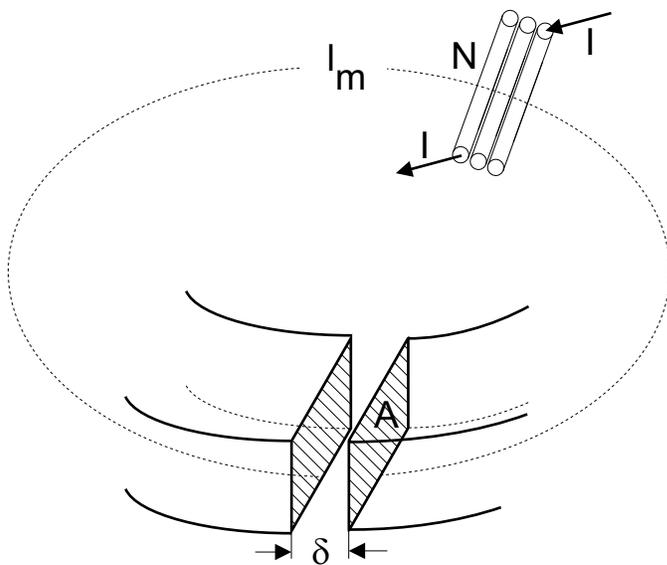
$$\epsilon_0 = \frac{1}{c^2 \cdot \mu_0} = 8,854 \cdot 10^{-12}$$

# Übungen zu "Elektronische Grundlagen für Informatiker" WS 2002/03

## Aufgabe 13: Magnetischer Kreis

Ein Eisenring hat den Querschnitt  $A$  und eine mittlere Länge  $l_m$ .

Er ist von einem Luftspalt der Länge  $\delta$  unterbrochen und mit  $N$  Windungen bewickelt. Die Wicklung wird vom Strom  $I$  durchflossen.



Zahlenwerte:

$$\mu_r = 1000$$

$$A = 2 \text{ mm}^2$$

$$l_m = 20 \text{ mm}$$

$$\delta = 0,1 \text{ mm}$$

$$N = 400$$

$$I = 20 \text{ mA}$$

- Wie groß sind die magnetische Feldstärke und die magnetische Induktion im Eisen und im Luftspalt längs der Mittellinie des Ringes?
- Welche Werte haben die entsprechenden Flüsse?
- Berechnen Sie den Fluss direkt mit Hilfe des magnetischen Widerstandes.

### Aufgabe 13

$$a) H_E = \frac{400 \cdot 0,02 \text{ A}}{0,02 \text{ m}} = 400 \text{ A/m}$$

$$H_L \cdot \delta + H_E \cdot l_m = 0$$

$$\Rightarrow H_L = -\frac{H_E \cdot l_m}{\delta} = -\frac{400 \cdot 0,02}{0,0001} \frac{\text{A m}}{\text{m}^2} = -80.000 \text{ A/m}$$

$$B_E = \mu_0 \mu_r H_E = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2} \cdot 1000 \cdot 400 \text{ A/m} \approx 0,5027 \frac{\text{N}}{\text{Am}}$$

$$B_L = \mu_0 \mu_r H_L = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2} \cdot 1 \cdot (-80.000 \text{ A/m}) \approx -0,1005 \frac{\text{N}}{\text{Am}}$$

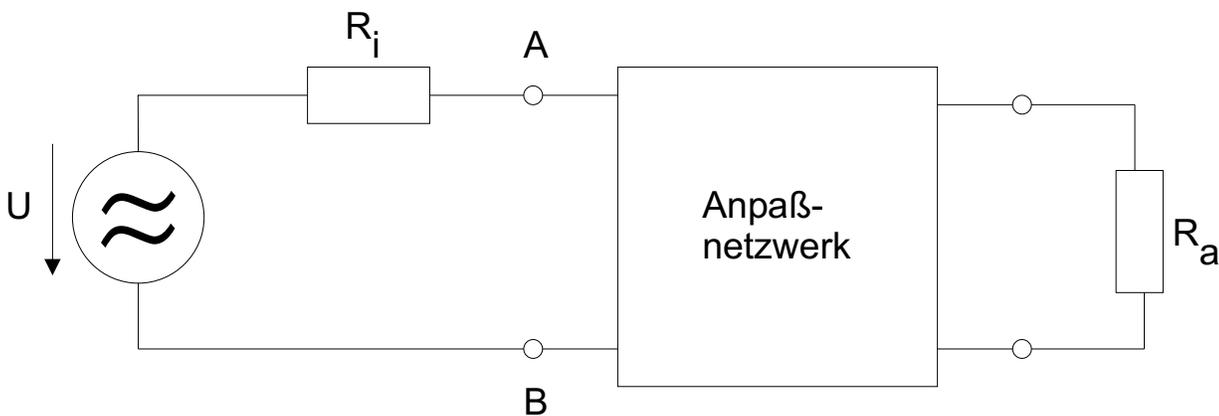
$$b) \Phi_E = B_E \cdot A = 0,5027 \frac{\text{N}}{\text{Am}} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 = 1,0054 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Nm}}{\text{A}}$$

$$\Phi_L = B_L \cdot A = -0,1005 \frac{\text{N}}{\text{Am}} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 = -2,01 \cdot 10^{-7} \frac{\text{Nm}}{\text{A}}$$

# Übungen zu "Elektronische Grundlagen für Informatiker" WS 2002/03

## Aufgabe 14: Anpassung bei Wechselstrom

Gegeben sei ein Generator mit dem Innenwiderstand  $R_i$ , der für eine bestimmte Frequenz mit Hilfe eines verlustlosen Anpaßnetzwerkes an den Lastwiderstand  $R_a$  angepasst werden soll.



Zahlenwerte:  $f = 27,12\text{MHz}$   $U = 1\text{V}$   $R_i = 50\Omega$   $R_a = 1000\Omega$

- Welche Leistung wird in  $R_a$  umgesetzt, wenn er direkt, d.h. ohne das Anpaßnetzwerk angeschlossen wird?
- Welchen Widerstand muß der Generator an den Klemmen A,B "sehen", damit in  $R_a$  die maximal mögliche Leistung umgesetzt wird?
- Überlegen Sie sich mögliche Schaltungen, die die unter b) gefundene Bedingung erfüllen könnten?
- Bestimmen Sie jetzt die Elemente der Anpaßschaltung für die Bedingung der Leistungsanpassung.

### Aufgabe 14 : Anpassung bei Wechselstrom

a) Leistung :  $P = U \cdot I$

$$P_{RA} = U_{RA} \cdot I$$

$$I = \frac{U}{R_G} = \frac{U}{R_i + R_a}$$

$$U_A = U \cdot \frac{R_a}{R_a + R_i}$$

$$\Rightarrow P_{RA} = U \cdot \frac{R_a}{R_a + R_i} \cdot \frac{U}{R_i + R_a} = U^2 \cdot \frac{R_a}{(R_a + R_i)^2}$$

$$P_{RA} = 1 \cdot \frac{1000}{1050^2} = 9,1 \cdot 10^{-4} \text{ W}$$

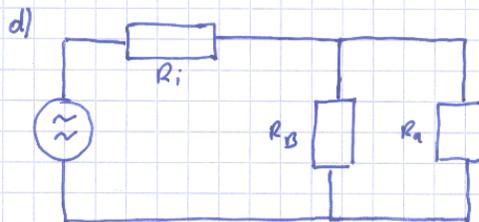
b) Für maximale Leistung muß der Widerstand

$R_a$  gleich dem Innenwiderstand  $R_i$  sein.

$$\Rightarrow R_a = 50 \Omega$$

eingesetzt ergibt dies eine maximale Leistung von 0,02 W

c) Einsetzen eines parallelen Widerstandes für das Théveninnetzwerk



nach b) muß  $R_c = R_b \parallel R_a = 50 \Omega$  haben

$$\Rightarrow R_c = \frac{R_a \cdot R_b}{R_a + R_b} \Rightarrow 50 \Omega = \frac{R_b \cdot 1000 \Omega}{R_b + 1000 \Omega}$$

$$\Rightarrow 50 \Omega \cdot (R_b + 1000 \Omega) = R_b \cdot 1000 \Omega$$

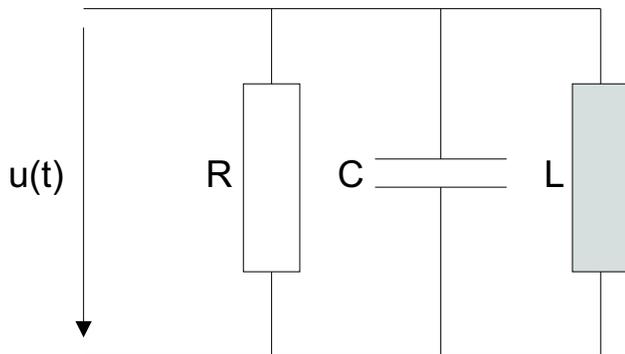
$$\Rightarrow 50 \Omega R_b + 50000 \Omega^2 = 1000 \Omega R_b \Rightarrow R_b = 52,631 \Omega$$

$$\Rightarrow 50000 \Omega^2 = 950 \Omega R_b$$

# Übungen zu "Elektronische Grundlagen für Informatiker" WS 2002/03

## Aufgabe 15: Wechselstromschaltung

Gegeben ist die folgende Parallelschaltung eines ohmschen Widerstandes mit einem Kondensator und einer Spule.



Zahlenwerte:

$$R = 30 \, \Omega$$

$$L = 111,4 \, \text{mH}$$

$$C = 151,5 \, \mu\text{F}$$

$$u_s = 325,27 \, \text{V}$$

$$f = 50 \, \text{Hz}$$

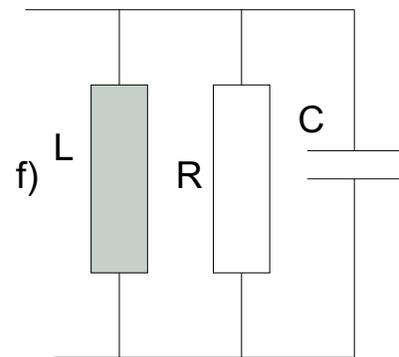
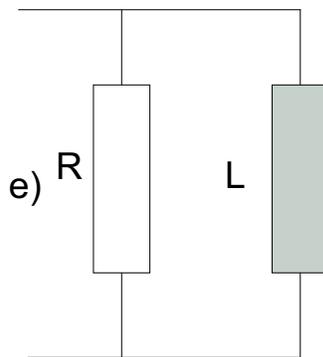
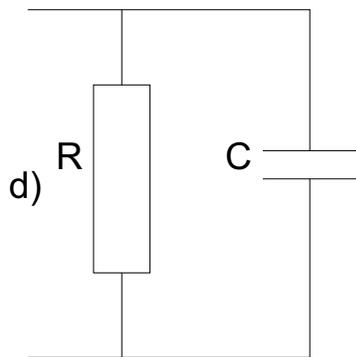
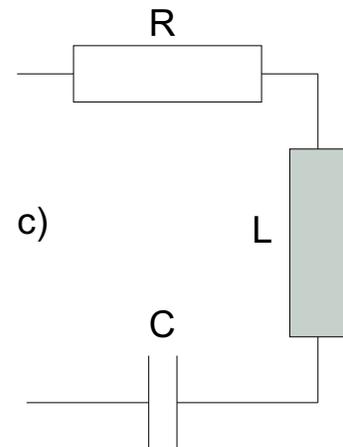
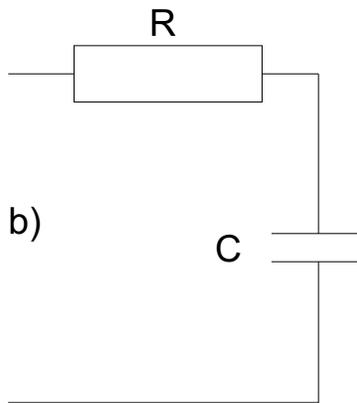
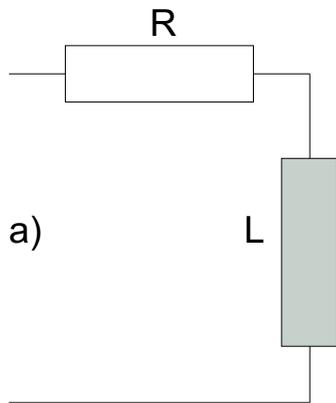
- Berechnen und zeichnen Sie den zeitlichen Verlauf der Teilströme im ohmschen Widerstand, in der Spule und im Kondensator.
- Wie groß sind die Scheitelwerte der Teilströme?
- Wie groß sind die Phasenverschiebungen der Teilströme gegenüber der angelegten Spannung?
- Wie groß ist der Scheitelwert des Gesamtstromes, den die Schaltung aufnimmt?
- Wie groß ist die Phasenverschiebung des Gesamtstromes gegenüber der angelegten Spannung?
- Man berechne und zeichne den zeitlichen Verlauf der Spannung, der Teilströme, des Gesamtstromes und der aufgenommenen Leistung, wenn die Kapazität des Kondensators auf den Wert von  $90,9 \, \mu\text{F}$  verringert wird.
- Man berechne und zeichne den zeitlichen Verlauf von Spannung, Strom, aufgenommener Leistung und Energieinhalt des Kondensators ( Zahlenwert der Kapazität wie unter f ) ).
- Man berechne und zeichne den zeitlichen Verlauf von Spannung, Strom, aufgenommener Leistung und Energieinhalt der Spule ( Zahlenwert der Kapazität wie unter f ) ).
- Wie sind die Ergebnisse der I. Unterpunkte f), g) und h) zu deuten?

Lösung zu Aufgabe 15 fehlt

# Übungen zu "Elektronische Grundlagen für Informatiker" WS 2002/03

## Aufgabe 16: komplexe Wechselstromrechnung

Gegeben seien die folgenden Schaltungen a) - f).



Bestimmen Sie für alle Schaltungen

a) die Impedanz  $\underline{Z}(\omega)$

b) die Admittanz  $\underline{Y}(\omega)$

c) Skizzieren Sie den Verlauf  $\underline{Z}(\omega)$

d) und  $\underline{Y}(\omega)$  in der komplexen Ebene

e) Was fällt Ihnen auf, wenn Sie die Ergebnisse von a,b,c) mit den Ergebnissen von d,e,f) vergleichen?

### Aufgabe 16: komplexe Wechselstromrechnung



$j = \text{imaginär}$   
von  $\Omega$

a)

$$a) \underline{Z}(\omega) = R + j\omega L$$

$$b) R + \frac{1}{j\omega c}$$

$$c) R + j\omega L + \frac{1}{j\omega L}$$

$$d) \frac{R \cdot \frac{1}{j\omega c}}{R + \frac{1}{j\omega c}} = \frac{R}{1 + j\omega c \cdot R}$$

$$e) \frac{R \cdot j\omega L}{R + j\omega L}$$

$$f) \frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} + j\omega c$$

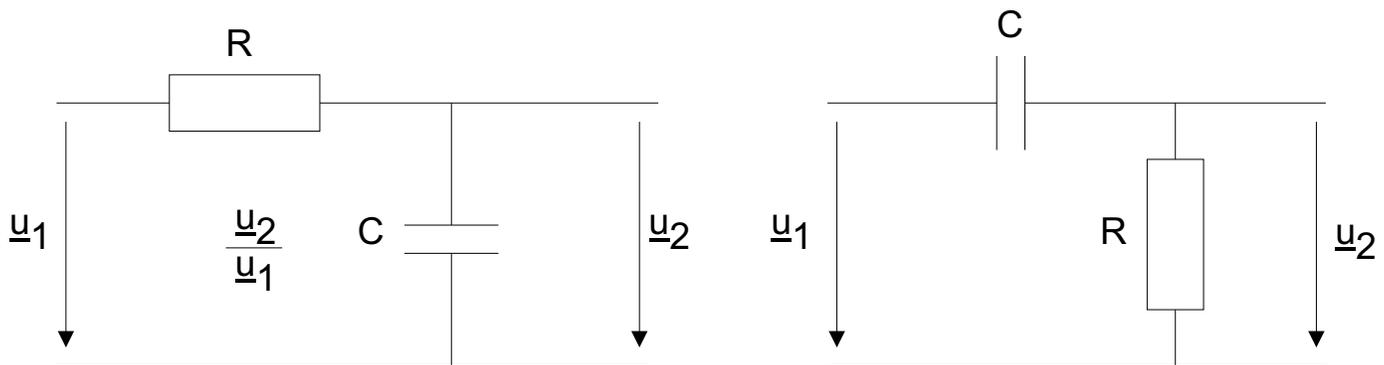
b)  $\underline{Y} = \frac{1}{\underline{Z}}$

also analog zu Teil a)

# Übungen zu "Elektronische Grundlagen für Informatiker" WS 2002/03

## Aufgabe 17: Übertragungsfunktion und Bode-Diagramm

Gegeben seien die folgenden Schaltungen :



a) Berechnen Sie das Verhältnis  $\frac{u_2}{u_1}$  für beide Schaltungen.

b) Skizzieren Sie den Verlauf  $\left| \frac{u_2}{u_1} \right|$  und  $\arctan \left( \frac{u_2}{u_1} \right)$ .

c) Stellen Sie die beiden Verläufe im Bode-Diagramm dar.

d) Welches Frequenzverhalten zeigen die Schaltungen?

## Aufgabe 17: Übertragungsfunktion und Bode-Diagramm

$$a) U_2 = U_1 \cdot \frac{C}{C+R}$$

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{1/j\omega C}{1/j\omega C + R}$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{1/j\omega C}{1/j\omega C + R} = \frac{1}{1 + j\omega C \cdot R}$$

} Schaltung links

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{R}{R+C}$$

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{R}{R + 1/j\omega C}$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{j\omega C \cdot R}{1 + j\omega C \cdot R}$$

} Schaltung rechts

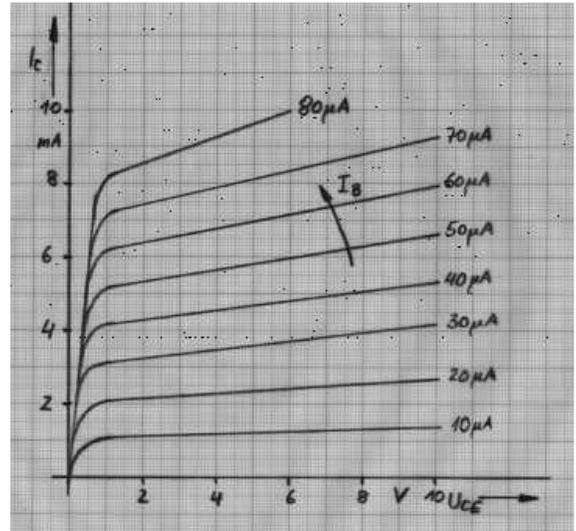
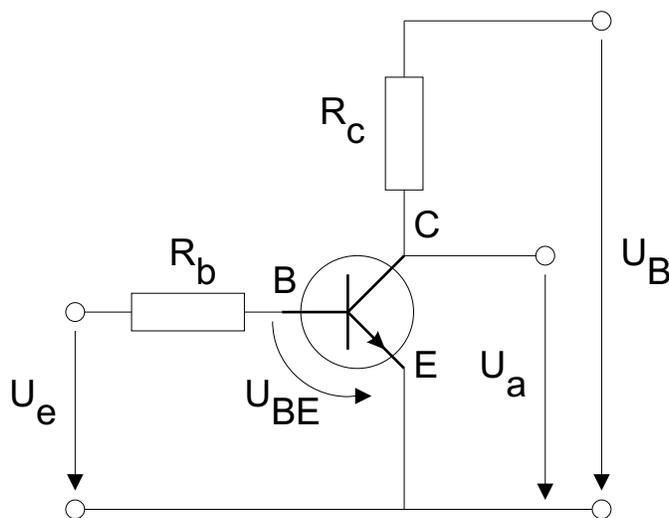
d) linke Schaltung: Tiefpass (hohes  $f_{\text{Hz}}$  geblockt)

rechte Schaltung: Hochpass (tiefes  $f_{\text{Hz}}$  geblockt)

# Übungen zu "Elektronische Grundlagen für Informatiker" WS 2002/03

## Aufgabe 18: Transistor als Verstärker und Schalter

Gegeben sei die folgende Transistorschaltung und das zugehörige Ausgangskennlinienfeld:



Zahlenwerte:  $R_b = 10 \text{ k}\Omega$ ;  $R_c = 1 \text{ k}\Omega$ ;  $U_B = 10 \text{ V}$ ;  $B = 125$ ;  $U_{BE} = 0,6 \text{ V}$

- Um welchen Transistortyp handelt es sich?
- An den Eingang werde jetzt eine Spannung  $U_e = 1 \text{ V}$  angelegt. Wie groß ist die Ausgangsspannung  $U_a$ ?
- Jetzt sei die Eingangsspannung  $0 \text{ V}$ . Welche Ausgangsspannung  $U_a$  stellt sich ein?

Der Transistor soll jetzt als Schalter betrieben werden. Der Kollektorwiderstand sei hierbei  $1,42 \text{ k}\Omega$ . Die zulässige Verlustleistung des Transistors betrage  $10 \text{ mW}$ .

- Zeichnen Sie die Arbeitsgerade und die Verlustleistungshyperbel in das Ausgangskennlinienfeld ein.
- Wie groß muß die Eingangsspannung  $U_e$  sein, damit  $U_{CE}$  für die "Schalterstellung EIN" möglichst klein wird?

### Aufgabe 18

a) MPN

$$b) U_A - U_B + I_C \cdot R_C = 0$$

$$U_E - U_{BE} - I_0 R_0 = 0$$

$$\Leftrightarrow U_E - U_{BE} = I_0 R_0$$

$$\Leftrightarrow I_0 = \frac{U_E - U_{BE}}{R_0}$$

$$I_C = \beta \cdot I_0 \quad \Rightarrow \quad I_C = \beta \cdot \frac{U_E - U_{BE}}{R_0}$$

$$U_A = U_B - \beta \cdot R_C \cdot \frac{U_E - U_{BE}}{R_0}$$

$$U_A = 10V - 125 \cdot 1000 \cdot \frac{1V - 0,6V}{10000}$$

$$= 10V - 5V = \boxed{5V}$$

c) Für  $U_E = 0V$  spart der Transistor ab.

Daraus folgt für  $U_A = U_B = 10V$

$$d) U_B = U_{CE} + I_C \cdot R_C$$

$$U_{CE} = 0: I_C = \frac{U_B}{R_C} = 7mA$$

$$I_C = 0: U_B = U_{CE} = 10V$$

e) Aus Skizze folgt:  $I_0 = 80\mu A$  damit  $U_{CE}$  minimal wird.

$$U_E = U_{BE} + I_0 \cdot R_0 = 0,6V + 80\mu A \cdot 10k\Omega = 1,4V$$