

Lösung der Übungsaufgabe ÜA_1_5.2.B:

15.09.2022

• Lösungsansatz über HELMHOLTZ:

$$I_B(\leftarrow) = -I_{BA} - I_{BB} + I_{BC} + I_{BD} \quad I_B(\leftarrow), \text{ weil die Quelle geladen werden soll!}$$

$$= -\frac{U_A}{R_3 + R_4 + R_5} - \frac{U_B}{R_3 + R_4 + R_5} + I_C \cdot \frac{R_5}{R_3 + R_4 + R_5} + I_D \cdot \frac{R_3 + R_5}{R_3 + R_4 + R_5} = \frac{-U_A - U_B + I_C R + I_D 2R}{3R}$$

• Umstellen nach I_D :

$$I_B 3R = -U_A - U_B + I_C R + I_D 2R$$

$$I_D = \frac{U_A + U_B + I_B 3R - I_C R}{2R} = +200 \text{ mA}$$

• Bestimmung der Leistung der Stromquelle D:

$$P_D = U_D \cdot I_D$$

Der Zählpfeil von U_D wird nach Vorbild des Quellen-Zählpfeilsystems (also gegen die Richtung von I_D) gewählt (siehe Bild rechts). Sollte sich nun ein negativer Wert für U_D ergeben, würde die Quelle als Verbraucher wirken und Leistung aufnehmen.

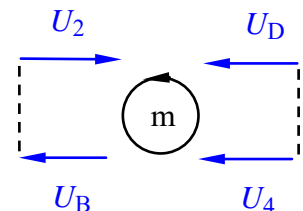


Bild ÜA_1_5.2.B_1: Anwendung des Maschensatzes

Nach dem Maschensatz (oberer Umlauf m) gilt:

$$U_D - U_2 - U_B - U_4 = 0 \quad \text{bzw.:} \quad U_D = U_2 + U_B + U_4$$

$$U_D = I_D \cdot R_2 + U_B + I_B \cdot R_4 = +34 \text{ V}$$

Die Stromquelle D arbeitet als Quelle, da bei einem Zählpfeil der Spannung U_D (\leftarrow), der gegen den Zählpfeil des Quellenstromes I_D (\rightarrow) gerichtet ist, beide Quellengrößen einen positiver Wert besitzen. Die Quelle D gibt somit Leistung an den angeschlossenen Stromkreis ab.

Bei einer Darstellung im Quellen-Zählpfeilsystem (Q-ZPS) gilt:

$$P_D = (+34 \text{ V}) \cdot (+200 \text{ mA}) = +6,8 \text{ W}$$

Bei einer Darstellung im Verbraucher-Zählpfeilsystem (V-ZPS) würde gelten:

$$P_D = (-34 \text{ V}) \cdot (+200 \text{ mA}) = -6,8 \text{ W}$$

• **Probe der Zahlenwerte über eine MICROCAP-Simulation:**

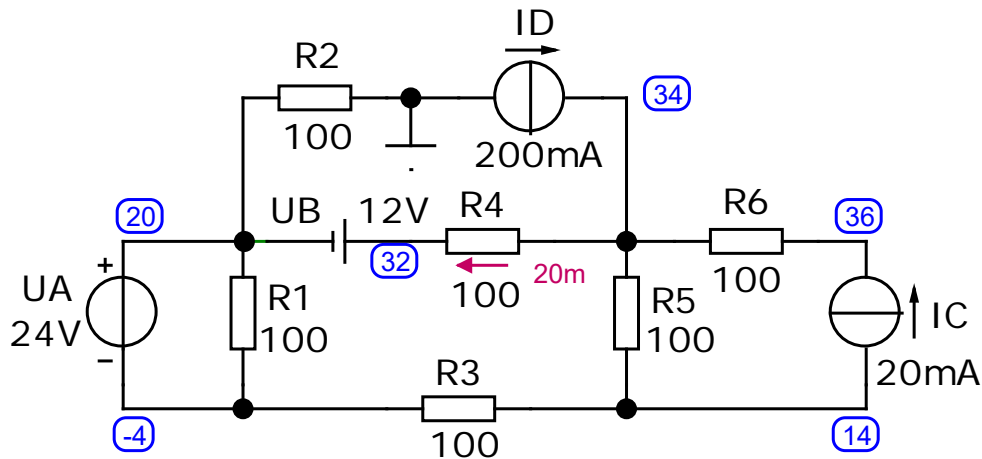


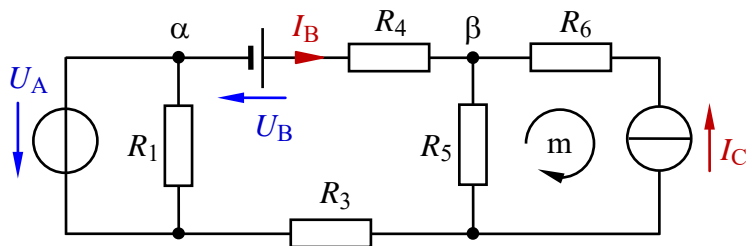
Bild ÜA_1_5.2.B_2: Simulationsschaltung mit den Ergebnissen einer Dynamic-DC-Analyse

Der Strom I_B fließt mit 20 mA in Richtung des Zählpfeils von U_B . Die Quelle B nimmt somit Leistung auf. Die Spannung über der Stromquelle D beträgt 34 V. Der Zählpfeil dieser Spannung zeigt gegen den Stromzählpfeil. Die Quelle D gibt demzufolge Leistung an den Stromkreis ab.

Ende dieser Lösung

Zusatzaufgabe:

Wie ändert sich der Strom der Quelle B, wenn die Stromquelle D abgeschaltet wird (Leerlauf oberhalb von U_B und R_4)? Welche Leistungen ergeben sich dann für die Quellen A, B und C?



Geg.:
 $U_A = 24 \text{ V}$, $U_B = 12 \text{ V}$
 $I_C = 20 \text{ mA}$
 alle $R = 100 \Omega$

Bild ÜA_1_5.2.B_3: Schaltung zur Zusatzaufgabe

• **Lösung über HELMHOLTZ:**

$$I_B = I_{BA} + I_{BB} - I_{BC}$$

Der Strom I_B wurde jetzt nach Vorbild des Q-ZPS festgelegt.

$$= \frac{U_A}{R_3 + R_4 + R_5} + \frac{U_B}{R_3 + R_4 + R_5} - I_C \cdot \frac{R_5}{R_3 + R_4 + R_5} = \frac{U_A + U_B - I_C R}{3R}$$

$$I_B = \frac{24 + 12 - 2}{300} \text{ mA} = +113,3 \text{ mA}$$

Die Quelle B gibt jetzt Leistung ab.

Alle Quellengrößen werden jetzt nach Vorbild des Q-ZPS dargestellt.

• **Berechnung der Leistungen der drei Quellen:**

Knoten α : $I_1(\downarrow) = \frac{U_A}{R_1} = 240 \text{ mA} \quad \Rightarrow \quad I_A(\uparrow) = I_1 + I_B = 240 \text{ mA} + 113,3 \text{ mA} = 353,3 \text{ mA}$

Knoten β : $I_5(\downarrow) = I_B + I_C = 113,3 \text{ mA} + 20 \text{ mA} = 133,3 \text{ mA} \quad \Rightarrow \quad U_5(\downarrow) = 13,3 \text{ V}$

Masche m: $U_C(\downarrow) - U_3(\downarrow) - I_C \cdot R_6 = 0$

$U_C = U_3 + I_C \cdot R_6 = 13,3 \text{ V} + 2 \text{ V} = 15,3 \text{ V}$

$P_A = U_A \cdot I_A = 24 \text{ V} \cdot (+353,3 \text{ mA}) = 8,48 \text{ W}$

Die Quelle A gibt Leistung ab.

$P_B = U_B \cdot I_B = 12 \text{ V} \cdot (+113,3 \text{ mA}) = 1,36 \text{ W}$

Die Quelle B gibt Leistung ab.

$P_C = U_C \cdot I_C = (+15,3 \text{ V}) \cdot 20 \text{ mA} \approx 0,307 \text{ W}$

Die Quelle C gibt Leistung ab.

• **Probe der Zahlenwerte über eine MICROCAP-Simulation:**

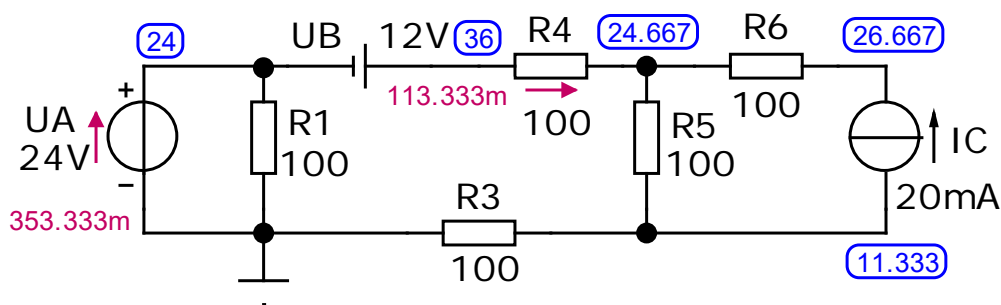


Bild ÜA_1_5.2.B_4: Simulationsschaltung zur Zusatzaufgabe mit den Ergebnissen einer DC-Analyse

$I_A(\uparrow) = 353,33 \text{ mA}$

$I_B(\rightarrow) = 113,33 \text{ mA}$

$U_C(\downarrow) = 26,67 \text{ V} - 11,33 \text{ V} = 15,33 \text{ V}$

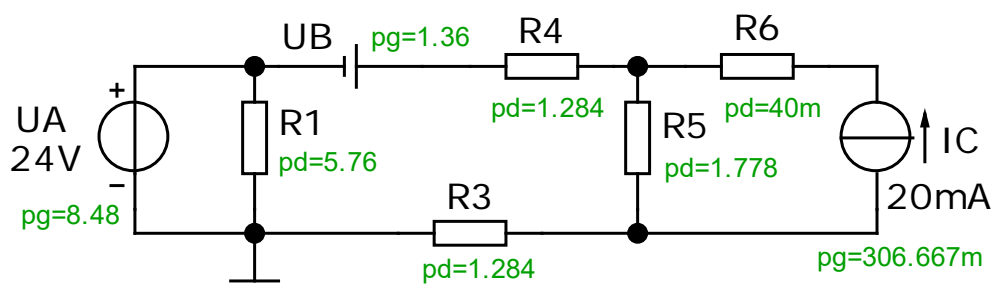


Bild ÜA_1_5.2.B_5: Leistungsbetrachtungen zur Zusatzaufgabe mit den Ergebnissen einer DC-Analyse

Ende der zusätzlichen Lösung