

Lösung der Übungsaufgabe ÜA_1_3.3.A:

08.09.2022

Lösungshinweis: Schaltung umzeichnen (vgl. Bild ÜA_1_3.3.A_3).

- **Spannungsteilerregel** (dreifacher Teiler): \Rightarrow Klammerregeln beachten !!!

Ansatz:
$$\frac{U_6}{U_2} = \frac{U_6}{U_5} \cdot \frac{U_5}{U_3} \cdot \frac{U_3}{U_2}$$

$$\frac{U_6}{U_5} = \frac{R_6}{R_6 + R_7 \parallel (R_8 + R_9)} = \frac{3R}{5R}$$

$$\frac{U_5}{U_3} = \frac{R_5 \parallel [R_6 + R_7 \parallel (R_8 + R_9)]}{R_4 + R_5 \parallel [R_6 + R_7 \parallel (R_8 + R_9)]} = \frac{2,5R}{7,5R}$$

$$\frac{U_3}{U_2} = \frac{R_3 \parallel \{R_4 + R_5 \parallel [R_6 + R_7 \parallel (R_8 + R_9)]\}}{R_2} = \frac{5R}{2R}$$

$$\frac{U_6}{U_2} = \frac{U_6}{U_5} \cdot \frac{U_5}{U_3} \cdot \frac{U_3}{U_2} = \frac{3}{5} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{5}{2} = \frac{1}{2}$$

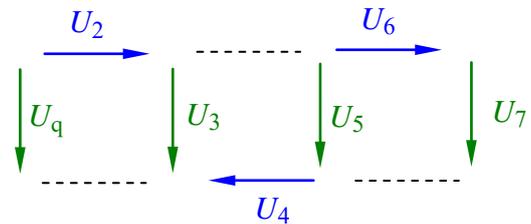


Bild ÜA_1_3.3.A_1: Anwendung der Spannungsteilerregel

- **Stromteilerregel** (doppelter Teiler):

$$\frac{I_5}{I_7} = \frac{I_5}{I_6} \cdot \frac{I_6}{I_7} = \frac{R_6 + R_7 \parallel (R_8 + R_9)}{R_5} \cdot \frac{R_7 + R_8 + R_9}{R_8 + R_9}$$

$$\frac{I_5}{I_7} = \frac{5R}{5R} \cdot \frac{9R}{6R} = \frac{3}{2}$$

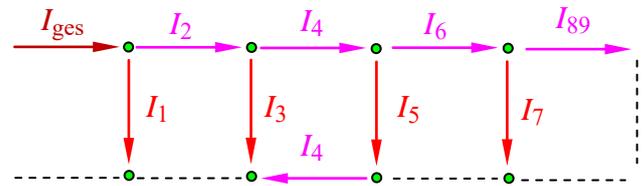


Bild ÜA_1_3.3.A_2: Anwendung der Stromteilerregel

- **OHMSches Gesetz:**

$$I_2 = \frac{U_q}{R_2 + R_3 \parallel \{R_4 + R_5 \parallel [R_6 + R_7 \parallel (R_8 + R_9)]\}} = \frac{U_q}{7R}$$

Ende der offiziellen Lösung

Zusatzaufgabe:

Von den Aufbauelementen der Schaltung sind folgende Werte bekannt: $U_q = 28 \text{ V}$ und $R = 1 \text{ k}\Omega$.

- Berechnen Sie für diesen Fall:
- den Gesamtstrom und die Leistung der Quelle
 - den Strom durch R_6 über die Stromteilerregel
 - die Spannung über R_7 über die Spannungsteilerregel.

Lösung:

$$\text{Zu a) } I_{\text{ges}} = \frac{U_q}{R_1 // (R_2 + R_3 // \{R_4 + R_5 // [R_6 + R_7 // (R_8 + R_9)]\})} = \frac{U_q}{\frac{14}{9}R}$$

$$I_{\text{ges}} = \frac{9U_q}{14R} = \frac{9 \cdot 28 \text{ V}}{14 \text{ k}\Omega} = 18 \text{ mA}$$

$$P_q (\text{Q-ZPS}) = U_q \cdot I_{\text{ges}} = 28 \text{ V} \cdot 18 \text{ mA} = 504 \text{ mW}$$

$$\text{Zu b) Ansatz: } \frac{I_6}{I_{\text{ges}}} = \frac{I_6}{I_4} \cdot \frac{I_4}{I_2} \cdot \frac{I_2}{I_{\text{ges}}}$$

$$\frac{I_6}{I_4} = \frac{R_5}{R_5 + R_6 + R_7 // (R_8 + R_9)} = \frac{5R}{10R} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{I_4}{I_2} = \frac{R_3}{R_3 + R_4 + R_5 // [R_6 + R_7 // (R_8 + R_9)]} = \frac{15R}{22,5R} = \frac{2}{3}$$

$$\frac{I_2}{I_{\text{ges}}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3 // \{R_4 + R_5 // [R_6 + R_7 // (R_8 + R_9)]\}} = \frac{2R}{9R} = \frac{2}{9}$$

$$\frac{I_6}{I_{\text{ges}}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{2}{9} = \frac{2}{27} \quad \Rightarrow \quad I_6 = \frac{2}{27} \cdot I_{\text{ges}} = \frac{2}{27} \cdot 18 \text{ mA} = 1,3 \text{ mA}$$

$$\text{Zu c) Ansatz: } \frac{U_7}{U_q} = \frac{U_7}{U_5} \cdot \frac{U_5}{U_3} \cdot \frac{U_3}{U_q}$$

$$\frac{U_7}{U_5} = \frac{R_7 // (R_8 + R_9)}{R_6 + R_7 // (R_8 + R_9)} = \frac{2R}{5R} = \frac{2}{5}$$

$$\frac{U_5}{U_3} = \frac{R_5 // [R_6 + R_7 // (R_8 + R_9)]}{R_4 + R_5 // [R_6 + R_7 // (R_8 + R_9)]} = \frac{2,5R}{7,5R} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{U_3}{U_q} = \frac{R_3 // \{R_4 + R_5 // [R_6 + R_7 // (R_8 + R_9)]\}}{R_2 + R_3 // \{R_4 + R_5 // [R_6 + R_7 // (R_8 + R_9)]\}} = \frac{5R}{7R} = \frac{5}{7}$$

$$\frac{U_7}{U_q} = \frac{2}{5} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{5}{7} = \frac{2}{21} \quad \Rightarrow \quad U_7 = \frac{2}{21} \cdot U_q = \frac{2}{21} \cdot 28 \text{ V} = 2,6 \text{ V}$$

Die Proben zur Zusatzaufgabe führen wir mit MICROCAP durch:

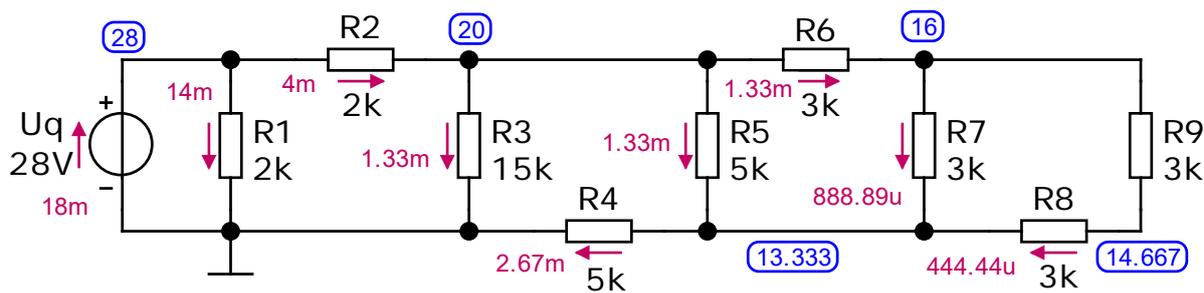


Bild ÜA_1_3.3.A_3: Arbeitspunktanalyse (Dynamic DC) mit MICROCAP

$$I_{ges} (\uparrow) = 18 \text{ mA} \qquad I_6 (\rightarrow) = 1,333 \text{ mA} \qquad U_7 (\downarrow) = 16 \text{ V} - 13,33 \text{ V} = 2,66 \text{ V}$$

Die Quelle gibt eine Gesamtleistung von $P_q = 504 \text{ mW}$ an die Schaltung ab. Die Angabe pq steht für Power Generated. Aus der Summe der Verbraucherleistungen pd (Power Dissipated) ergibt sich dann folgende Probe: $P_q = \sum P_v$. Da die Genauigkeit der Anzeige aus Platzgründen auf 1 digit reduziert werden musste, ist diese Probe hier nur näherungsweise durchführbar.

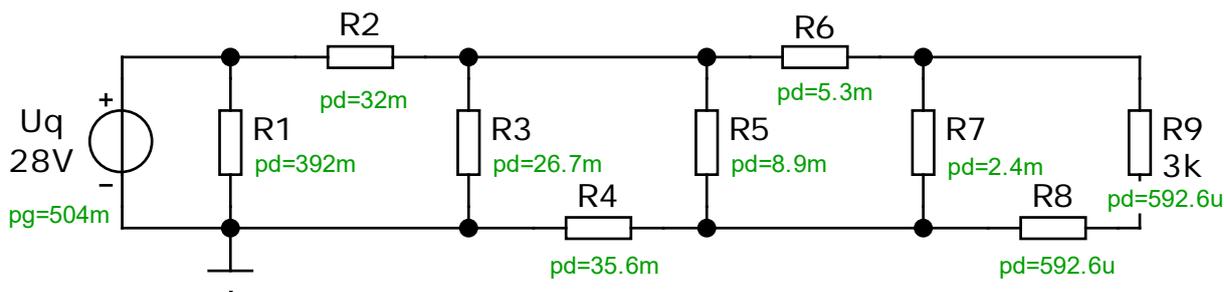


Bild ÜA_1_3.3.A_4: Leistungsanalyse (Dynamic DC) mit MICROCAP

Ende der zusätzlichen Lösung