

# Lösungsübersicht ET1 W 2009/10 TK2

Die Lösungen sind z.T. ausführlicher kommentiert und diskutiert als es während einer Klausur möglich ist.

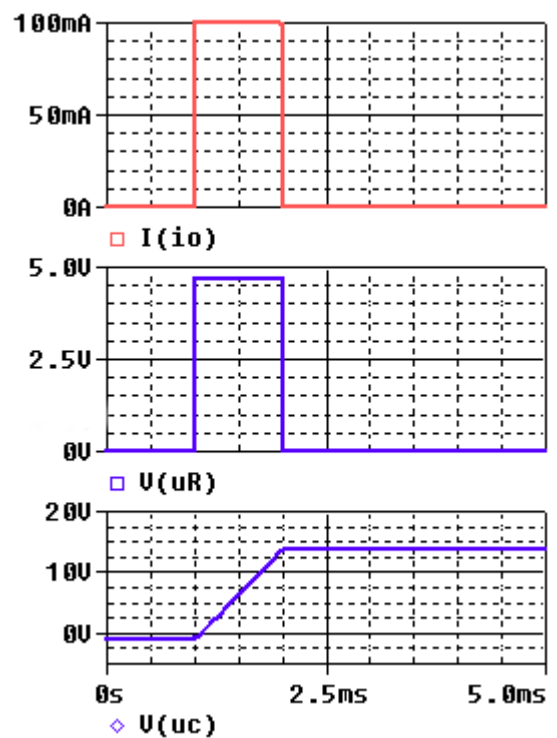
## Kurzfassung

1.1  $U_3 = -I_0 R_2$

1.2  $U_3 = -3 \text{ V}$ ,  $I_{\text{out}} = -3,441 \text{ mA}$

2 
$$\frac{u_R(t)}{\text{V}} = \begin{cases} 0 & -1 \leq t/\text{ms} < 1 \\ 4,7 & 1 \leq t/\text{ms} < 2 \\ 0 & 2 \leq t/\text{ms} < 5 \end{cases}$$

$$\frac{u_C(t)}{\text{V}} = \begin{cases} 0 & -1 \leq t/\text{ms} < 1 \\ -1 + 14,7 \cdot \left( \frac{t}{\text{ms}} - 1 \right) & 1 \leq t/\text{ms} < 2 \\ 13,7 & 2 \leq t/\text{ms} < 5 \end{cases}$$



3.1  $R_{T20} = 100 \Omega$

3.2 
$$R_T = R \frac{\left( 1 + 2 \frac{U_{MU}}{U_0} \right)}{\left( 1 - 2 \frac{U_{MU}}{U_0} \right)} \quad R_T = R \frac{\left( R + 3 \frac{U_{MI}}{I_0} \right)}{\left( R - \frac{U_{MI}}{I_0} \right)}$$

$\alpha_{20} = 4,1 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$

1

## Schaltung mit idealem Operationsverstärker

[12]

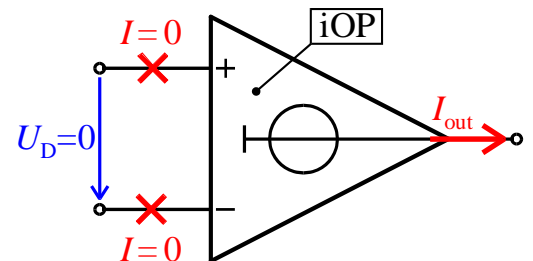
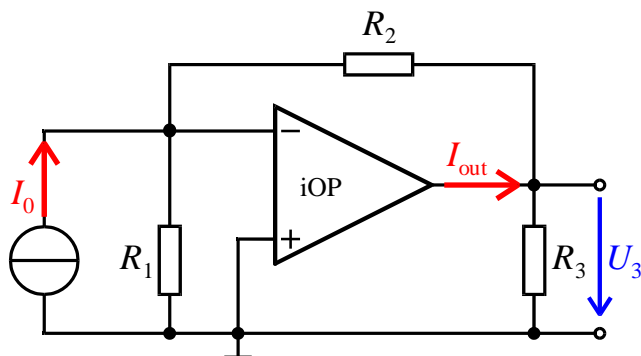
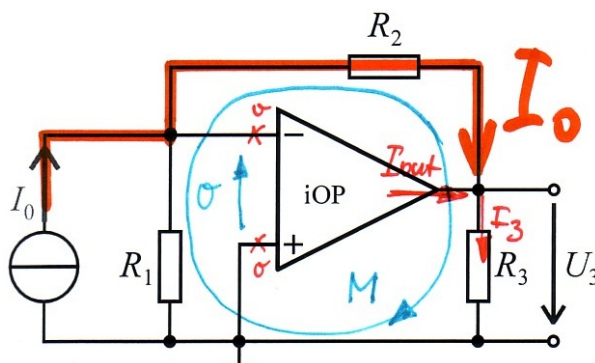


Abb. 1: Schaltung mit Operationsverstärker

Idealer Operationsverstärker

1.1 Spannungsabfall  $U_3$  in **allgemeiner** RechnungMaschensatz liefert  $U_3$ :

$$I_0 R_2 + U_3 = 0$$

$$\underline{U_3 = -I_0 R_2}$$

1.2 Spannungswert  $U_3$  und Stromwert  $I_{out}$ 

$$I_0 = 3 \text{ mA}, R_1 = 4,7 \text{ k}\Omega, R_2 = 1 \text{ k}\Omega, \text{ und } R_3 = 6,8 \text{ k}\Omega$$

$$U_3 = -I_0 R_2 = -3 \text{ mA} \cdot 1 \text{ k}\Omega$$

$$\underline{U_3 = -3 \text{ V}}$$

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{-3 \text{ V}}{6,8 \text{ k}\Omega} = -441 \mu\text{A}$$

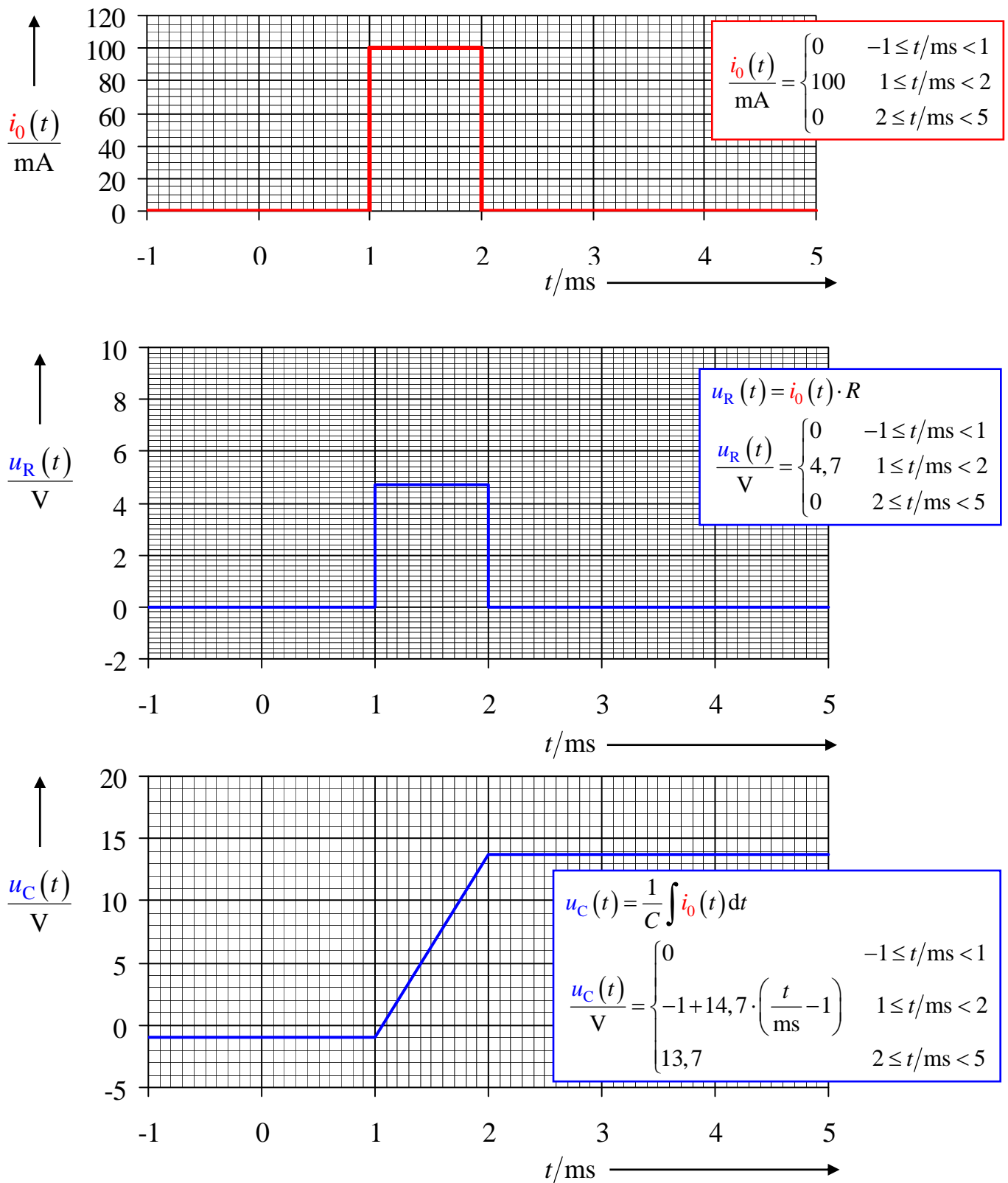
$$I_{out} = I_3 - I_0 = -441 \mu\text{A} - 3 \text{ mA}$$

$$\underline{\underline{I_{out} = -3,441 \text{ mA}}}$$

2

## Stromimpuls-Antwort

[14]



**Abb. 3:** Diagramme der Zeitfunktionen  $i_0(t)$ ,  $u_R(t)$ ,  $u_C(t)$

## 3

## Temperaturabhängiger Widerstand

[19]

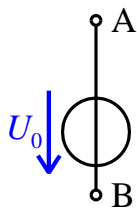
3.1 Bezugswert  $R_T(20^\circ \text{C}) = R_{T20}$

Damit sich die Messspannung  $U_M = 0,00 \text{ mV}$  ergibt, muss der temperaturabhängige Widerstand  $R_T$  wegen  $R_1 = R_2 = R_3 = 100 \Omega$  den Wert  $R_{T20} = 100 \Omega$  annehmen.

3.2 Temperaturkoeffizient  $\alpha_{20}$  des Widerstands  $R_T$

Zur Berechnung von  $\alpha_{20} = \frac{1}{R_{T20}} \left[ \frac{R_{T40} - R_{T20}}{(40 - 20)\text{K}} \right]$  wird  $R_{T40}$  **auf zwei Wegen ermittelt**:

### 👉 Rechenweg $U_0$



Spannungsspeisung

$$U_0 = 10,00 \text{ V}$$

$$U_{MU} = 196,93 \text{ mV}$$

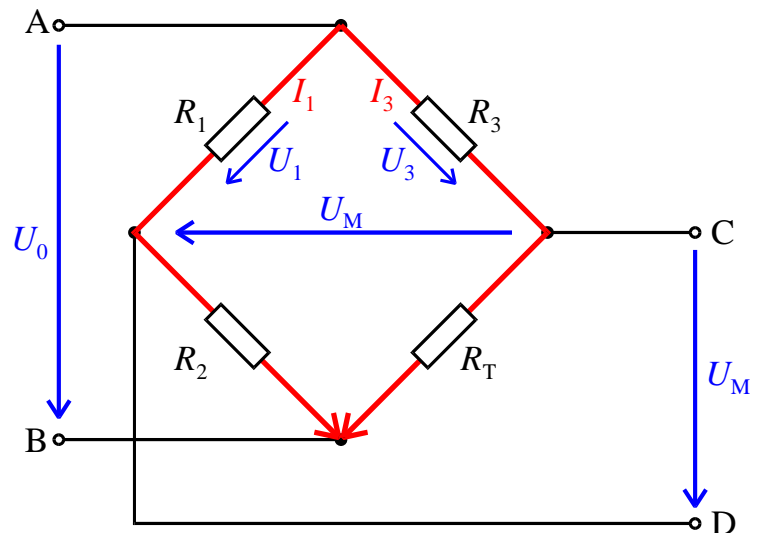
$$U_{MU} = U_M = U_1 - U_3$$

Anwendung der **Spannungsteilerrregel**:

$$U_1 = U_0 \frac{R_1}{(R_1 + R_2)}, \quad U_3 = U_0 \frac{R_3}{(R_3 + R_T)}$$

$$\frac{U_M}{U_0} = \frac{R_1}{(R_1 + R_2)} - \frac{R_3}{(R_3 + R_T)}$$

$$\text{Umstellen nach } R_T: \quad \frac{R_1}{(R_1 + R_2)} - \frac{U_M}{U_0} = \frac{R_3}{(R_3 + R_T)}$$



$$R_T = \frac{R_3}{\frac{R_1}{(R_1 + R_2)} - \frac{U_M}{U_0}} - R_3 = \frac{R_3}{\frac{R_1 U_0 - (R_1 + R_2) U_M}{(R_1 + R_2) U_0}} - R_3$$

$$R_T = R_3 \left[ \frac{(R_1 + R_2) U_0}{R_1 U_0 - (R_1 + R_2) U_M} - 1 \right]$$

Mit  $R_1 = R_2 = R_3 = R$  wird:

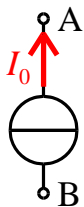
$$R_T = \frac{2RU_0}{U_0 - 2U_M} - R = R \left( \frac{U_0 + 2U_M}{U_0 - 2U_M} \right)$$

$$R_T = R \left( \frac{1 + 2 \frac{U_M}{U_0}}{1 - 2 \frac{U_M}{U_0}} \right) \quad U_M = U_{MU} = 196,93 \text{ mV}, \quad U_0 = 10,00 \text{ V}$$

$$R_T = R_{T40} = 108,200 \text{ } \Omega \Rightarrow \alpha_{20} = \frac{1}{100 \text{ } \Omega} \left[ \frac{8,200 \text{ } \Omega}{(40 - 20) \text{ K}} \right] = 4,1 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

$\alpha_{20} = 4,1 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$  entspricht dem TK von Wolfram

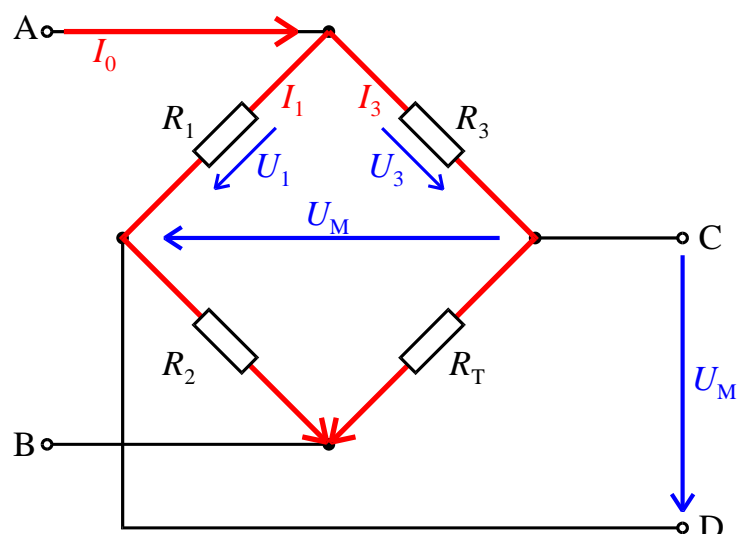
## ☞ Rechenweg I o



Stromspeisung

$$I_0 = 100,0 \text{ mA}$$

$$U_{MI} = 200,88 \text{ mV}$$



$$U_{MI} = U_M = U_1 - U_3 \quad U_1 = I_1 R_1 \quad U_3 = I_3 R_3$$

Anwendung der **Stromteilerregel**:

$$I_1 = I_0 \frac{R_3 + R_T}{R_1 + R_2 + R_3 + R_T}$$

$$I_3 = I_0 \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + R_3 + R_T}$$

$$\frac{U_M}{I_0} = \frac{R_3 + R_T}{R_1 + R_2 + R_3 + R_T} - \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + R_3 + R_T}$$

Umstellung nach  $R_T$  und  $R_1 = R_2 = R_3 = R$ :

$$\frac{U_M}{I_0} = \frac{R(R + R_T) - 2R^2}{3R + R_T}$$

$$\frac{U_M}{I_0} (3R + R_T) = R(R + R_T) - 2R^2$$

$$3R \frac{U_M}{I_0} + R_T \frac{U_M}{I_0} = R^2 + RR_T - 2R^2$$

$$R_T \left( \frac{U_M}{I_0} - R \right) = -3R \frac{U_M}{I_0} - R^2$$

$$R_T = R \frac{\left( R + 3 \frac{U_M}{I_0} \right)}{\left( R - \frac{U_M}{I_0} \right)} \quad U_M = U_{MI} = 200,88 \text{ mV}, \quad I_0 = 100,0 \text{ mA}$$

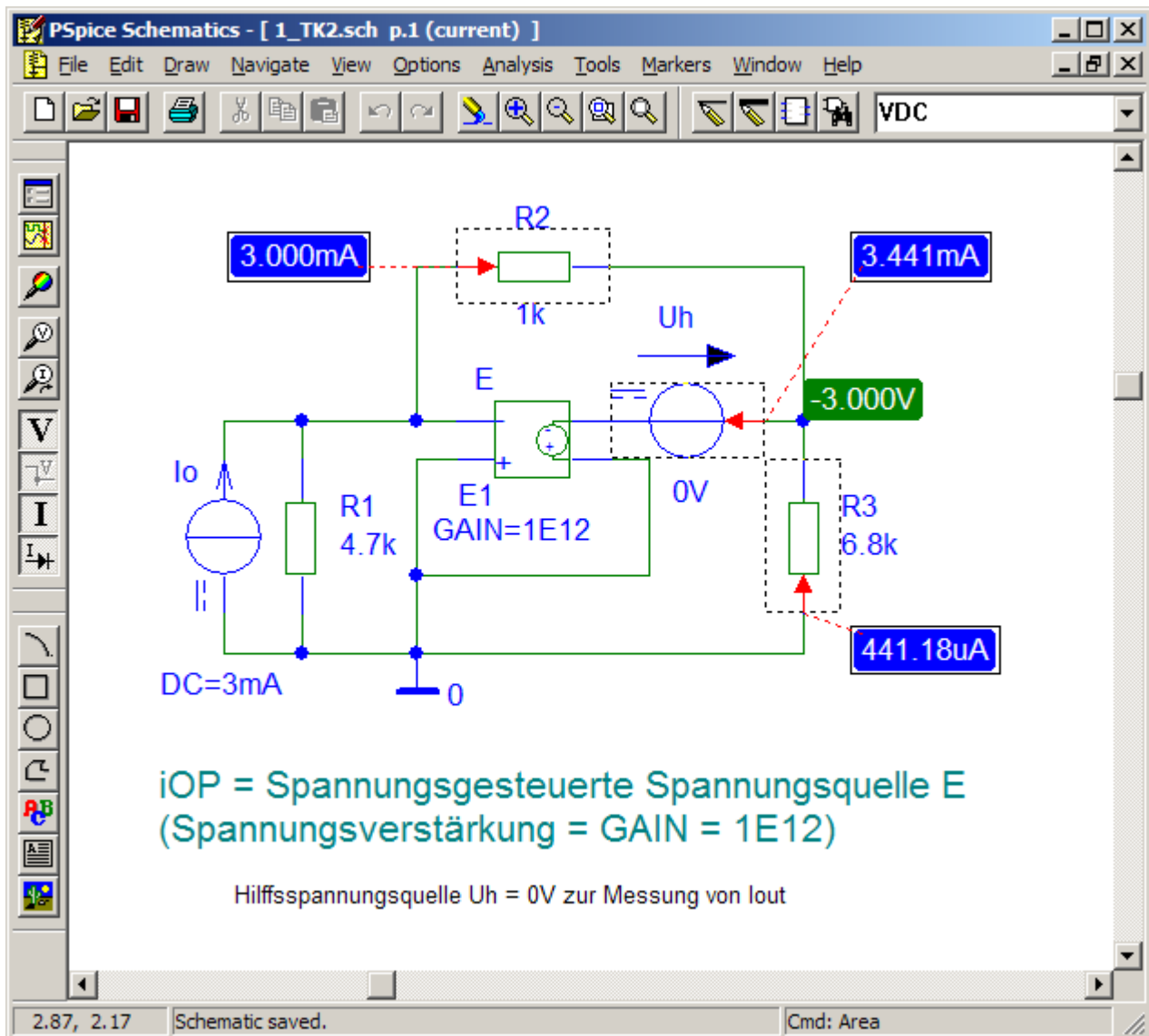
$$R_T = R_{T40} = 108,200 \text{ } \Omega \Rightarrow \alpha_{20} = \frac{1}{100 \text{ } \Omega} \left[ \frac{8,200 \text{ } \Omega}{(40 - 20) \text{ K}} \right] = 4,1 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

$$\underline{\alpha_{20} = 4,1 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}}$$



## Aufgabe 1: Schaltung mit idealem Operationsverstärker

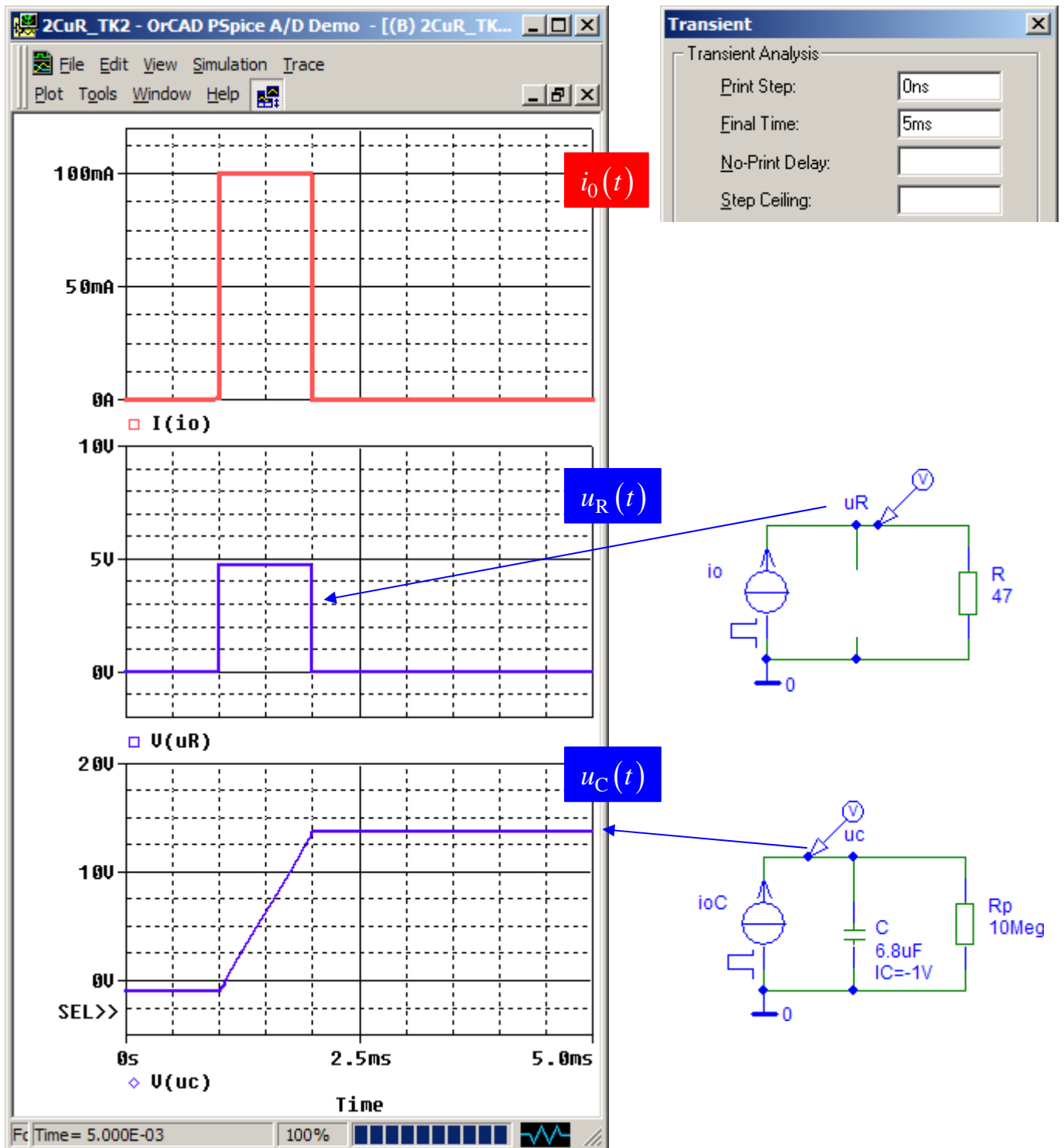
Schaltungssimulation mit PSpice Studentenversion 9.1





## Aufgabe 2: Stromimpuls-Antwort

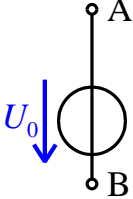
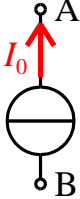
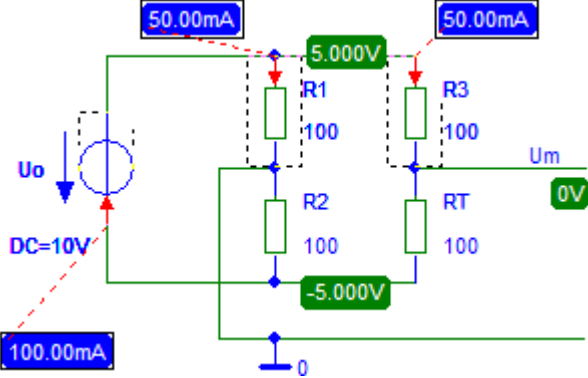
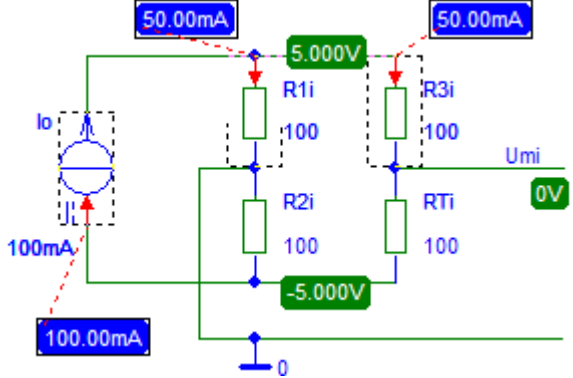
Schaltungssimulation mit PSpice Studentenversion 9.1





## Aufgabe 3: Temperaturabhängiger Widerstand

Schaltungssimulation mit PSpice Studentenversion 9.1

	<p>Spannungsspeisung</p> <p><math>U_0 = 10,00 \text{ V}</math></p> 	<p>Stromspeisung</p> <p><math>I_0 = 100,0 \text{ mA}</math></p> 
<p><math>T = 20^\circ \text{ C}</math></p>	<p><math>U_M = 0,00 \text{ mV}</math></p>	<p><math>U_M = 0,00 \text{ mV}</math></p>
		
<p><math>T = 40^\circ \text{ C}</math></p>	<p><math>U_{MU} = 196,93 \text{ mV}</math></p>	<p><math>U_{MI} = 200,88 \text{ mV}</math></p>
