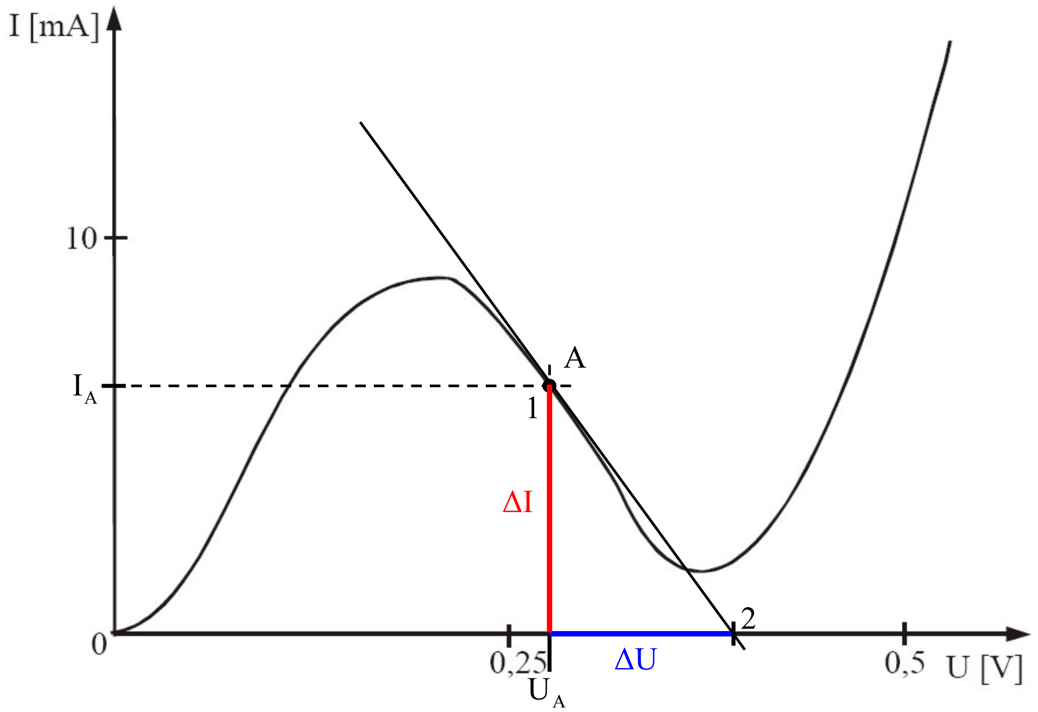
Der Schnittpunkt der Arbeitspunktspannung $U_A = 0{,}275\text{V}$ mit der Kennlinie wird auf der Ordinate abgelesen. Damit erhält man den Arbeitspunktstrom I_A.



Im Arbeitspunkt wird eine Tangente an die Kennlinie gelegt. An dieser Tangente wählt man zwei Punkte, welche für die Berechnung des differenziellen Widerstands herangezogen werden:

$$U_1 = 0{,}275\text{V}\,;\; I_1 = 6{,}16\text{mA} = I_A$$
$$U_2 = 0{,}390\text{V}\,;\; I_2 = 0\text{mA}$$

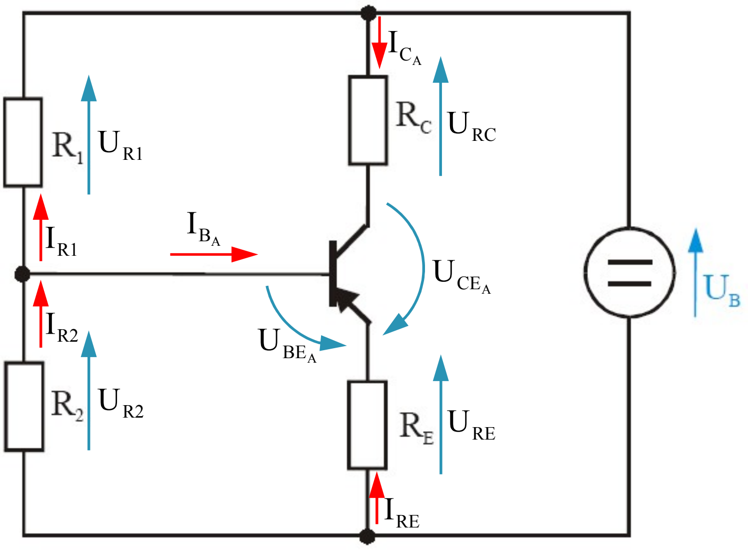
Daraus ergibt sich für r_d: $\underline{\underline{r_d}} = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1} = \frac{0{,}390\text{V} - 0{,}275\text{V}}{0\text{mA} - 6{,}16\text{mA}} = \frac{0{,}115\text{V}}{-6{,}16\text{mA}} = \underline{\underline{-18{,}66\Omega}}$

Der Gleichstromwiderstand ist der Widerstand im Arbeitspunkt. Also:

$$\underline{\underline{r_G}} = \frac{U_A}{I_A} = \frac{0{,}275\text{V}}{6{,}16\text{mA}} = \underline{\underline{44{,}64\Omega}}$$

University of Applied Sciences Cologne Campus Gummersbach Dipl.-Ing. (FH) Dipl.-Wirt. Ing. (FH) G. Danielak	Prüfung 2007-3_2 Aufgabe ET3	Lösung Seite-02 Stand: 19.03.2006; R0

Zunächst werden alle Spannungen und Ströme in die Schaltung eingezeichnet.



Es gilt:

$$U_B = 40V$$

$$|U_{RE}| = 0{,}15 \cdot U_B = 0{,}15 \cdot 40V = 6V$$

$$B = 400 = \frac{I_{C_A}}{I_{B_A}}$$

$$\Leftrightarrow I_{B_A} = \frac{I_{C_A}}{B} = \frac{-100mA}{400} = -250\mu A$$

$$|I_{R2}| = 20 \cdot |I_{B_A}| = 20 \cdot |-250\mu 5| = 5mA$$

$$U_{CE_A} = -20V$$

$$I_{C_A} = -100mA$$

$$U_{BE_A} = -0{,}70V$$

Über die üblichen Maschen und Knotensätze werden die vier gesuchten Widerstände bestimmt:

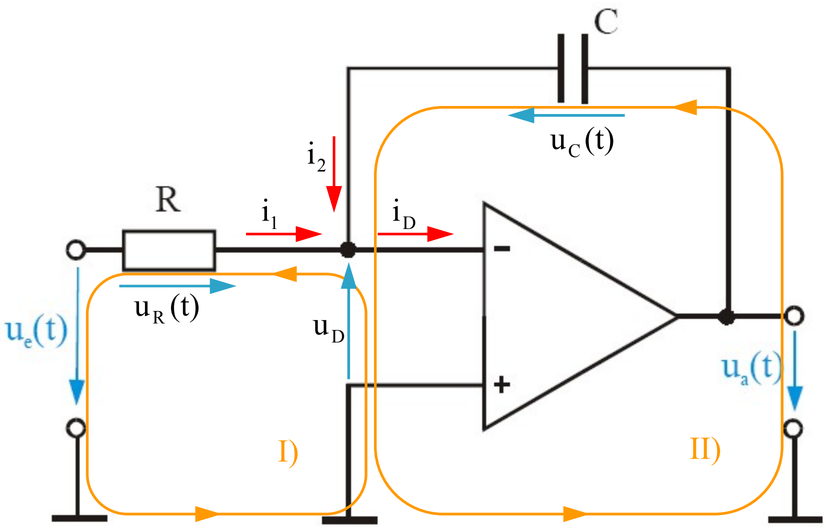
$$\underline{\underline{R_C}} = \frac{-U_{RC}}{I_{C_A}} = \frac{-\left(U_B + U_{CE_A} - U_{R_E}\right)}{I_{C_A}} = \frac{-(40V + \overbrace{(-20V)}^{+U_{CE_A}} - 6V)}{-100mA} = \frac{14V}{-100mA} = \underline{\underline{140\Omega}}$$

$$\underline{\underline{R_E}} = \frac{U_{RE}}{I_{RE}} = \frac{U_{RE}}{-I_{C_A} - I_{B_A}} = \frac{U_{RE}}{(-I_{C_A}) + \underbrace{(-I_{B_A})}_{-I_{B_A}}} = \frac{6V}{100mA + 250\mu A} = \frac{6V}{100{,}25mA} = \underline{\underline{59{,}85\Omega}}$$

$$\underline{\underline{R_2}} = \frac{U_{R2}}{I_{R2}} = \frac{U_{RE} - U_{BE_A}}{20 \cdot |I_{B_A}|} = \frac{6V - \overbrace{(-0{,}70V)}^{+U_{BE_A}}}{20 \cdot 250\mu A} = \frac{6{,}70V}{5mA} = \underline{\underline{1{,}34k\Omega}}$$

$$\underline{\underline{R_1}} = \frac{U_{R1}}{I_{R1}} = \frac{U_B - U_{R2}}{I_{R2} - I_{BA}} = \frac{40V - 6{,}70V}{5mA - \underbrace{(-250\mu A)}_{+I_{BA}}} = \frac{33{,}30V}{5{,}25mA} = \underline{\underline{6{,}34k\Omega}}$$

Bei dieser Schaltung wird – wie im Tutorium beschrieben – eine Masche an den Eingang und eine Masche an den Ausgang gelegt. Anschließend wird die Knotengleichung im Eingang herangezogen, um die Ausgangsspannung als Funktion der Eingangsspannung darzustellen.



Man kann bei den Spannungen $u_e(t)$ und $u_a(t)$ davon ausgehen, dass sie wie eine Quellenspannung wirken. Daher fließt der Strom aus dem Pol heraus, bei dem der Spannungspfeil beginnt.
Wegen des in der Aufgabenstellung beschriebenen idealen Operationsverstärkers können die Spannung u_D als auch der Strom i_D als Null angesehen werden.
Daher kommen folgende Maschen und Knotengleichung zustande:

I) $+u_e(t) - u_R(t) = 0 \Leftrightarrow +u_e(t) = u_R(t) = i_1 \cdot R$

II) $-u_a(t) + u_C(t) = 0 \Leftrightarrow +u_a(t) = u_C(t) = \frac{1}{C}\int i_2 \cdot dt$

$+i_1 + i_2 = 0 \Leftrightarrow i_2 = -i_1$

Man drückt in Masche I) den Strom durch das ohmsche Gesetz aus: $u_R(t) = i_1 \cdot R \Leftrightarrow i_1 = \frac{u_R(t)}{R} = \frac{u_e(t)}{R}$

Diesen Strom setzt man mittels der Knotengleichung in Masche II) ein:

$$\underline{\underline{u_a(t)}} = u_C(t) = \frac{1}{C}\int i_2 \cdot dt = \frac{1}{C}\int(-i_1)\cdot dt = \frac{1}{C}\int\left(-\frac{u_e(t)}{R}\right)\cdot dt = \underline{\underline{-\frac{1}{R\cdot C}\int u_e(t)\cdot dt}}$$

Löst man das Integral auf so erhält man:

$$u_a(t) = -\frac{1}{R\cdot C}\int u_e(t)\cdot dt = -\frac{1}{R\cdot C}\int[\hat{u}_e \cdot \sin(\omega t + \varphi)]\cdot dt = -\frac{\hat{u}_e}{R\cdot C}\int \sin(\omega t+\varphi)\cdot dt = \frac{\hat{u}_e}{R\cdot C}\cdot\cos(\omega t+\varphi)\cdot\frac{1}{\omega}$$

$$\Leftrightarrow u_a(t) = \underbrace{\frac{\hat{u}_e}{R\cdot\omega\cdot C}}_{\hat{u}_a}\cdot\cos(\omega t+\varphi)$$

Demnach ergibt sich nach dem Einsetzen der Werte folgende Lösung für den Scheitelwert der Ausgangsspannung:

$$\underline{\underline{\hat{u}_a}} = \frac{\hat{u}_e}{R\cdot\omega\cdot C} = \frac{5V}{100\Omega\cdot\underbrace{2\cdot\pi\cdot 1kHz}_{\omega}\cdot 10\mu F} = \frac{5V}{6{,}28} = \underline{\underline{796{,}17mV}}$$

Anmerkung: Die Einheiten im Nenner heben sich alle auf (!): $[R]\cdot[\omega]\cdot[C] = \Omega\cdot Hz\cdot F = \underbrace{\frac{V}{A}}_{\Omega}\cdot\underbrace{\frac{1}{s}}_{Hz}\cdot\underbrace{\frac{As}{V}}_{F} = 1$

Zuerst überträgt man alle Einsen und Nullen in das KV-Diagramm. Anschließend werden die übrig gebliebenen Felder mit einem „*“ ausgefüllt – sie stellen die so genannten „don't care-Terme“ dar.

S	A	A	$\overline{A}$	$\overline{A}$	
B	1	*	*	0	$\overline{D}$
B	*	1	0	0	D
$\overline{B}$	1	1	0	1	D
$\overline{B}$	*	0	*	1	$\overline{D}$
	$\overline{C}$	C	C	$\overline{C}$	

$$S = \underbrace{(A \wedge B)}_{\text{rot}} \vee \underbrace{(A \wedge D)}_{\text{grün}} \vee \underbrace{(\overline{B} \wedge \overline{C})}_{\text{blau}}$$

Theoretisch wäre auch das rote Viererpaket $(A \wedge \overline{C})$ möglich gewesen.

Die dazugehörige Schaltung sieht wie folgt aus: