

Lösungsübersicht zur Klausur EL W 2009/10

Zusammenfassung

1.1 $I_{DA} = 4,80 \text{ mA}$

1.2 $v_u \approx -\frac{R_D}{R_S}, \quad v_u \approx -6,6\dots$

1.3 $U_{DA} = 5,07 \text{ V}, \quad v_u \approx -2,2\dots$

2.1 Siehe **Abb. 3**, S. 4

2.2 $Z_{AB} = 27,27\dots \Omega$

3.1 $R_E = 2,00 \text{ k}\Omega$

3.2 $U_{CA} = 8,30 \text{ V}, \quad U_{EA} = -0,647 \text{ V}$

3.3 Siehe **Abb. 5**, S. 6

4.1 $v_u = 1 + j \frac{f}{f_g}, \quad f_g = \frac{1}{2\pi CR}$

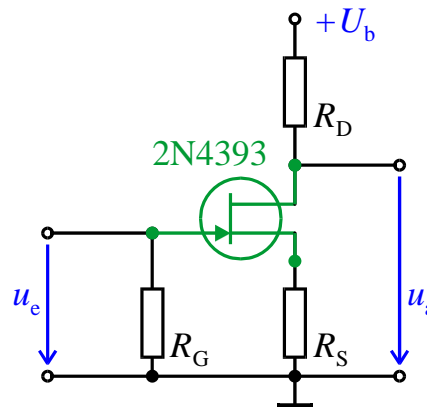
4.2 $v_u = \sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_g}\right)^2}$

4.3 $\varphi_v / \text{Grad} = \frac{180}{\pi} \arctan \frac{f}{f_g}$

4.4 $f_g = 7,2 \text{ Hz}$, Siehe **Abb. 7**, S. 9 + 10

1.**Sourceschaltung****[25]**

Gegeben Sourceschaltung (**Abb. 1**), $R_D = 1 \text{ k}\Omega$, $R_G = 2,2 \text{ M}\Omega$, $R_S = 150 \text{ }\Omega$,
 $U_b = 20 \text{ V}$, $U_{DA} = 15,2 \text{ V}$

**Abb. 1:** Sourceschaltung

1.1 Drainstrom I_{DA} im Arbeitspunkt!

$$I_{DA} = \frac{U_b - U_{DA}}{R_D} = \frac{20 \text{ V} - 15,2 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega} = 4,80 \text{ mA}$$

1.2 $\underline{v}_u = \underline{u}_a / \underline{u}_e$ *allgemein:* $\underline{v}_u \approx -\frac{R_D}{R_S}$, *wertmäßig:* $\underline{v}_u \approx -\frac{1 \text{ k}\Omega}{0,150 \text{ k}\Omega} = -6,6\dots$

1.3 $R_a = 500 \text{ }\Omega$ gegen Masse direkt angekoppelt. Änderungen im Schaltungsverhalten

⇒ Drainstrom I_{DA} näherungsweise unverändert (Stromquellenverhalten des FET)

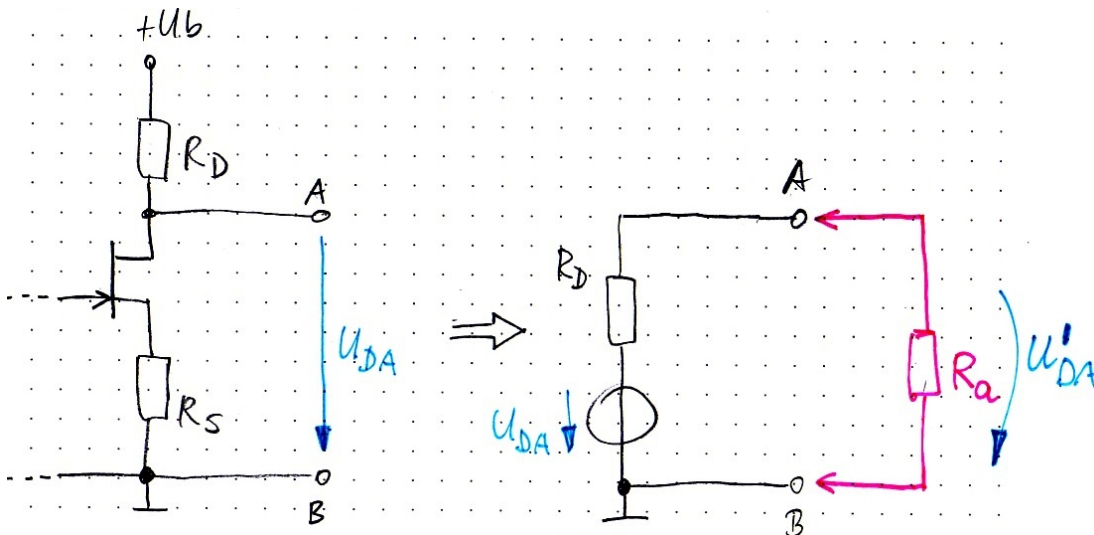
⇒ U_{DA} verändert sich auf $U'_{DA} = U_{DA} \frac{R_a}{(R_D + R_a)} = \underline{\underline{5,07 \text{ V}}}$ ♣ vgl. S. 3

⇒ \underline{v}_u verändert sich von $\underline{v}_u \approx -\frac{R_D}{R_S}$ auf $\underline{v}_u \approx -\frac{R_D \parallel R_a}{R_S} = -\frac{R_D R_a}{R_S (R_D + R_a)} = \underline{\underline{-2,2\dots}}$

Berechnung der Veränderung von U_{DA} auf U'_{DA}

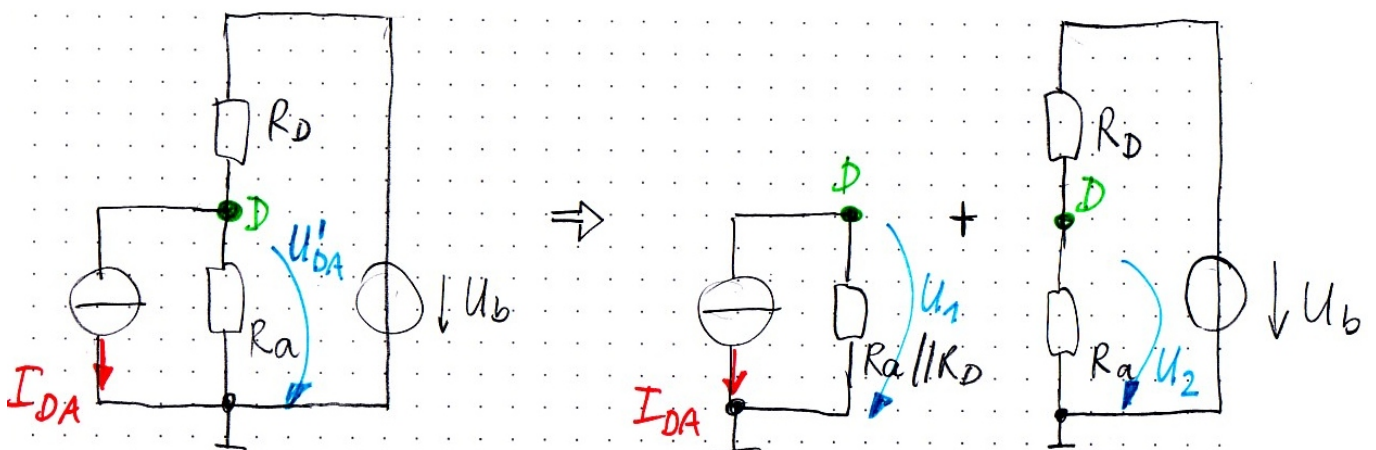


Weg 1: Ersatzspannungsquelle für die Klemmen A, B und Spannungsteilerregel



Spannungsteilerregel liefert:
$$U'_{DA} = U_{DA} \frac{R_a}{(R_D + R_a)} = \underline{\underline{5,07 \text{ V}}}$$

Weg 2: Anwendung der Superpositionsmethode



$$U'_{DA} = U_1 + U_2$$

$$U'_{DA} = -I_{DA} \frac{R_a R_D}{(R_a + R_D)} + U_b \frac{R_a}{(R_D + R_a)}$$

$$U'_{DA} = \frac{4,8}{3} \text{ V} + \frac{20}{3} \text{ V} = \frac{15,2}{3} \text{ V} = \underline{\underline{5,07 \text{ V}}}$$

2. Spannungsstabilisierung [22]

Gegeben $r_Z = 30 \Omega$, $U_Z = 6,0 \text{ V}$, $R_V = 300 \Omega$

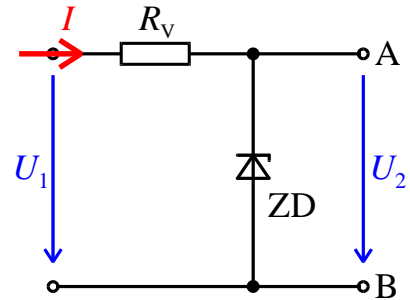


Abb. 2: →
Schaltung zur Spannungsstabilisierung

2.1 Kennlinie $I(U_1)$ im Spannungsbereich $0 \leq U_1 < 20 \text{ V}$

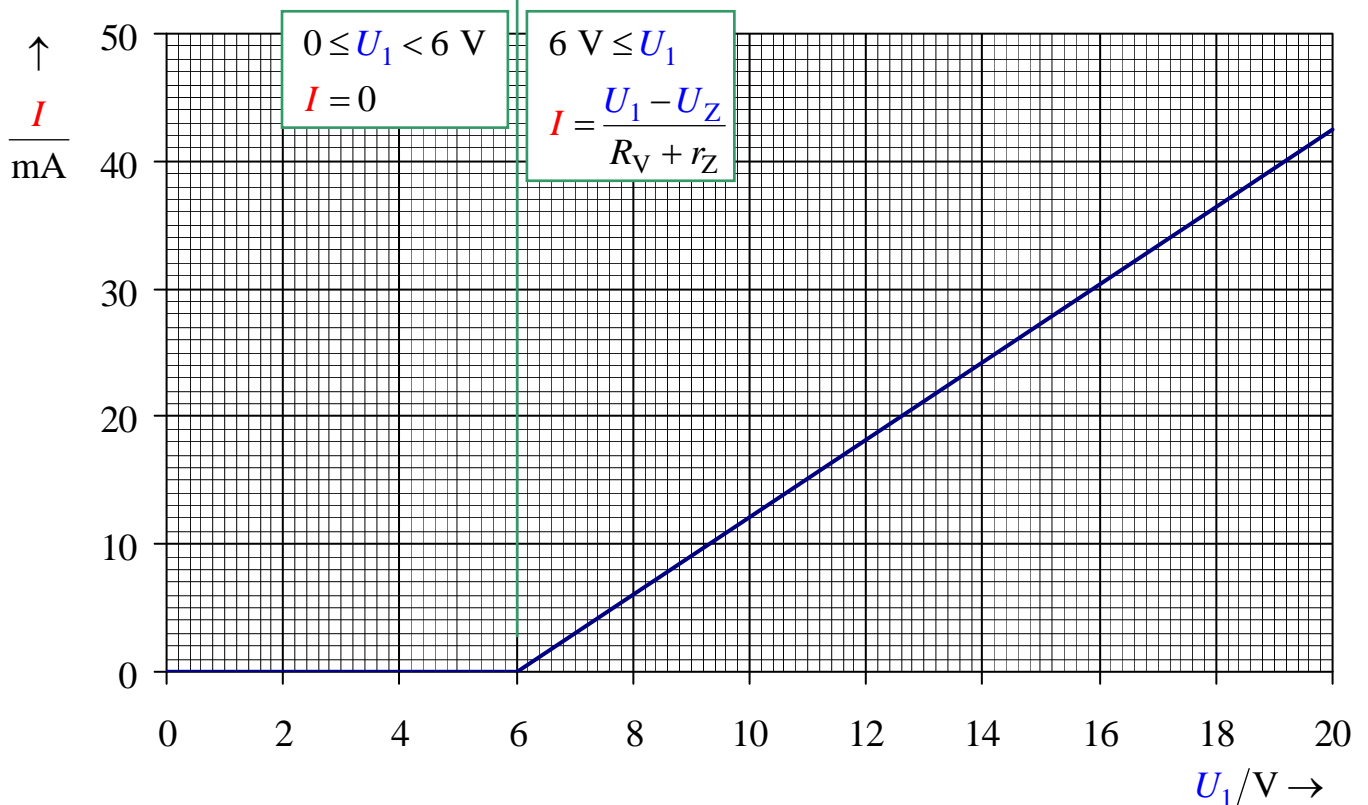
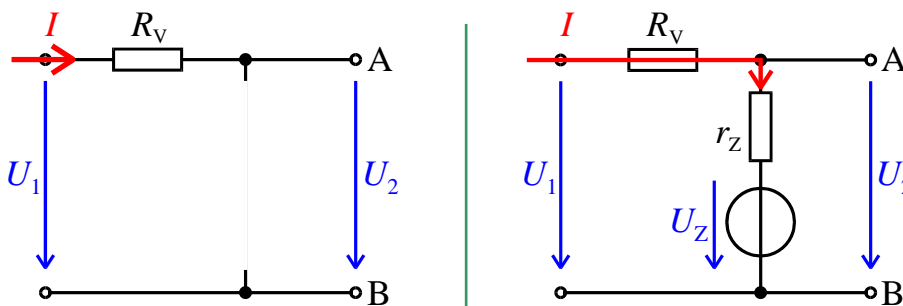


Abb. 3: Kennlinie $I(U_1)$ der gegebenen Schaltung zur Spannungsstabilisierung

2.2 Z_{AB} für Spannungspeisung $U_1 = 10 \text{ V}$: $Z_{AB} = r_Z \parallel R_V = 27,27... \Omega$

3. Direkt gekoppelter Transistorschaltung

[25]

3.1 Widerstand R_E , damit sich ein Kollektorstrom $I_{CA} = 1,17 \text{ mA}$ einstellt

Der Maschensatz (M) der Eingangsmasche liefert den für den Kollektorstrom bestimmenden Widerstand R_E :

Maschensatz

$$U_{b2} = U_{BEA} + U$$

$$I_{BA} = \frac{I_{CA}}{B}$$

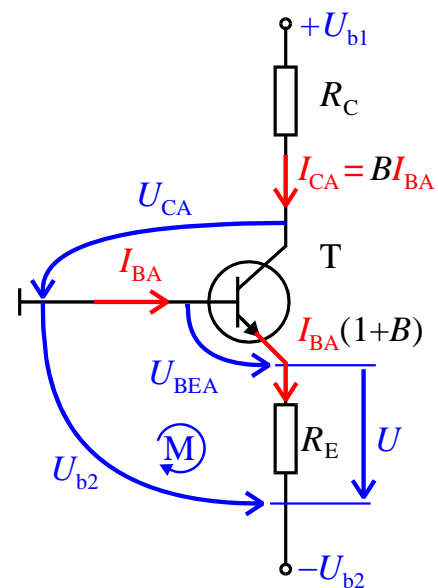
$$U = \frac{(1+B)}{B} I_{CA} R_E$$

$$U_{b2} = U_{BEA} + \frac{(1+B)}{B} I_{CA} R_E$$

Umstellen nach R_E

$$R_E = \frac{B(U_{b2} - U_{BEA})}{(1+B)I_{CA}}$$

$$R_E = \frac{165 \cdot (3 \text{ V} - 0,647 \text{ V})}{(1+165) \cdot 1,17 \text{ mA}} = 2,00 \text{ k}\Omega$$



3.2 Arbeitspunktwerte U_{CA} und U_{EA}

$$U_{CA} = U_{b1} - I_{CA} R_C = 20 \text{ V} - 1,17 \text{ mA} \cdot 10 \text{ k}\Omega \quad U_{CA} = 8,30 \text{ V}$$

$$U_{EA} = -U_{BEA} = -0,647 \text{ V}$$

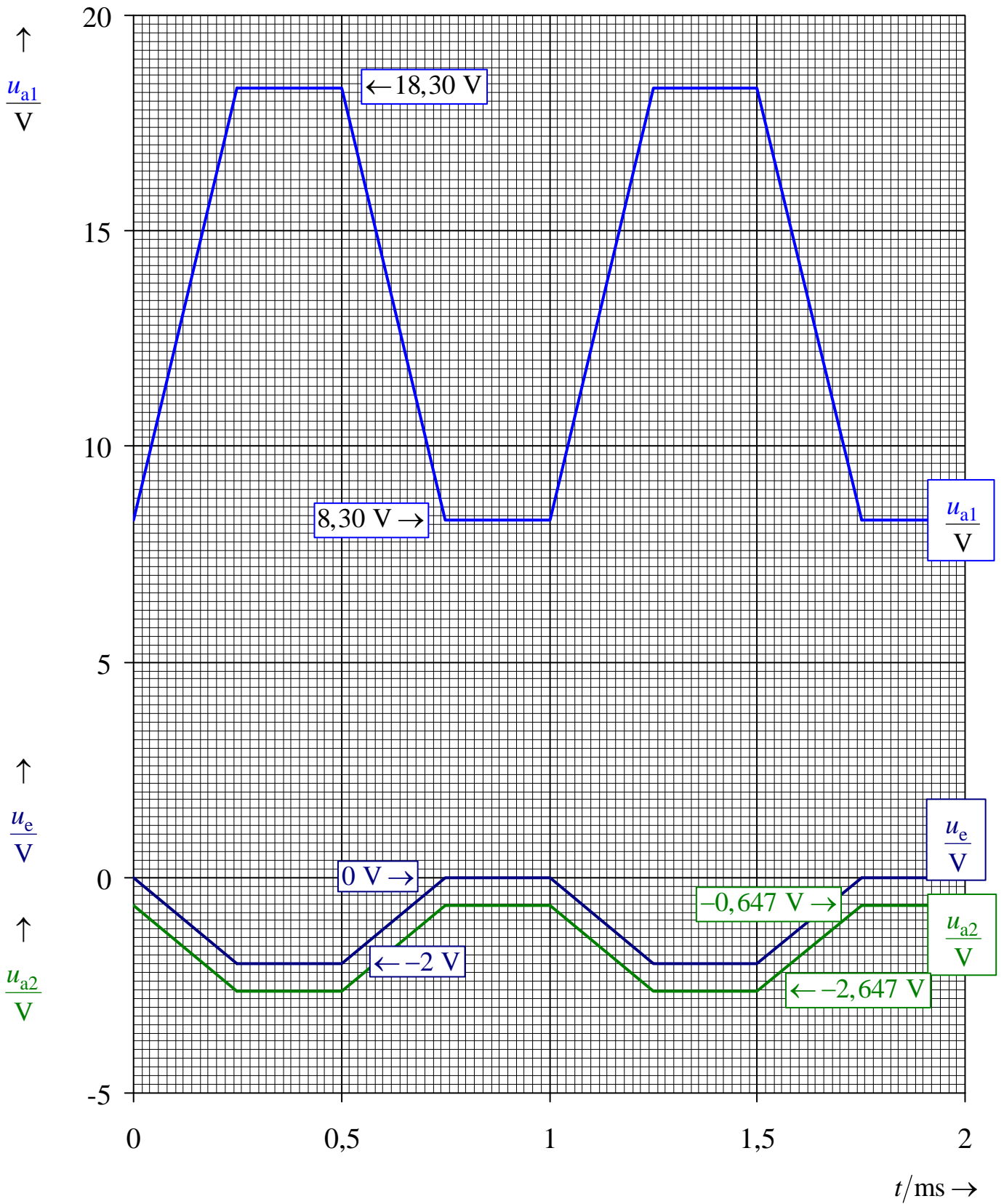


Abb. 5: Spannungszeitfunktionen $u_{a1}(t)$, $u_{a2}(t)$, $u_e(t)$

3.3 Spannungszeitfunktion $u_{a2}(t)$

Ermittlung von $u_e(t)$

Gemäß **3.2** gilt $U_{CA} = 8,30 \text{ V}$. Dieser Wert stimmt mit dem Minimum im trapezförmigen Verlauf von $u_{a1}(t)$ überein. Wegen $U_{BA} = 0,00 \text{ V}$ muss $u_e = 0$ sein, wenn $u_{a1} = 8,30 \text{ V}$.

Das *Maximum* des trapezförmigen Verlaufs von $u_{a1}(t)$ liegt genau 10 V über dem *Minimum* von $u_{a1}(t)$. Mit der Spannungsverstärkung $\underline{v}_u = \underline{u}_{a1}/\underline{u}_e = -R_C/R_E = -5$ (invertierendes Verhalten) muss $u_e(t)$ gleichzeitig den Minimalwert $(10 \text{ V})/(-5) = -2 \text{ V}$ annehmen \Rightarrow wenn $u_{a1} = 18,30 \text{ V}$ ist, dann muss $u_e = -2 \text{ V}$ sein.

Damit ist $u_e(t)$ bekannt (**Abb. 5**).

Ermittlung von $u_{a2}(t)$

Die Ausgangsspannung am Emitter $u_{a2}(t)$ liegt um genau $U_{BEA} = 0,647 \text{ V}$ unter der Eingangsspannung $u_e(t)$:

$$u_{a2}(t) = u_e(t) - U_{BEA}$$

$$u_{a2}(t) = u_e(t) - 0,647 \text{ V}$$

Damit ist $u_{a2}(t)$ bekannt (**Abb. 5**).

4. Verstärkerschaltung mit Operationsverstärker [28]

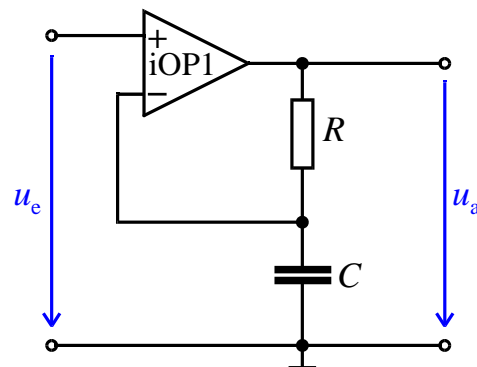


Abb. 6: Verstärkerschaltung mit idealem Operationsverstärker (iOP 1)

4.1 Spannungsverstärkung $v_u = \underline{u}_a / \underline{u}_e$

$$v_u = 1 + \frac{R}{1/j\omega C} = 1 + j\omega CR$$

Nicht invert. Verstärker (Script EL 432, S. 124)

$$\underline{v_u} = 1 + j \frac{f}{f_g} \quad f_g = \frac{1}{2\pi CR}$$

4.2 Amplitudengang

$$v_u = \sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_g}\right)^2}$$

4.3 Phasengang φ_v in Grad

$$\varphi_v / \text{Grad} = \frac{180}{\pi} \arctan \frac{f}{f_g}$$

4.4 Bode-Diagramm der Spannungsverstärkung (*Amplitudengang* und *Phasengang*)

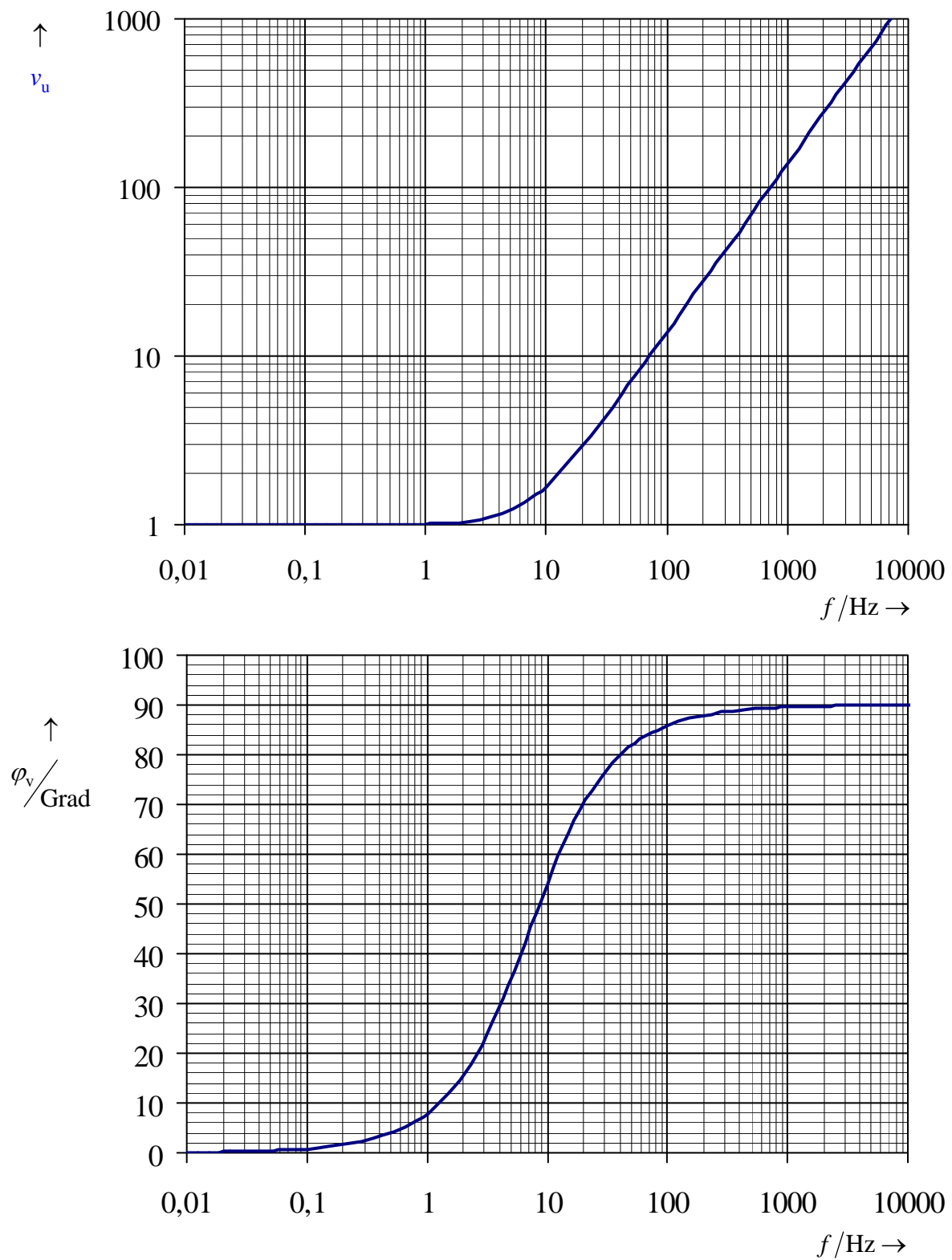


Abb. 7: Bode-Diagramm der Spannungsverstärkung (*Amplitudengang* und *Phasengang*) für $R = 47 \text{ k}\Omega$ und $C = 470 \text{ nF}$ sowie $f_g = 7,2 \text{ Hz}$

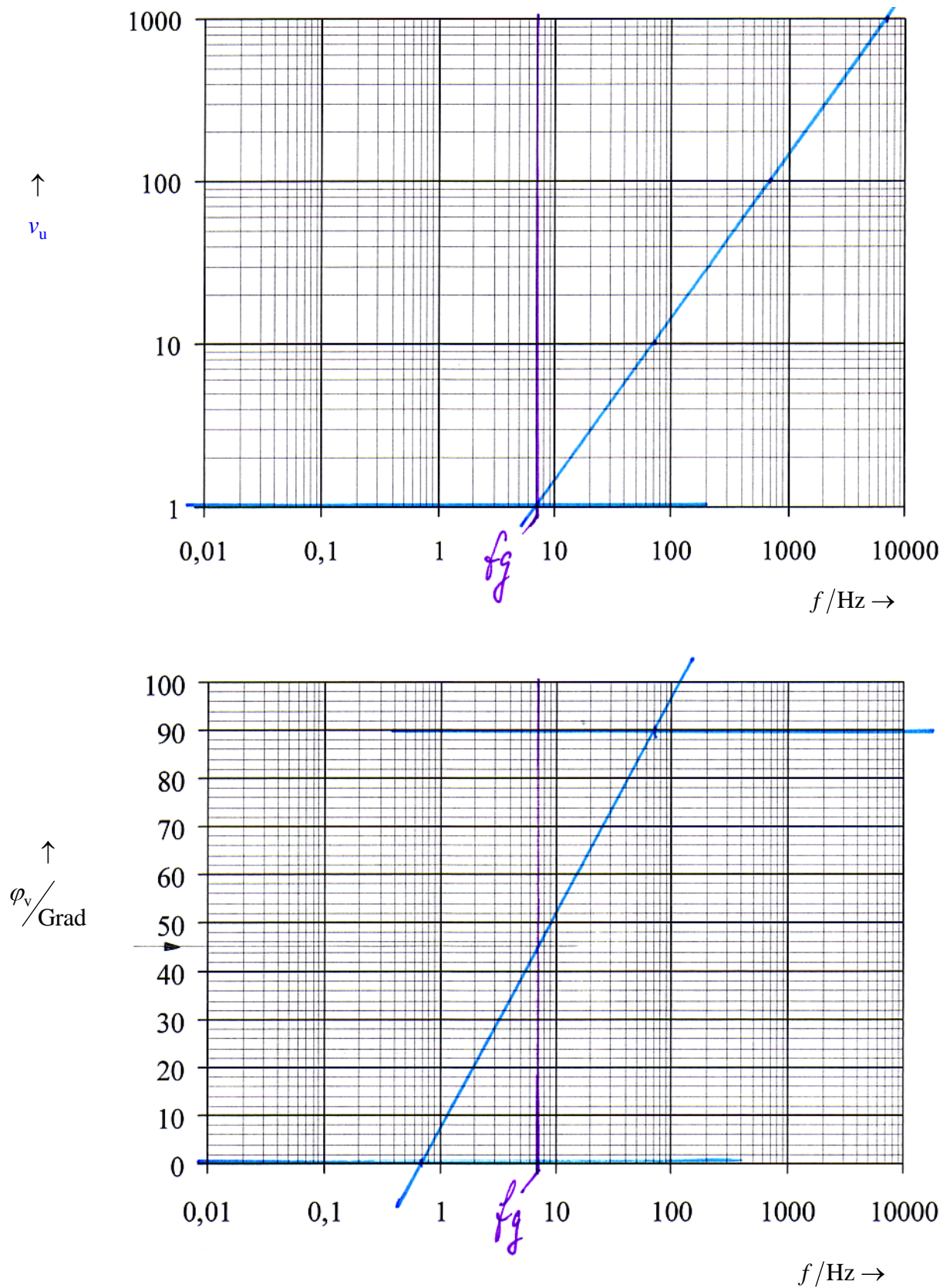


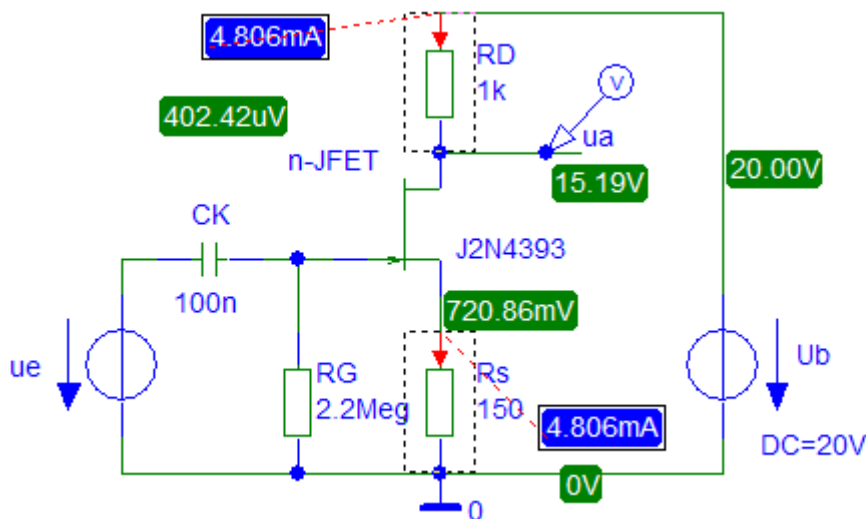
Abb. 7: *Hand-made* Bode-Diagramm der Spannungsverstärkung (Amplitudengang und Phasengang) für $R = 47 \text{ k}\Omega$ und $C = 470 \text{ nF}$ sowie $f_g = 7,2 \text{ Hz}$



Aufgabe 1: Sourceschaltung

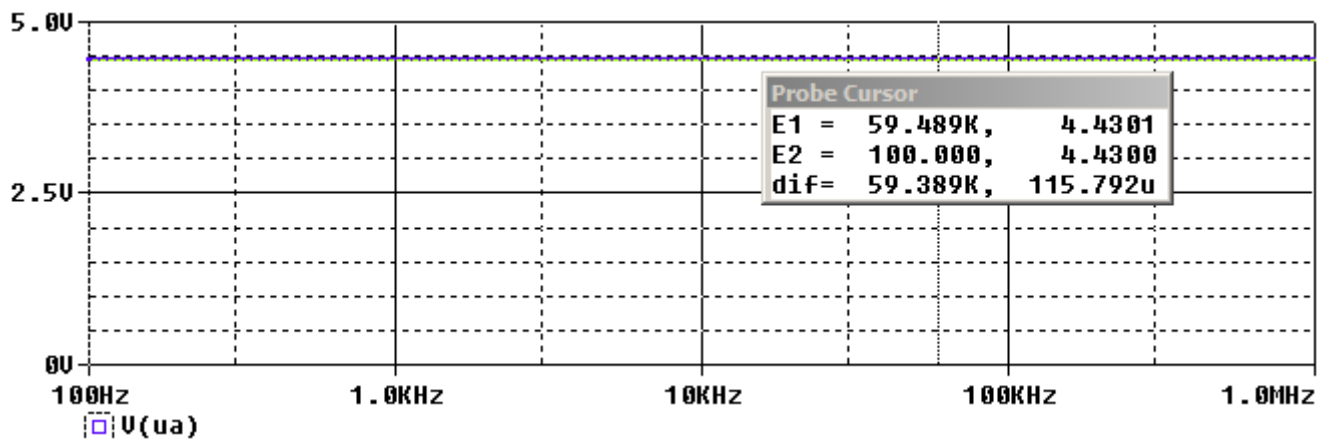
Schaltungssimulation mit PSpice Studentenversion 9.1

1.1 Drainstrom I_{DA} im Arbeitspunkt

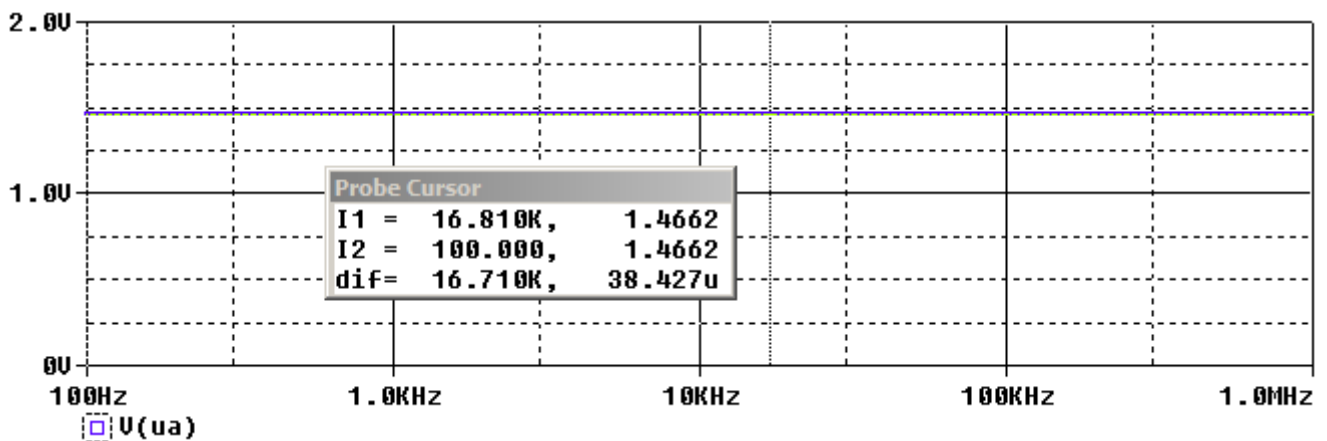
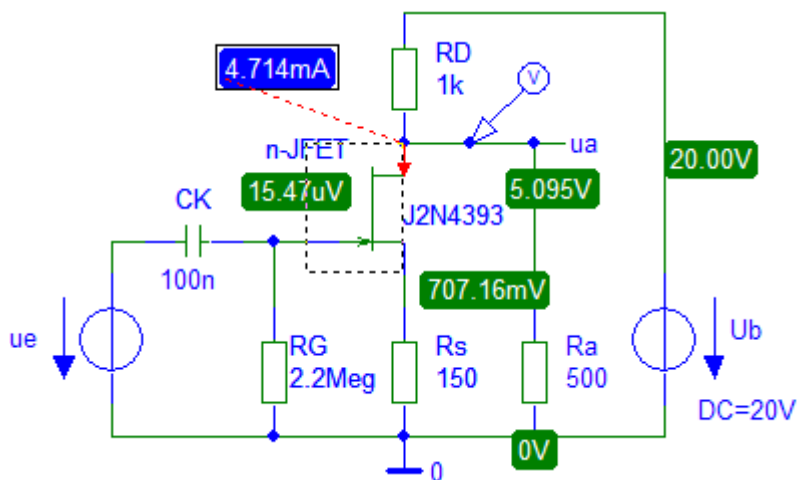


S = 13,6 mA/V
 $v_u = R_D/R_v = 6,67 \Rightarrow 16,5 \text{ dB}$
 Simulation:
 $v_u = 4,43 \Rightarrow 12,9 \text{ dB}$

1.2 Spannungsverstärkung $v_u = \frac{u_a}{u_e}$



1.3 Ausgangsklemmen mit Widerstand $R_a = 500 \Omega$ (direkt angekoppelt).

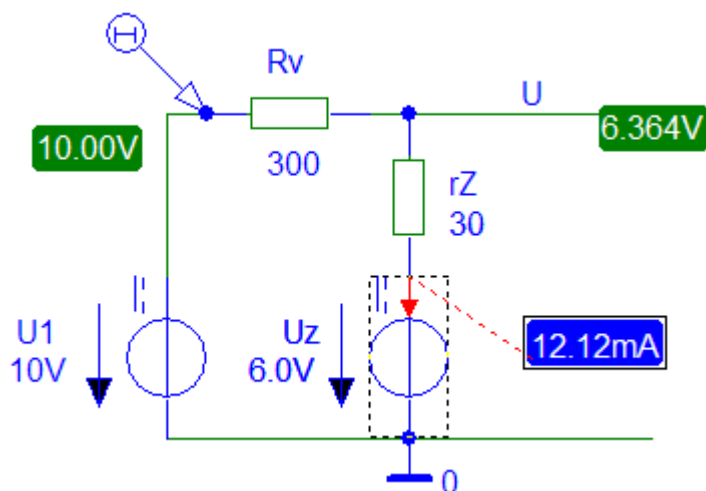


- ⇒ Drainstrom I_{DA} näherungsweise unverändert (Stromquellenverhalten des FET)
- ⇒ U_{DA} verändert sich von 15,2 V auf 5,07 V
- ⇒ v_u verändert sich auf $v_u \approx -1,5$
- ⇒ Steilheit S des FET ist näherungsweise unverändert (weil $I_{DA} \approx$ unverändert ist)



Aufgabe 2: Spannungsstabilisierung

Schaltungssimulation mit PSpice Studentenversion 9.1

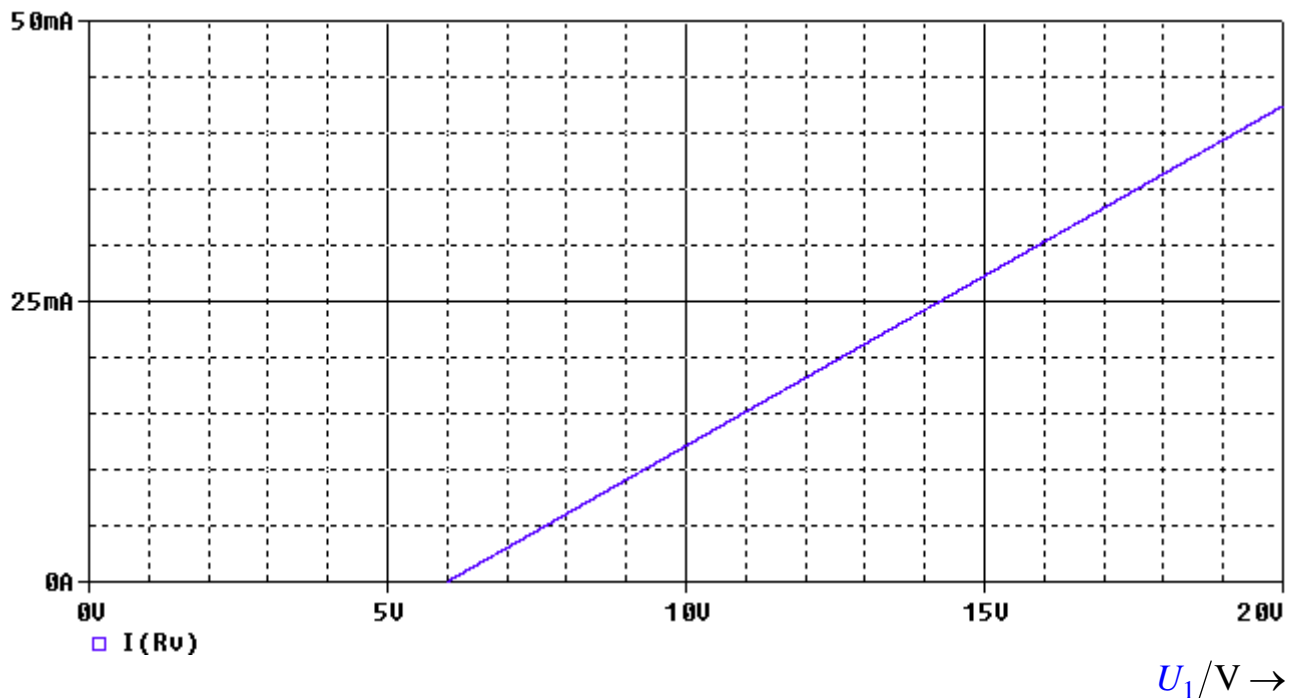


2.2 Impedanz Z_{AB}

Arbeitspunkt $U_1 = 10\text{ V}$

"Transfer Function" liefert:
 OUTPUT RESISTANCE AT $V(U) = 2.727\text{E}+01$
 $Z_{AB} = 27,3\text{ Ohm}$

2.1 Kennlinie $I(U_1)$ im Spannungsbereich $0 \leq U_1 < 20\text{ V}$

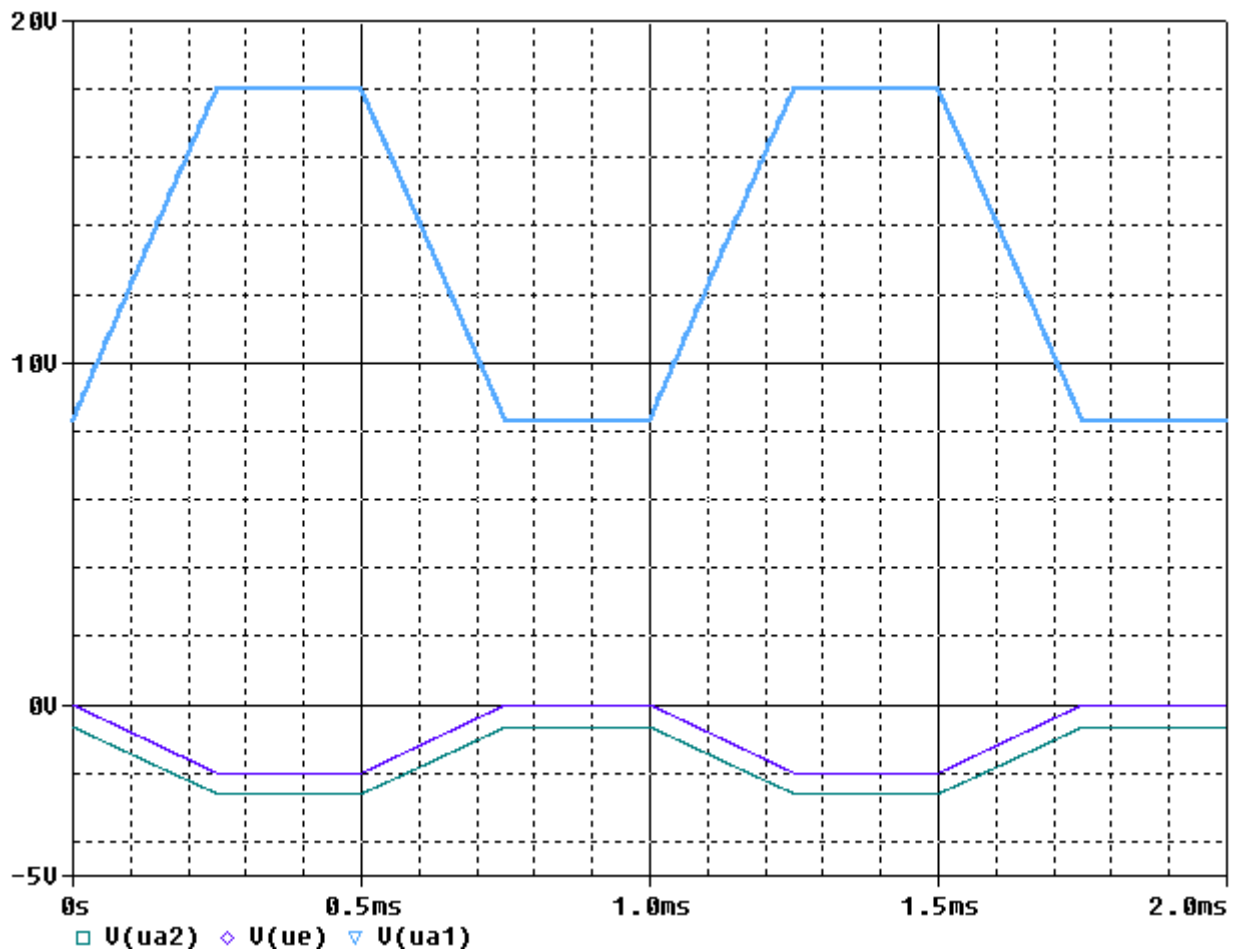
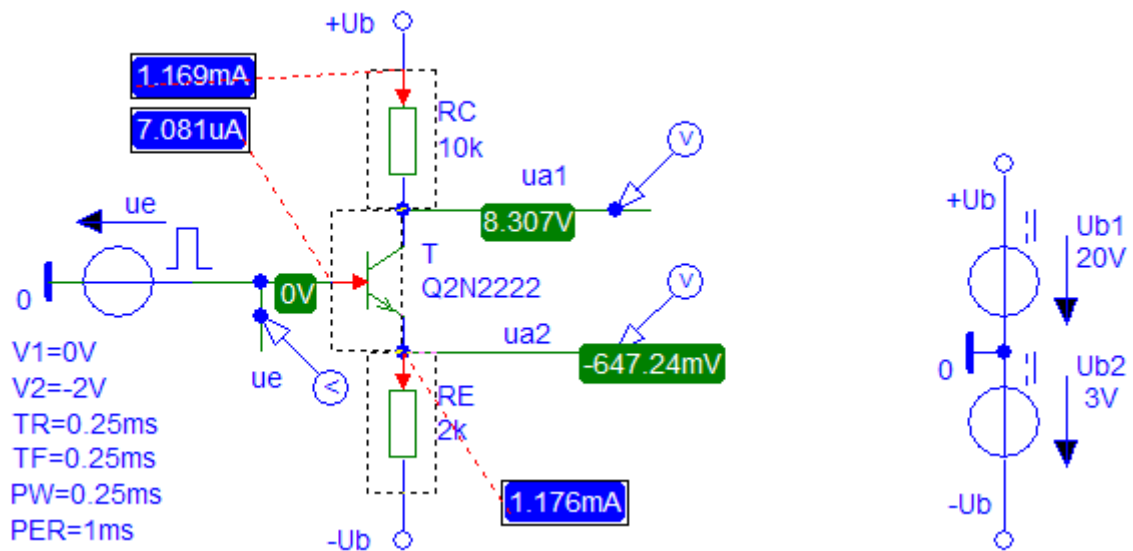


Kennlinie $I(U_1)$ der gegebenen Schaltung zur Spannungsstabilisierung



Aufgabe 3: Direkt gekoppelte Transistorschaltung

Schaltungssimulation mit PSpice Studentenversion 9.1





Aufgabe 4: Verstärkerschaltung mit Operationsverstärker

Schaltungssimulation mit PSpice Studentenversion 9.1

