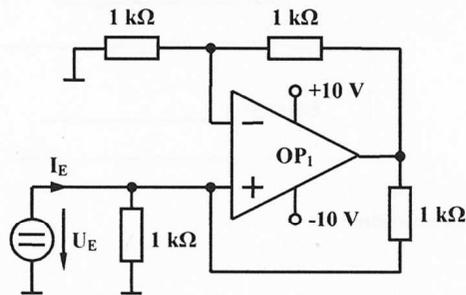


**Aufgabe 1**

(24 Pkt.)

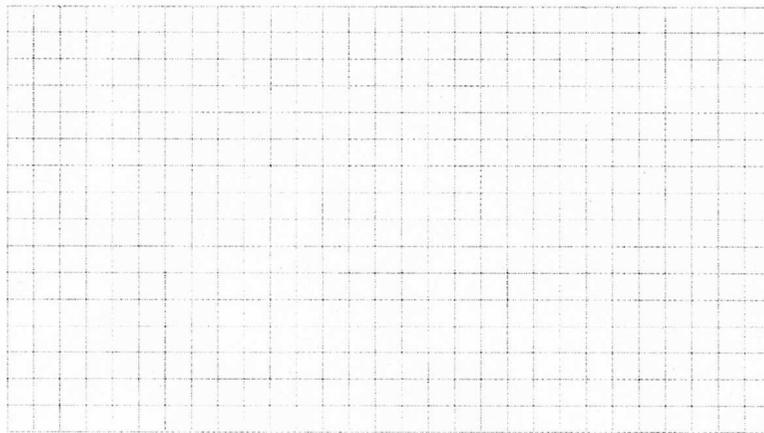
Die folgenden kurzen Aufgaben sind voneinander unabhängig lösbar. Das Endergebnis muss in das mit „Lösung“ beschriftete Feld eingetragen werden. Für das richtige Endergebnis werden 3 Punkte vergeben. Für ein falsches Endergebnis gibt es 0 Punkte.

1.1 Betrachten Sie folgende Schaltung mit einem idealen Operationsverstärker, der mit einer endlichen Betriebsspannung von  $\pm 10\text{ V}$  versorgt wird. Der Operationsverstärker arbeitet **gegengekoppelt**. Wie groß ist der Eingangswiderstand  $R_E = U_E / I_E$  der gezeigten Schaltung? (3 Pkt.)



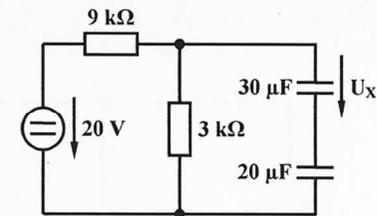
Lösung:  $R_E$  \_\_\_\_\_

Platz für Nebenrechnung:



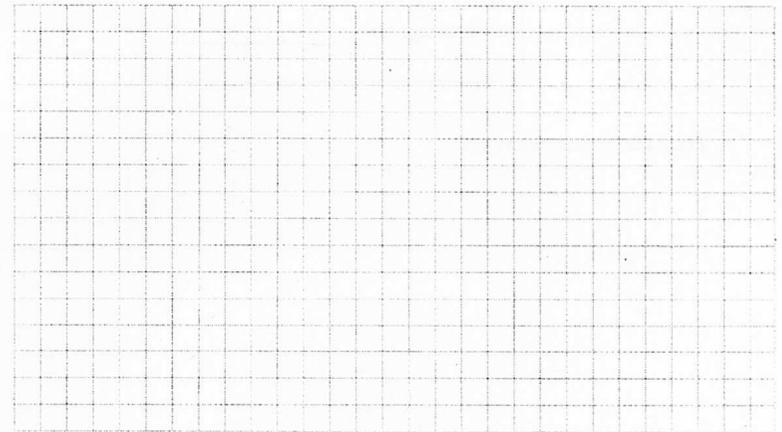
1.2 Wie groß ist die Spannung  $U_X$  am  $30\ \mu\text{F}$ -Kondensator?

(3 Pkt.)

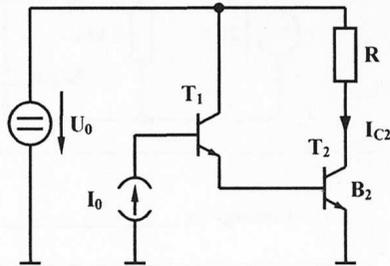


Lösung:  $U_X$  \_\_\_\_\_

Platz für Nebenrechnung:

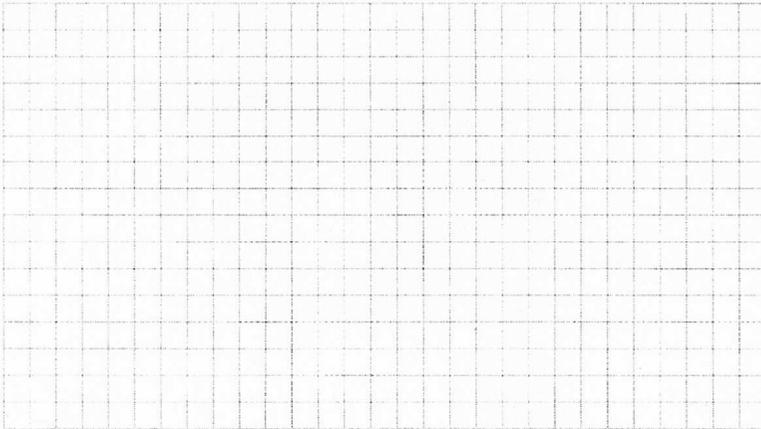


1.3 Gegeben sei folgende Schaltung mit den Transistoren  $T_1$  und  $T_2$ . Leiten Sie eine Formel in Abhängigkeit der in der Zeichnung gegebenen Größen für die Verstärkung  $B_1$  des Transistors  $T_1$  her.  $B_2$  sei die Verstärkung des Transistors  $T_2$ . Beide Transistoren befinden sich im aktiven Bereich. Es gilt für beide Transistoren:  $I_C \neq I_E$ . (3 Pkt.)

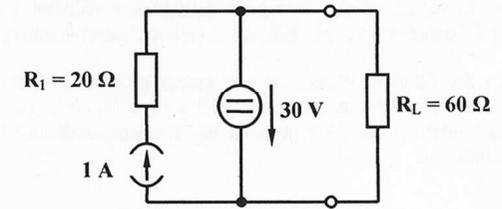


Lösung:  $B_1$  \_\_\_\_\_

Platz für Nebenrechnung:

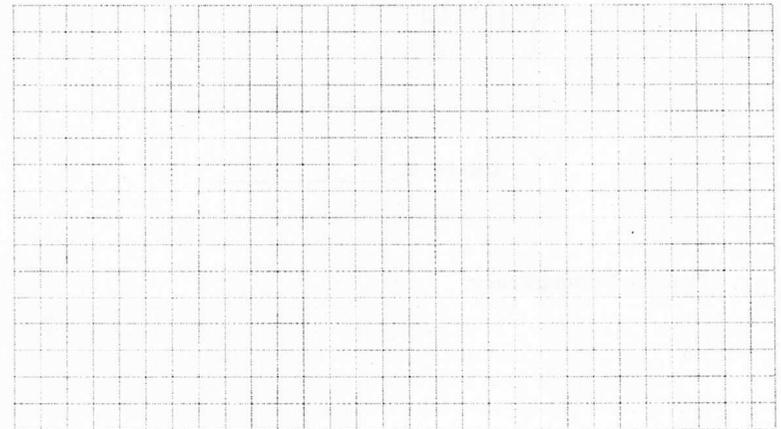


1.4 Wie groß ist der Wirkungsgrad  $\eta$  der folgenden Schaltung mit dem Lastwiderstand  $R_L$  als einziger Last? (3 Pkt.)



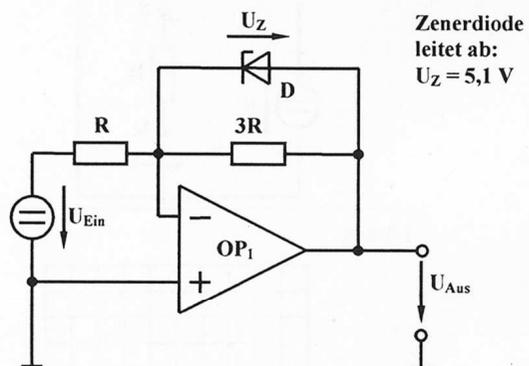
Lösung:  $\eta$  \_\_\_\_\_

Platz für Nebenrechnung:



1.5 Betrachten Sie folgende Schaltung mit einem idealen Operationsverstärker, der mit einer endlichen Betriebsspannung von  $\pm 10\text{ V}$  versorgt wird. Der Operationsverstärker arbeitet **gegengekoppelt**. Alle Elemente der Schaltung sind als ideal anzunehmen. Die Spannungsquelle  $U_{\text{Ein}}$  liefert immer eine **positive Spannung**.

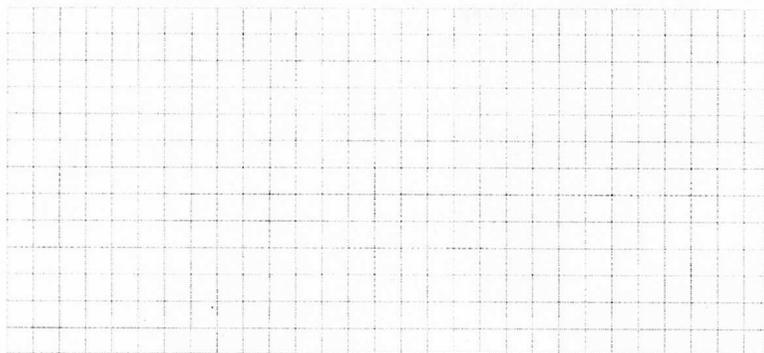
- Wie lautet die Gleichung für  $U_{\text{Aus}}$  in Abhängigkeit von  $U_{\text{Ein}}$  für den Fall,  
 a) dass die Zenerdiode sperrt? (2 Pkt.)  
 b) dass die Zenerdiode leitet? (1 Pkt.)



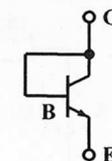
Zenerdiode leitet ab:  
 $U_Z = 5,1\text{ V}$

Lösung:  
 a)  $U_{\text{aus}} =$  \_\_\_\_\_  
 b)  $U_{\text{aus}} =$  \_\_\_\_\_

Platz für Nebenrechnung:

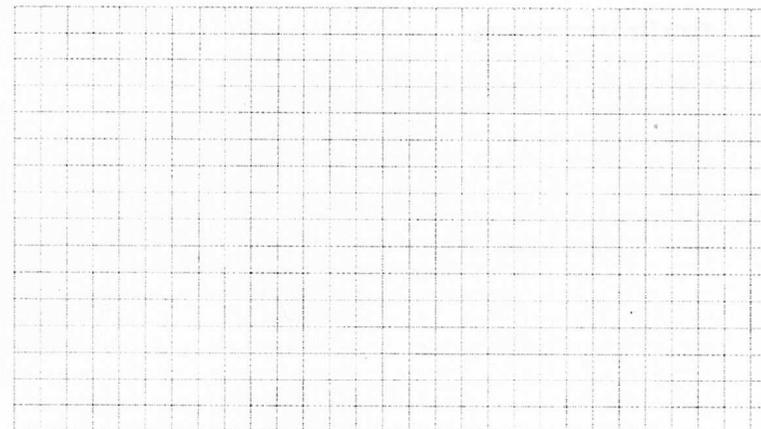


1.6 Welches Bauelement kann durch den Transistor in der folgenden Beschaltung ersetzt werden? (3 Pkt.)

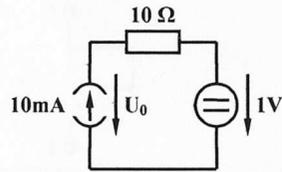


Lösung: \_\_\_\_\_

Platz für Nebenrechnung:

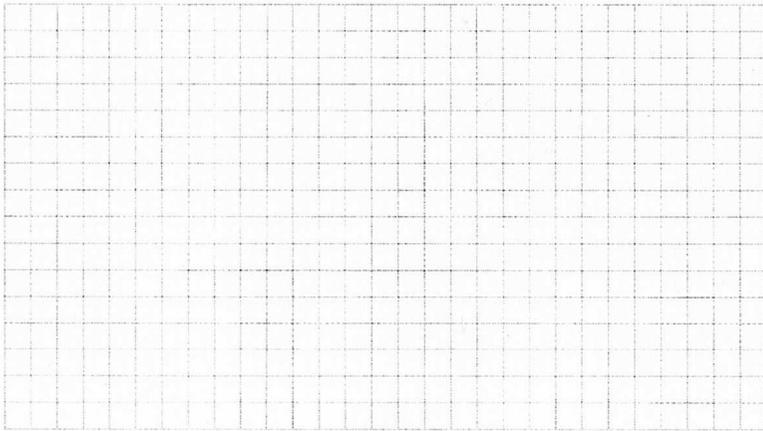


1.7 Welche Spannung  $U_0$  fällt über der idealen Stromquelle im unteren Schaltbild ab? (3 Pkt.)

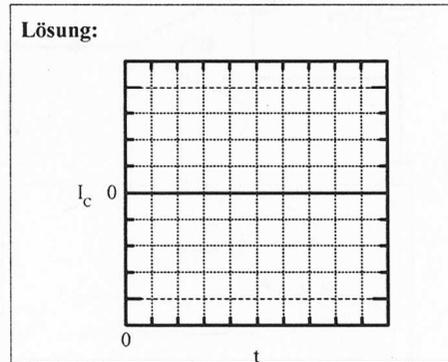
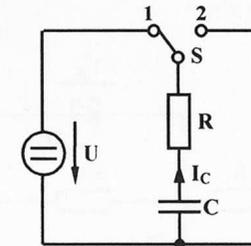


Lösung:  $U_0 =$  \_\_\_\_\_

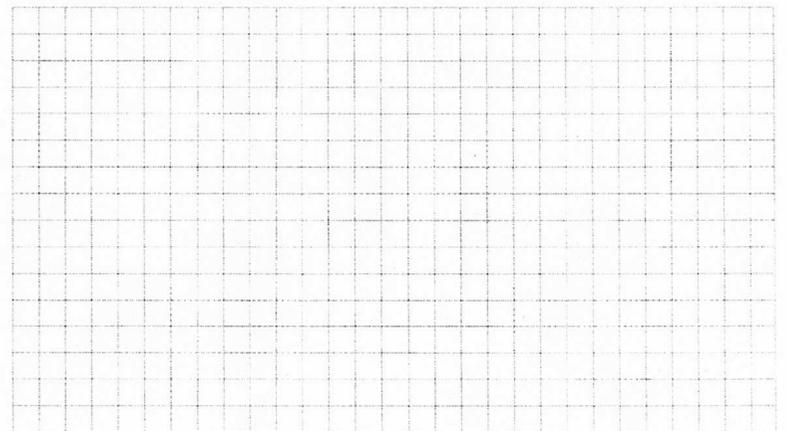
Platz für Nebenrechnung:



1.8 Gegeben sei folgende Kondensatorschaltung. Zum Zeitpunkt  $t < 0$  ist der Schalter S auf Position 1 und der Kondensator vollständig geladen. Zum Zeitpunkt  $t = 0$  wird der Schalter S auf Position 2 umgeschaltet. Wie ist der qualitative Stromverlauf  $I_C(t)$  durch den Widerstand R ab dem Zeitpunkt  $t = 0$ ? Beschriften Sie dabei die vertikale Achse mit charakteristischen Anfangs- bzw. Endwerten. (3 Pkt.)



Platz für Nebenrechnung:



**Aufgabe 2**

(22 Pkt.)

Gegeben sei die in Abbildung 2.1 dargestellte Operationsverstärkerschaltung. Alle Elemente der Operationsverstärkerschaltung seien ideal.

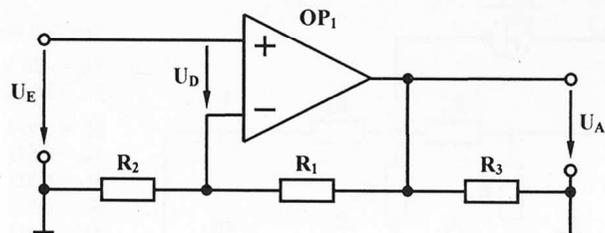


Abbildung 2.1

2.1 In welcher Betriebsart ist der Operationsverstärker OP<sub>1</sub> verschaltet? Wie heißt die Grundschialtung, in welcher der Operationsverstärker OP<sub>1</sub> arbeitet? (2 Pkt.)

2.2 Wie lautet die Verstärkung  $A_{ideal} = \frac{U_A}{U_E}$ ? (2 Pkt.)

**Der Operationsverstärker OP<sub>1</sub> sei weiterhin ideal bis auf die folgende Einschränkung: Es gelte  $U_A = v_D \cdot U_D$  mit  $v_D < \infty$ . Somit gilt auch bei Gegenkopplung  $U_D \neq 0$  V, was in die Berechnung mit einbezogen werden muss.**

2.3 Berechnen Sie nun die Verstärkung  $A_{real} = \frac{U_A}{U_E} = \frac{v_D \cdot U_D}{U_E}$  der in Abbildung 3.1 dargestellten Operationsverstärkerschaltung in Abhängigkeit von R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> und v<sub>D</sub>. (6 Pkt.)

2.4 Bilden Sie für die in Unterpunkt 3 Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. berechnete Verstärkung den Grenzwert  $\lim_{v_D \rightarrow \infty} A_{real}$ . (2 Pkt.)

**Im Folgenden gelte: R<sub>1</sub> = R<sub>2</sub> = R<sub>3</sub> = R.**

2.5 Stellen Sie eine allgemeingültige Funktion für den relativen Fehler  $f(v_D) = \frac{A_{real}(v_D) - A_{ideal}}{A_{ideal}}$  von A<sub>real</sub> gegenüber A<sub>ideal</sub> auf. Vereinfachen Sie die Funktion so weit wie möglich. (2 Pkt.)

2.6 Wie groß muss v<sub>D</sub> mindestens sein, damit der maximale relative Fehler  $f(v_D)_{max} = -0,0025$  %o beträgt? (2 Pkt.)

**Hinweis:** Die folgenden Unterpunkte lassen sich unabhängig von den vorangegangenen Aufgabenteilen lösen.

Gegeben sei die Operationsverstärkerschaltung aus Abbildung 2.2. Alle Elemente der Schaltung seien ideal. Der Operationsverstärker OP<sub>2</sub> arbeitet gegengekoppelt.

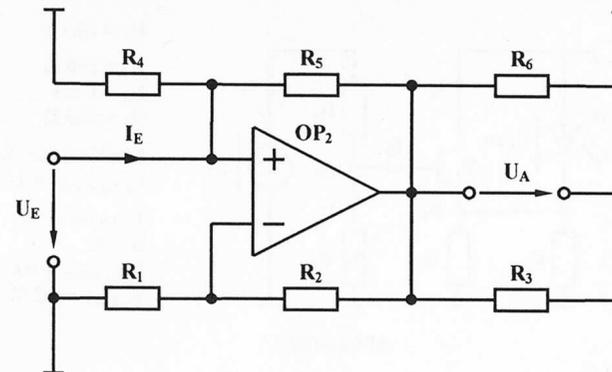


Abbildung 2.2

2.7 Begründen Sie, warum der Operationsverstärker OP<sub>2</sub> gegen- und nicht mitgekoppelt ist, obwohl der Widerstand R<sub>5</sub> vom Ausgang auf den nicht-invertierenden Eingang zurückgeführt wird. (2 Pkt.)

2.8 Berechnen Sie die Ausgangsspannung U<sub>A</sub> der Schaltung in Abhängigkeit der Eingangsspannung U<sub>E</sub>. (4 Pkt.)

**Aufgabe 3**

(22 Pkt.)

Gegeben sei die Transistorschaltung aus Abbildung 3.1. Alle Elemente der Schaltung seien ideal.

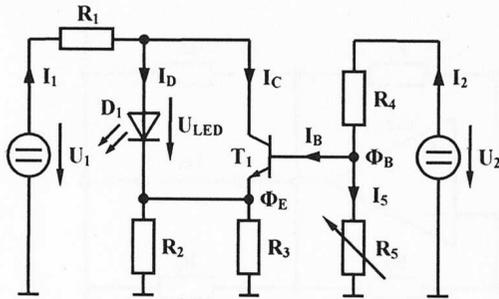


Abbildung 3.1

- $U_1 = 10,1 \text{ V}$
- $R_2 = 250 \Omega$
- $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$
- $R_4 = 800 \Omega$
- Leuchtdiode  $D_1$ :  
 $U_{LED, leitend} = 1,1 \text{ V}$
- Transistor  $T_1$ :  
 $B = 92$   
 $U_{BE, leitend} = 0,6 \text{ V}$   
 $U_{CE, sat} = 0,2 \text{ V}$

Zur Vereinfachung gelte im leitenden Betrieb des Transistors  $T_1$  immer  $I_E \approx I_C$ , wobei gleichzeitig  $I_B \neq 0 \text{ A}$  anzunehmen ist.

Zunächst sei  $U_2 = 0 \text{ V}$ .

- 3.1 Stellen Sie eine Formel für das Potential  $\Phi_E$  in Abhängigkeit von  $I_1$  auf. (2 Pkt.)
- 3.2 Bestimmen Sie  $R_1$  so, dass der durch die Leuchtdiode  $D_1$  fließende Strom  $I_D$  maximal  $15 \text{ mA}$  beträgt. (2 Pkt.)

Ab jetzt gelte  $U_2 = 5,4 \text{ V}$ .

Der einstellbare Widerstand  $R_5$  kann Werte zwischen  $0 \Omega$  und  $2,5 \text{ k}\Omega$  annehmen.

**Hinweis:** In den Aufgabenteilen 3.3 bis 3.5 ist jeweils eine Berechnung des Potentials  $\Phi_B$  hilfreich.

- 3.3 Berechnen Sie, bei welchem Wert von  $R_5$  der Transistor  $T_1$  vom Sperrbereich in den aktiven Bereich übergeht. (3 Pkt.)
- 3.4 Berechnen Sie, bei welchem Wert von  $R_5$  gerade kein Strom mehr durch die Leuchtdiode  $D_1$  fließt. Berücksichtigen Sie dabei, dass an diesem Punkt trotzdem noch gilt:  $U_{LED} = 1,1 \text{ V}$ . (6 Pkt.)
- 3.5 Berechnen Sie, bei welchem Wert von  $R_5$  der Transistor  $T_1$  vom aktiven Bereich in den Sättigungsbereich übergeht. (6 Pkt.)

Die Helligkeit der in der Schaltung eingebauten Leuchtdiode  $D_1$  sei proportional zum durch sie fließenden Strom.

- 3.6 Wie viel Prozent des Einstellbereiches von  $R_5$  lassen sich zur Steuerung der Helligkeit der Leuchtdiode  $D_1$  verwenden? (3 Pkt.)

**Aufgabe 4**

(22 Pkt.)

Gegeben sei die in Abbildung 4.1 gezeigte Schaltung aus linearen Bauelementen.

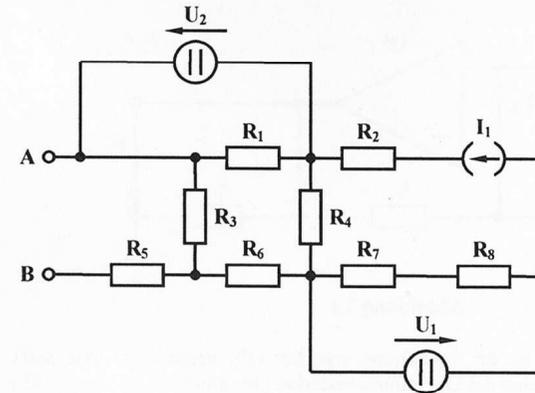


Abbildung 4.1

- $I_1 = 300 \text{ mA}$
- $U_1 = -30 \text{ V}$
- $U_2 = 360 \text{ V}$
- $R_1 = 6 \text{ k}\Omega$
- $R_2 = 6 \text{ k}\Omega$
- $R_3 = 6 \text{ k}\Omega$
- $R_4 = 6 \text{ k}\Omega$
- $R_5 = 6 \text{ k}\Omega$
- $R_6 = 6 \text{ k}\Omega$
- $R_7 = 6 \text{ k}\Omega$
- $R_8 = 6 \text{ k}\Omega$

Wandeln Sie das Netzwerk bezüglich der Klemmen A und B in eine Ersatzquelle um.

- 4.1 Berechnen Sie mit Hilfe des Superpositionsverfahrens die Leerlaufspannung, den Kurzschlussstrom und den Innenwiderstand der Ersatzquelle. Zeichnen Sie die drei Ersatzschaltbilder der Superposition und das Ersatzschaltbild zur Berechnung des Innenwiderstandes. (16 Pkt.)

An die Klemmen A und B wird nun das Netzwerk nach Abbildung 4.2 angeschlossen.

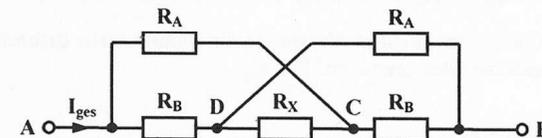


Abbildung 4.2

- $R_A = 10 \text{ k}\Omega$
- $R_B = 20 \text{ k}\Omega$
- $R_X = 10 \text{ k}\Omega$

- 4.2 Berechnen Sie den Widerstand  $R_{ges}$  des Netzwerkes aus Abbildung 4.2 bezüglich der Klemmen A und B.  
**Hinweis:** Das Netzwerk lässt sich vereinfacht umzeichnen, so dass sich keine Leitungen mehr kreuzen. Eine Dreieck-Stern-Transformation ist hilfreich. (4 Pkt.)
- 4.3 Berechnen Sie mit Hilfe der Ersatzquelle aus Unterpunkt 4.1 den Strom  $I_{ges}$ . **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** (2 Pkt.)