

Prof. Dr.-Ing. Rainer Ose
Elektrotechnik für Ingenieure
– Grundlagen –
4. Auflage, 2008



Fachhochschule
Braunschweig/Wolfenbüttel
-University of Applied Sciences-

Probe zur Lösung der Berechnungsbeispiele BB_5.x: – 2. Fortsetzung –

Allgemeine Hinweise:

Eine zusätzliche Simulation ausgewählter Schaltungen der LB / BB 5.x mit **PSpICE** soll eine weitere Kontrolle der Lösungen ermöglichen und den Bearbeiter der Berechnungsbeispiele (**nach** dem Durchrechnen) zum Nachvollziehen dieser Simulationsergebnisse anregen.

Zur Bestimmung ausgewählter Spannungen und Ströme wird die Arbeitspunkt-Analyse eingesetzt. Informationen über die resultierende Quellenleistung findet man im Output-File unter:

TOTAL POWER DISSIPATION

Die Variation unterschiedlicher Lastfälle ist mit einem DC-Sweep möglich. Das Simulationsergebnis wird dann im PROBE-Fenster grafisch dargestellt.

Anmerkung:

Im Berechnungsbeispiel BB 5.17 sind lediglich die allgemeinen Gleichungssysteme über die Umlaufanalyse und die Knotenanalyse aufzustellen. Eine Simulation ist für dieses Beispiel kaum aussagefähig.



Hinweis:

Weitere Informationen zur Durchführung von PSpICE-Simulationen finden Sie unter:

Ose, R.: Elektrotechnik für Ingenieure. Bauelemente und Grundsaltungen mit PSpICE.
– München: Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, 2007

LB 5.5: Umlaufanalyse (1)

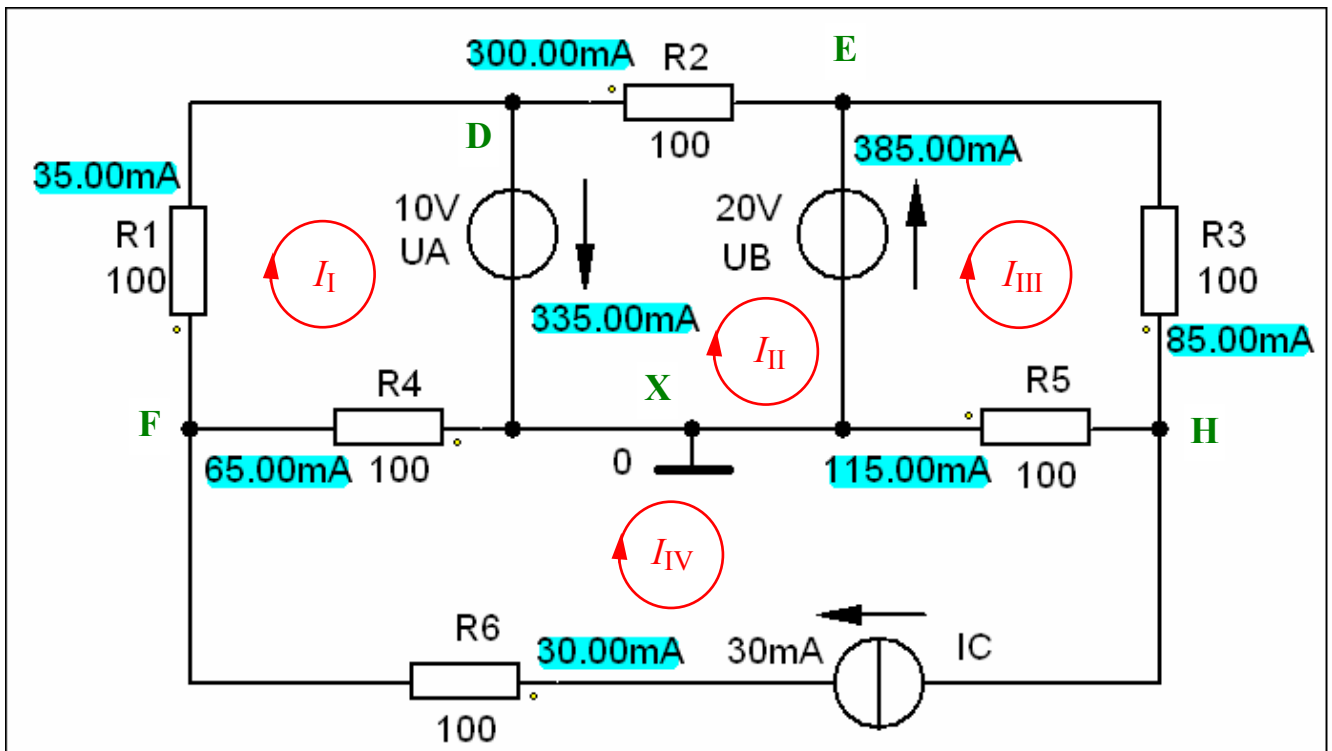


Bild LB 5.5: Simulationsschaltung mit den Ergebnissen einer Arbeitspunkt-Analyse zum LB 5.5

Mit den angenommenen Werten der Aufbauelemente des Netzwerkes fließen einige Ströme gegen die im Lehrbuch (allgemeine Lösung) festgelegten Richtungen (siehe Zählpfeile).

PSpICE: $I_I = -I_1(\downarrow) = -35 \text{ mA}$

Buch: $I_I = \frac{I_C R_4 - U_A}{R_1 + R_4} = \frac{-7}{0,2} \text{ mA} = -35 \text{ mA}$

PSpICE: $I_{II} = +I_2(\rightarrow) = +300 \text{ mA}$

Buch: $I_{II} = \frac{U_A + U_B}{R_2} = \frac{+30}{0,1} \text{ mA} = +300 \text{ mA}$

PSpICE: $I_{III} = -I_3(\uparrow) = -85 \text{ mA}$

Buch: $I_{III} = \frac{I_C R_5 - U_B}{R_3 + R_5} = \frac{-17}{0,2} \text{ mA} = -85 \text{ mA}$

Knotenpunktsatz (D):

PSpICE: $I_A(\uparrow) = I_1(\leftarrow) + I_2(\rightarrow) = 335 \text{ mA}$

Knotenpunktsatz (E):

PSpICE: $I_B(\downarrow) = I_2(\rightarrow) + I_3(\leftarrow) = 385 \text{ mA}$

Knotenpunktsatz (F):

PSpICE: $I_C(\uparrow) = -I_1(\downarrow) + I_4(\rightarrow) = 30 \text{ mA}$

Knotenpunktsatz (X):

PSpICE: $I_4(\rightarrow) = I_A(\uparrow) - I_B(\downarrow) + I_5(\rightarrow) = 65 \text{ mA}$

Knotenpunktsatz (H):

PSpICE: $I_5(\downarrow) = I_3(\uparrow) + I_C(\downarrow) = 115 \text{ mA}$

Die in den Klammern angegebenen Zählpfeile sind hier direkt am Knoten einzuzeichnen.

LB 5.6: Knotenanalyse (1)

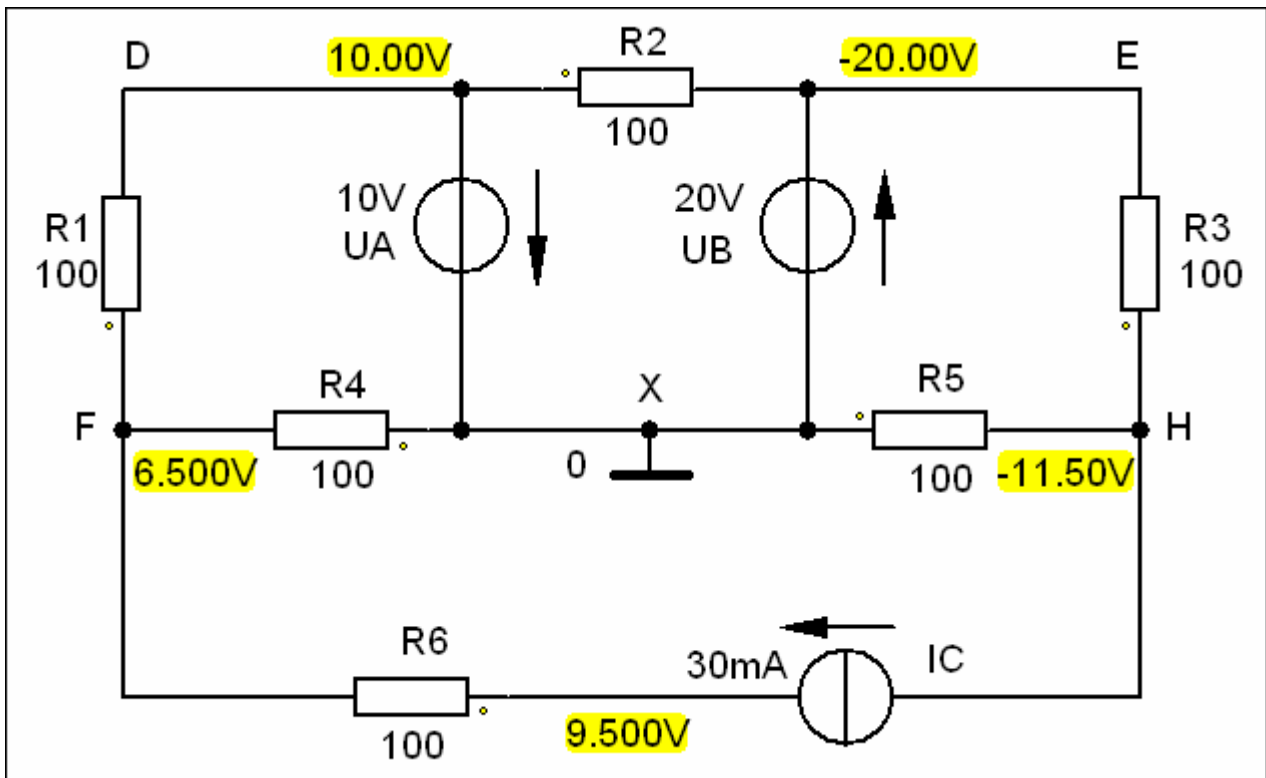


Bild LB 5.6: Simulationsschaltung mit den Ergebnissen einer Arbeitspunkt-Analyse zum LB 5.6

Bezugsknoten X ($\varphi_X = 0 \text{ V}$):

PSpICE: $\varphi_F = +6,5 \text{ V}$ Buch: $\varphi_F = \frac{I_C + U_A / R_1}{1/R_1 + 1/R_4} = \frac{130}{20} \text{ V} = +6,5 \text{ V}$

PSpICE: $\varphi_H = -11,5 \text{ V}$ Buch: $\varphi_H = \frac{-I_C - U_B / R_3}{1/R_3 + 1/R_5} = -\frac{230}{20} \text{ V} = -11,5 \text{ V}$

PSpICE: $U_C = +21 \text{ V}$ Buch: $U_C(\rightarrow) = \varphi_F - \varphi_H + I_C R_6 = (6,5 + 11,5 + 3) \text{ V} = +21 \text{ V}$

Maschensatz (unterer Umlauf im Uhrzeigersinn):

$$U_5(\rightarrow) + U_6(\rightarrow) - U_C(\rightarrow) + I_C R_6 = (6,5 + 11,5 - 21 + 3) \text{ V} = 0$$

Leistungen der Quellen:

Output-File: TOTAL POWER DISSIPATION 1.11E+01 WATTS ($\Sigma P_q = 11,1 \text{ W}$)

Probe (Q-ZPS): $\Sigma P_q = P_A + P_B + P_C = 3350 \text{ W} + 7700 \text{ W} + 630 \text{ W} = 11,68 \text{ W}$ (???)

PSpICE gibt offensichtlich nur die resultierende Leistung der Spannungsquellen (gerundet auf zwei Nachkommastellen) an. **Die Leistung der Stromquelle** wird leider ignoriert. Wenn man die Stromquelle I_C durch eine Spannungsquelle mit $U_C = 21 \text{ V}$ ersetzt, stimmt die Summe der Quellenleistungen wieder:

Output-File: TOTAL POWER DISSIPATION 1.17E+01 WATTS ($\Sigma P_q = 11,7 \text{ W}$)

BB 5.15: Umlaufanalyse (2)

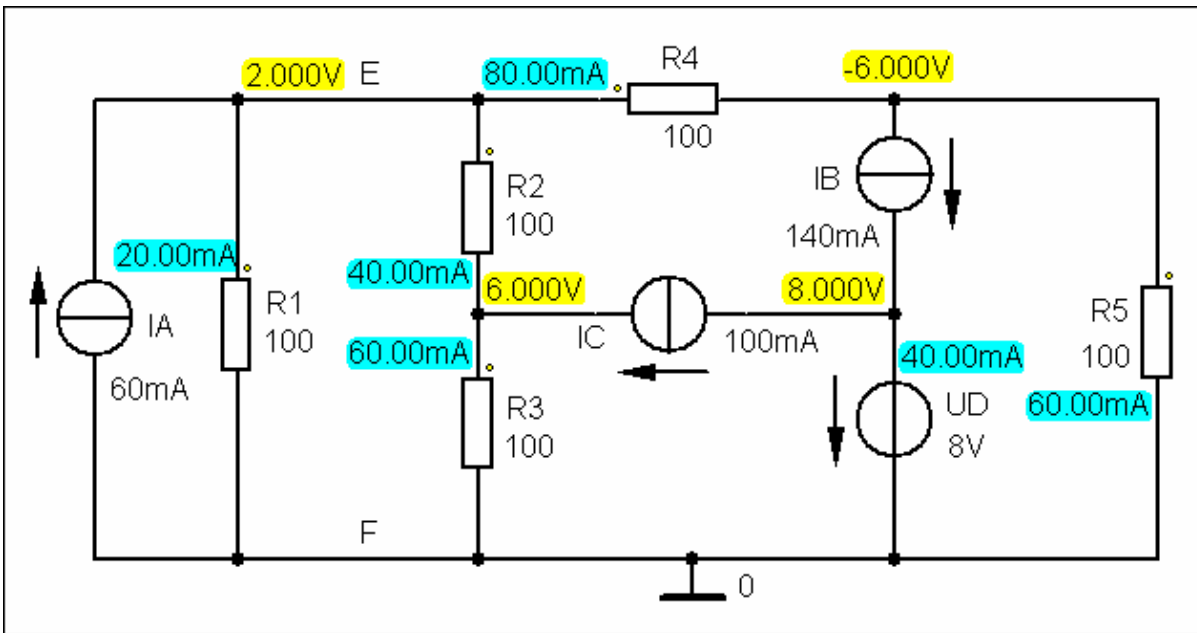


Bild BB 5.15_1: Simulationsschaltung mit den Ergebnissen einer Arbeitspunkt-Analyse zum BB 5.15

Output-File: TOTAL POWER DISSIPATION -3.20E-01 WATTS ($\Sigma P_{Uq} = -320 \text{ mW}$)

Das bekannte Problem: PSPICE gibt nur die Leistung der Spannungsquelle D an. Da der Strom der Quelle D mit einem positiven Wert in Richtung des Spannungszählpfeils U_D (\downarrow) fließt, ist diese Leistung nach dem Quellenzählpfeilsystem negativ. Die Quelle D nimmt Leistung vom Stromkreis auf.

Für die Überprüfung aller Quellenleistungen wird die reale Stromquelle A durch eine reale Spannungsquelle (siehe Lehrbuch und Bild BB 5.15_2) ersetzt. Dann gilt nach dem Q-ZPS:

$$\Sigma P_q = P_A + P_B + P_C + P_D = 240 \text{ mW} + 1960 \text{ mW} - 200 \text{ mW} - 320 \text{ mW} = 2200 \text{ mW} - 520 \text{ mW}$$

Die Quellen C und D wirken als Verbraucher (-520 mW) und wurden im Lehrbuch bei ΣP_V erfasst.

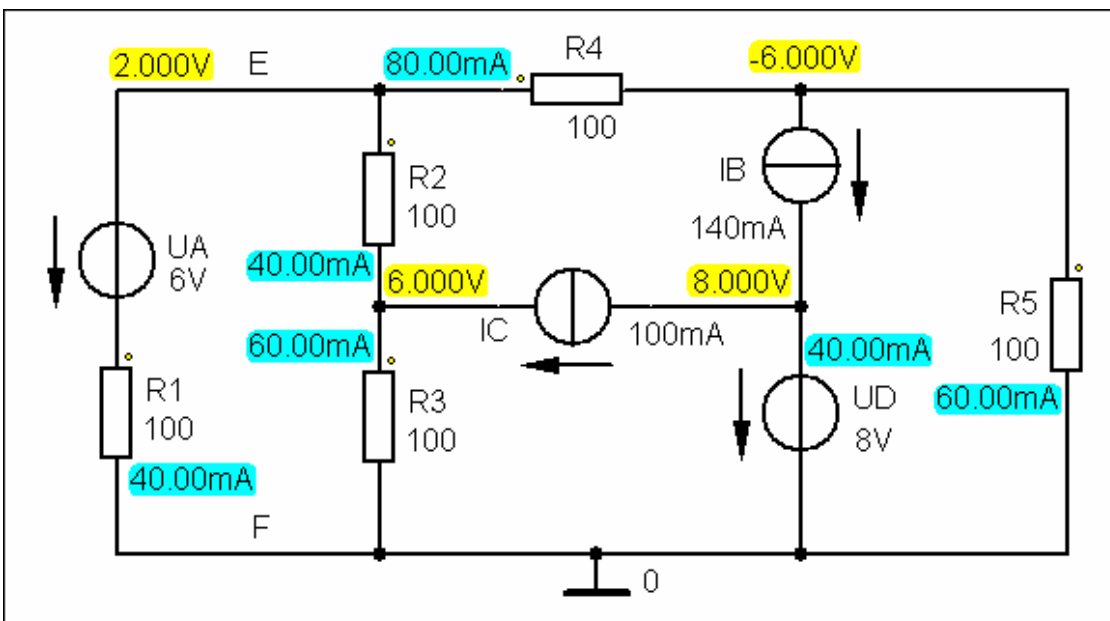


Bild BB 5.15_2: Simulationsschaltung mit den Ergebnissen einer Arbeitspunkt-Analyse zum BB 5.15

BB 5.16: Umlaufanalyse (3)

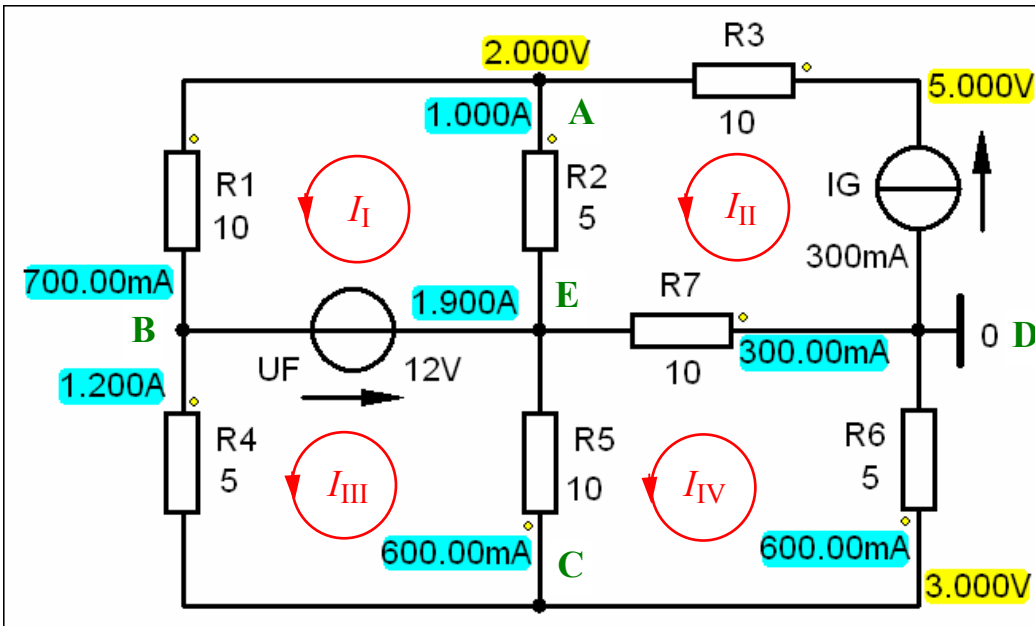


Bild BB 5.16: Simulationsschaltung mit den Ergebnissen einer Arbeitspunkt-Analyse zum BB 5.16

TOTAL POWER DISSIPATION 2.28E+01 WATTS (PSICE arbeitet im Q-ZPS; P_G fehlt)

Mit den gegebenen Werten der Aufbauelemente des Netzwerkes fließt der Strom I_1 gegen die im Lehrbuch festgelegte Richtung (siehe Zählpfeile).

PSICE: $I_1 = -I_1(\uparrow) = -700 \text{ mA}$ Buch: $I_1(\downarrow) = -700 \text{ mA}$

PSICE: $I_{III} = +I_4(\downarrow) = +1,2 \text{ A}$ Buch: $I_4(\downarrow) = +1,2 \text{ A}$

PSICE: $I_{IV} = +I_6(\uparrow) = +600 \text{ mA}$ Buch: $I_6(\uparrow) = +600 \text{ mA}$

Knotenpunktsatz (A):

PSICE: $I_2(\downarrow) = I_G(\leftarrow) + I_1(\rightarrow) = 1 \text{ A}$

Knotenpunktsatz (B):

PSICE: $I_F(\leftarrow) = I_4(\downarrow) + I_1(\uparrow) = 1,9 \text{ A}$

Knotenpunktsatz (C):

PSICE: $I_5(\uparrow) = -I_6(\rightarrow) + I_4(\rightarrow) = 600 \text{ mA}$

Knotenpunktsatz (D):

PSICE: $I_7(\leftarrow) = I_6(\uparrow) - I_G(\uparrow) = 300 \text{ mA}$

Masche (II):

PSICE: $U_G(\downarrow) = U_3(\leftarrow) + U_2(\downarrow) - U_7(\leftarrow) = 3 \text{ V} + 5 \text{ V} - 3 \text{ V} = +5 \text{ V}$

Leistungen der Quellen (Q-ZPS): $P_F = 12 \text{ V} \cdot (+1,9 \text{ A}) = +22,8 \text{ W}$

$P_G = (+5 \text{ V}) \cdot 300 \text{ mA} = +1,5 \text{ W}$

Die in den Klammern angegebenen Zählpfeile sind hier direkt am Knoten einzuzeichnen.

BB 5.18: Knotenanalyse (2)

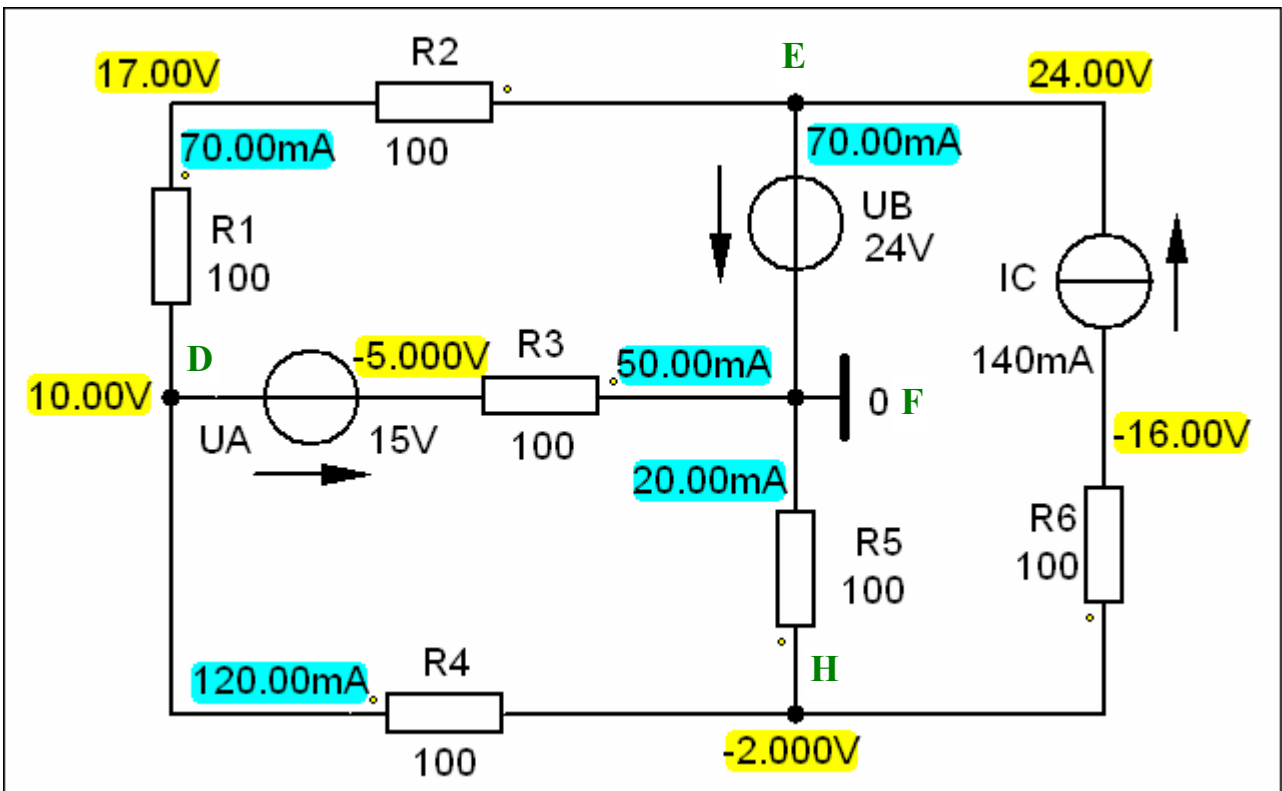


Bild BB 5.18: Simulationsschaltung mit den Ergebnissen einer Arbeitspunkt-Analyse zum BB 5.18

Bezugsknoten F ($\varphi_F = 0 \text{ V}$):

PSpICE: $\varphi_D = +10 \text{ V}$ und: $\varphi_H = -2 \text{ V}$

Zweigströme:

PSpICE:
$$I_1(\downarrow) = \frac{\varphi_E - \varphi_D}{R_1 + R_2} = \frac{24 - 10}{0,2} \text{ mA} = +70 \text{ mA}$$

PSpICE:
$$I_4(\rightarrow) = \frac{\varphi_D - \varphi_H}{R_4} = \frac{10 - (-2)}{0,1} \text{ mA} = +120 \text{ mA}$$

PSpICE:
$$I_5(\downarrow) = \frac{\varphi_F - \varphi_H}{R_5} = \frac{0 - (-2)}{0,1} \text{ mA} = +20 \text{ mA}$$

Knotenpunktsatz (D):

PSpICE:
$$I_A(\leftarrow) = I_4(\leftarrow) - I_1(\rightarrow) = +50 \text{ mA}$$

Knotenpunktsatz (E):

PSpICE:
$$I_B(\downarrow) = I_C(\leftarrow) - I_1(\rightarrow) = 70 \text{ mA} \text{ (also positiv in Richtung } U_B \Rightarrow \text{ Verbraucher)}$$

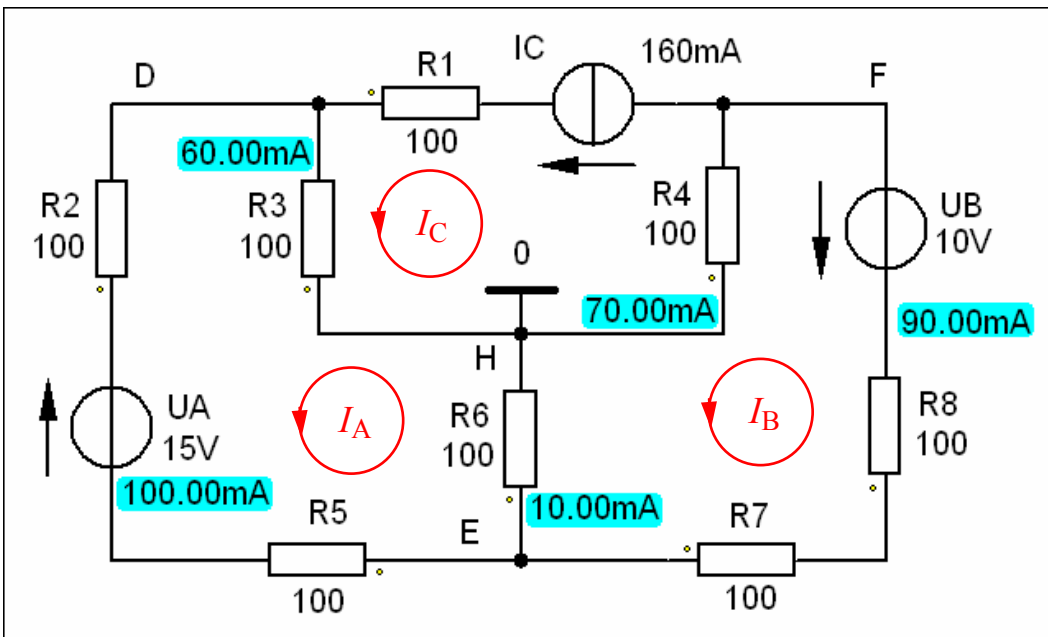
Die in den Klammern angegebenen Zählpfeile sind hier direkt am Knoten einzuzeichnen.

Masche (rechts) im UZS:

PSpICE:
$$U_C(\downarrow) = U_B(\downarrow) + U_5(\downarrow) + U_6(\uparrow) = 24 \text{ V} + 2 \text{ V} + 14 \text{ V} = +40 \text{ V}$$

BB 5.19: Komplexbeispiel

a) Umlaufanalyse:

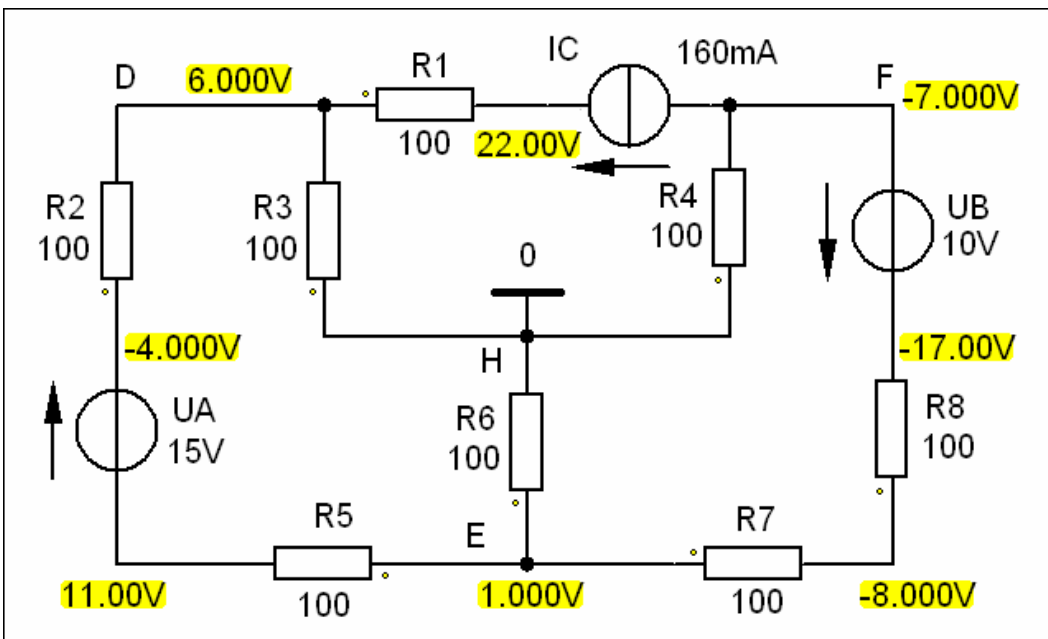


Betriebsfall:
 $I_6 (\uparrow) = 10 \text{ mA}$

Bild BB 5.19_1: Simulationsschaltung mit den Ergebnissen einer Arbeitspunkt-Analyse zum BB 5.19.a)

BB 5.19: Komplexbeispiel

c) Knotenanalyse



Betriebsfall:
 $U_6 (\uparrow) = 1 \text{ V}$

Bild BB 5.19_2: Simulationsschaltung mit den Ergebnissen einer Arbeitspunkt-Analyse zum BB 5.19.c)

BB 5.19: Komplexbeispiel

b1) Zweipoltheorie (Spannungsquellen-Ersatzschaltung)

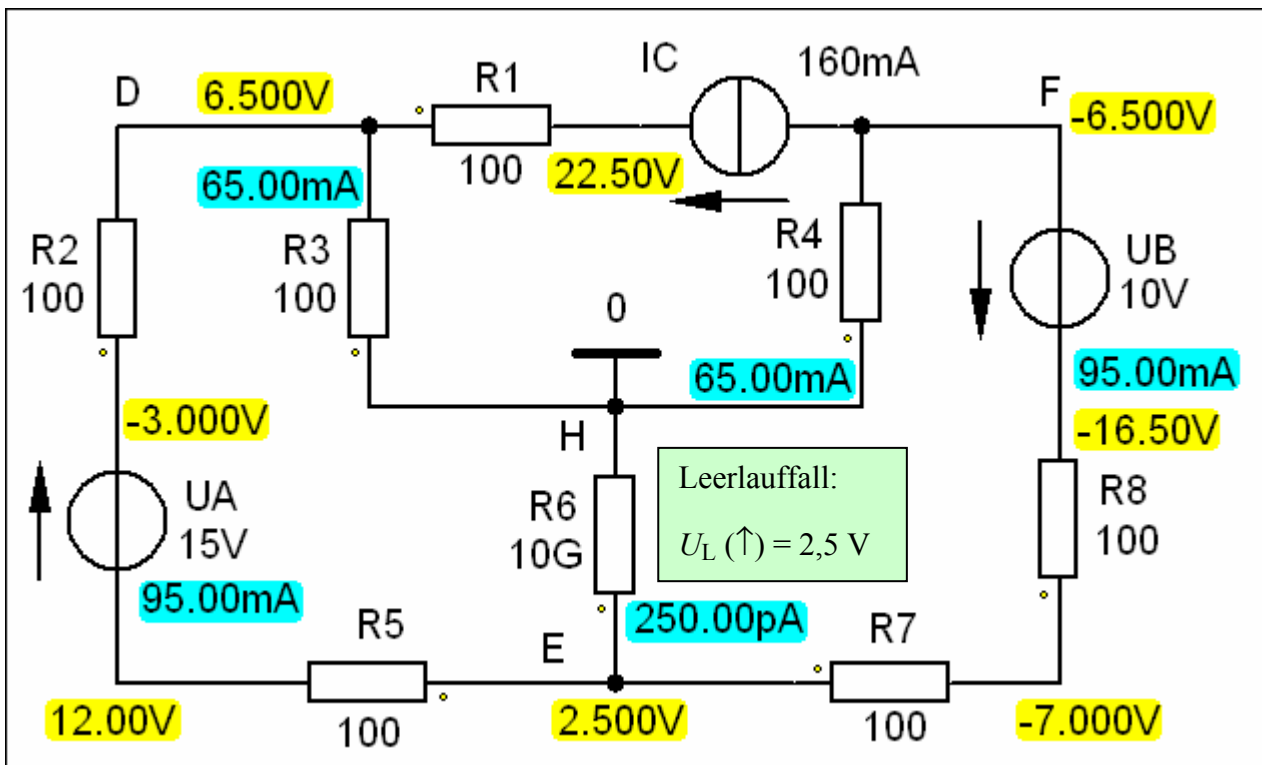


Bild BB 5.19_2: Simulationsschaltung mit den Ergebnissen einer Arbeitspunkt-Analyse zum BB 5.19.b1)

$$U_6 = U_L \cdot \frac{R_6}{R_i + R_6} = 2,5 \text{ V} \cdot \frac{100 \text{ } \Omega}{250 \text{ } \Omega} = 2,5 \text{ V} \cdot \frac{2}{5} = 1 \text{ V}$$

aus b1) und b2) folgt:

$$R_i = \frac{U_L}{I_K} = \frac{2,5 \text{ V}}{16,6 \text{ mA}} = 150 \text{ } \Omega$$

BB 5.19: Komplexbeispiel

b2) Zweipoltheorie (Stromquellen-Ersatzschaltung)

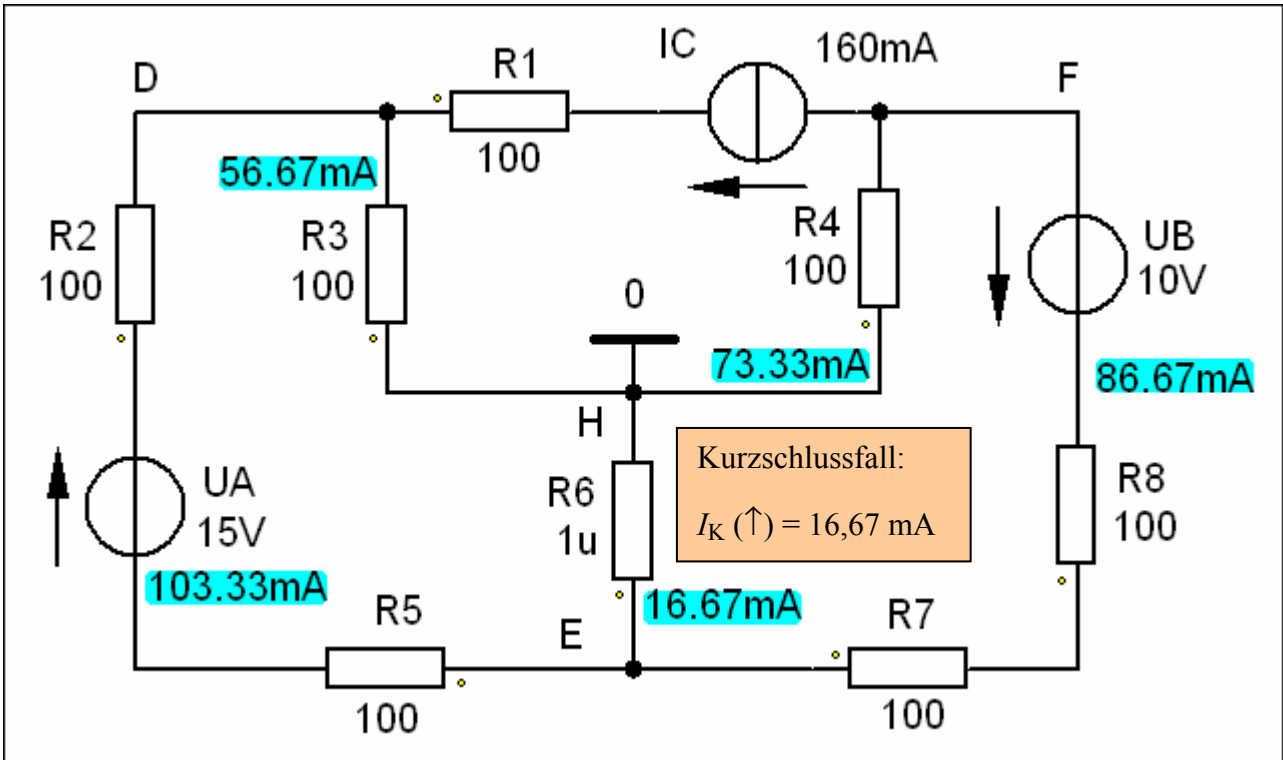


Bild BB 5.19_3: Simulationsschaltung mit den Ergebnissen einer Arbeitspunkt-Analyse zum BB 5.19.b2)

$$I_6 = I_K \cdot \frac{R_i}{R_i + R_6} = 16,6 \text{ mA} \cdot \frac{150 \Omega}{250 \Omega} = 16,6 \text{ mA} \cdot \frac{3}{5} = 10 \text{ mA} \quad \text{und:} \quad U_6 = I_6 \cdot R_6 = 1 \text{ V}$$

aus b1) und b2) folgt:

$$R_i = \frac{U_L}{I_K} = \frac{2,5 \text{ V}}{16,6 \text{ mA}} = 150 \Omega$$

BB 5.19: Komplexbeispiel

d) Leistungen der Quellen im Q-ZPS

$$P_A = 15 \text{ V} \cdot (+ 100 \text{ mA}) = + 1,5 \text{ W}$$

$$P_B = 10 \text{ V} \cdot (+ 90 \text{ mA}) = + 0,9 \text{ W}$$

$$P_C = (+ 29 \text{ V}) \cdot 160 \text{ mA} = + 4,64 \text{ W}$$

$$P_A + P_B + P_C = + 7,04 \text{ W}$$

- Output-File [Netzwerk mit $I_C (\leftarrow) = 160 \text{ mA}$]:

TOTAL POWER DISSIPATION 2.40E+00 WATTS (P_C fehlt !)

Nun wird die Stromquelle C durch eine Spannungsquelle U_C ersetzt, die die gleiche Quellenspannung $U_C (\rightarrow) = 29 \text{ V}$ liefert, wie die Stromquelle C im ursprünglichen Betriebsfall.

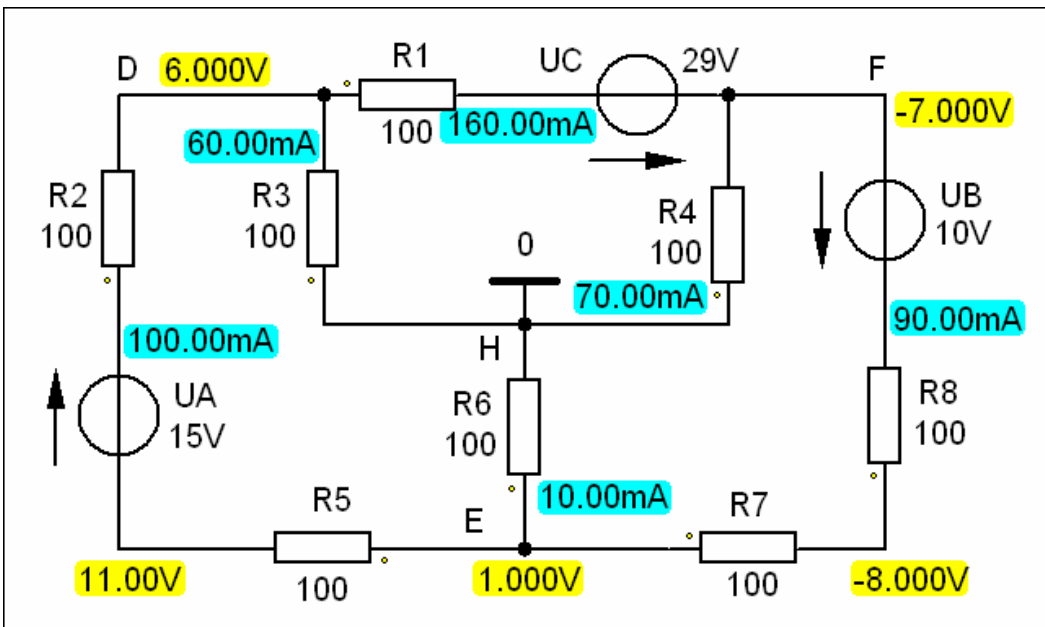


Bild BB 5.19_5: Simulationsschaltung mit den Ergebnissen einer Arbeitspunkt-Analyse zum BB 5.19.d)

- Output-File [Netzwerk mit $U_C (\rightarrow) = 29 \text{ V}$]:

TOTAL POWER DISSIPATION 7.04E+00 WATTS (stimmt !)