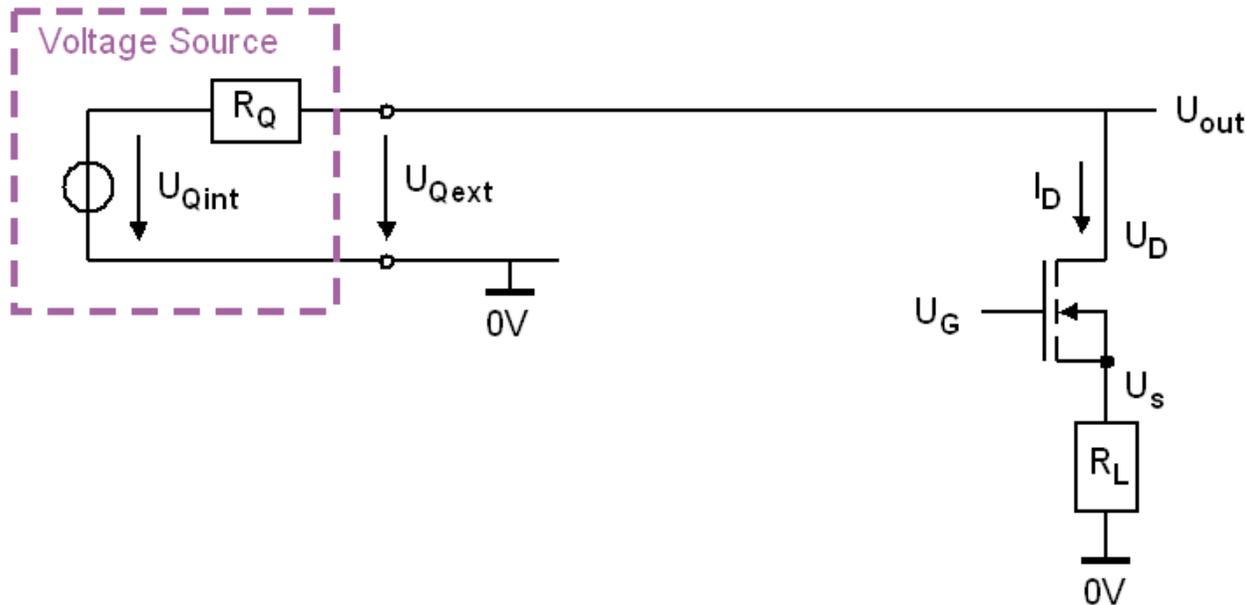


# Übungsaufgaben zum N-Kanal MOSFET

(Metal Oxide Silicon Field Effect Transistor)

Aufg. 1: Gegeben sei eine Spannungsquelle  $U_{Gint}$  mit Innenwiderstand  $R_G$  und Ausgangsspannung  $U_{Gext}$ .



**Schaltung:**

$$R_Q = 50 \text{ m}\Omega$$

$$R_L = 1 \text{ }\Omega$$

$$U_{out} = 1,2 \text{ V}$$

**Transistor:**

$$\lambda = 0,01/\text{V}$$

$$V_T = 2,3 \text{ V}$$

Die Quelle wird mit einem Laststrom  $I_D = 1 \text{ A}$  belastet. Dabei stellt sich  $U_{out} = 1,2 \text{ V}$  ein.

## Berechnen Sie Formel und Wert für ...

- a) die interne Quellenspannung  $U_{Qint}$ , (2P)
- b) die Source-Spannung  $U_S$  des Transistors, (2P)
- c) die Drain-Source-Spannung  $U_{DS}$  des Transistors, (2P)
- d) Wie messe ich  $U_{Qint}$  in der Praxis? (2P)
- e) Um wie viel Prozent weicht der Faktor  $(1 + \lambda U_{DS})$  von 1 ab? (4P)
- f) Berechnen Sie die Gate-Spannung  $U_G$  für  $\beta = 50 \text{ A/V}^2$ . (8P)
- g) Berechnen Sie die Gate-Spannung  $U_G$  für  $\beta = 2 \text{ A/V}^2$ . (10P)

Berechnung von (a)  $U_{Q_{int}}$ , (b)  $U_S$ , (c)  $U_{DS}$

$$a) U_{Q_{int}} = U_{out} + R_D \cdot I_D = 1,2V + 0,055\Omega \cdot 1A = \underline{\underline{1,25V}}$$

$$b) U_S = R_S \cdot I_D = 1\Omega \cdot 1A = 1V$$

$$c) U_{DS} = U_D - U_S = U_{out} - U_S \\ \approx 1,2V - 1V \approx 0,2V$$

(d) Wie messe ich  $U_{Qint}$  in der Praxis

$U_{out}$  (1A) ohne Laststrom messen (1A)

(e) Berechnung des Terms  $(1 + \lambda U_{DS})$

$$(1 + \lambda U_{DS}) = 1 + 0,01 \frac{1}{V} \cdot 0,2V = 1,002$$

$\lambda U_{DS}$  vergrößert den Term um 0,2 %  
 $\leadsto$  vernachlässigbar

(f) Berechnung von  $U_G$  für  $\beta = 50 \text{ A/V}^2$

Annahme<sup>\*</sup>: FET gesättigt

$$\leadsto \hat{I}_D = \frac{1}{2} \beta \underbrace{(U_{GS} - V_T)^2}_{\approx 0} \quad (1 + \cancel{\lambda U_{DS}})$$

$$I_D = \frac{1}{2} \beta U_{DS, \text{sat}}^2$$

$$U_{DS, \text{sat}} = \sqrt{\frac{2 I_D}{\beta}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1 \text{ A}}{50 \frac{\text{A}}{\text{V}^2}}} = \frac{1}{5} \text{ V} = 0,2 \text{ V}$$

$\leadsto$  Annahme<sup>\*</sup> bestätigt! (Um Herres breite!)

## Weiter Aufgabenteil (f)

$$U_{GS} - V_T = U_{DS, \text{sat}} = 0,2 \text{ V}$$

$$\underline{U_{GS}} = V_T + 0,2 \text{ V} = 2,3 \text{ V} + 0,2 \text{ V} = \underline{2,5 \text{ V}}$$

$$U_{GS} = U_G - U_S$$

$$U_G = U_{GS} + U_S = 2,5 \text{ V} + 1 \text{ V} = 3,5 \text{ V}$$

(g) Berechnung von  $U_G$  für  $\beta = 2 \text{ A/V}^2$

Annahme <sup>\*</sup>):  $U_{GS} - V_T = \underbrace{U_{DS, \text{sat}}}_{< \underbrace{U_{DS}}_{0,2 \text{ V}}}$

$$I_D = \frac{1}{2} \beta U_{DS, \text{sat}}^2 \leadsto$$

$$U_{DS, \text{sat}} = \sqrt{\frac{2 I_D}{\beta}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1 \text{ A}}{2 \frac{\text{A}}{\text{V}^2}}} = 1 \text{ V}$$

Folge: Annahme <sup>\*</sup>) ist falsch!

(g) weiter: Berechnung von  $U_G$  für  $\beta = 2 \text{ A/V}^2$

FET im lin. Bereich:

$$I_D = \beta \left( (U_{GS} - V_T) - \underbrace{\frac{1}{2} U_{DS}}_{\frac{1}{2} \cdot 0,2 \text{ V}} \right) \underbrace{U_{DS}}_{0,2 \text{ V}} \left( 1 + \cancel{\lambda U_{DS}} \right) \approx 0$$

$$\beta \left( (U_{GS} - V_T) - \frac{1}{2} U_{DS} \right) = I_D / U_{DS}$$

$$U_{GS} - V_T = \frac{I_D}{\beta U_{DS}} + \frac{1}{2} U_{DS}$$

(g) weiter: Berechnung von  $U_G$  für  $\beta = 2 \text{ A/V}^2$

$$U_{GS} - V_T = \frac{I_D}{\beta U_{DS}} + \frac{1}{2} U_{DS}$$

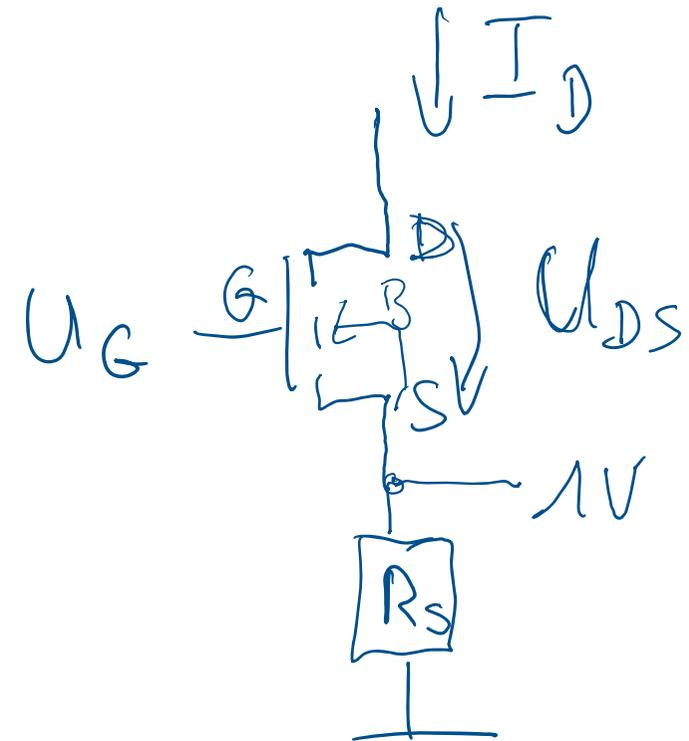
$$\underbrace{U_{GS} - V_T}_{= 2,6 \text{ V}} = \frac{1 \text{ A}}{\left(\frac{2 \text{ A}}{\text{V}^2}\right) 0,2 \text{ V}} + \frac{1}{2} 0,2 \text{ V} = \frac{1}{0,4} + 0,1 \text{ V} = 2,6 \text{ V}$$

$= U_{DS, \text{sat}} > U_{DS} \rightarrow$  lin. Ber.  $\rightarrow$  Annahme richtig!

$$U_G = \underbrace{(U_{GS} - V_T)}_{2,6 \text{ V}} + \underbrace{U_S}_{1 \text{ V}} + \underbrace{V_T}_{2,3 \text{ V}} = \underline{\underline{5,9 \text{ V}}}$$

## Aufgabe 2: MOSFET

- Gegeben
- $V_T = 3V$
- $U_G = 5V$
- $\lambda = 0$
- $\beta = 200$
- $I_{TD} = 1A$
- $R_S = 1\Omega$
- Gesucht
- $U_{GS} = ?$
- $U_{DSsat} = ?$
- FET im linearen oder gesättigten Bereich?
- $U = ?$



- (a) Nehmen Sie an der FET arbeite im gesättigten Bereich. Kann das stimmen?
- (b) berechnen Sie  $U_{DS}$

# Allgemeine Berechnungen

$$U_S = R_S \cdot I_D = 1\Omega \cdot 1A = 1V$$

$$U_{GS} = U_G - U_S = 5V - 1V = 4V$$

$$U_{D_{\text{set}}} = U_{GS} - V_T = 4V - 3V = 1V$$

(a) Nehmen Sie an der FET arbeite im gesättigten Bereich. Kann das stimmen?

$$I_D = \frac{1}{2} \beta U_{DSsat}^2 = \frac{1}{2} \cdot 200 \frac{A}{V^2} \cdot (1V)^2 = 100A$$

↪ stimmt nicht mit der

Vorgabe überein, dass  $I_D = 1A$

↪ Mess im linearen Bereich arbeiten

(b) Berechnen Sie  $U_{DS}$ , jetzt im lin. Bereich

$$I_D = \beta \left( U_{DSSat} - \frac{1}{2} U_{DS} \right) U_{DS}$$

$$\leadsto U_{DS}^2 - 2 U_{DSSat} \cdot U_{DS} - \frac{2 I_D}{\beta} = 0$$

$$U_{DS_{1,2}} = U_{DSSat} \pm \sqrt{U_{DSSat}^2 - \frac{2 I_D}{\beta}}$$

$$= 1V \pm \sqrt{1V^2 - \frac{2 \cdot 1A}{200 A/V^2}} \approx \begin{cases} \cancel{2,005V} \\ 5mV \end{cases}$$

$$R_{ON} = \frac{U_{DS}}{I_D} = \frac{5mV}{1A} = 5m\Omega$$

Warum die neg. Wurzel?

