

Elektronische Schaltungen SS 2022

4. Übungsblatt

Feldeffekttransistoren

Aufgabe 1 (Grafische Arbeitspunktbestimmung, Kleinsignalanalyse)

Gegeben ist die Schaltung in Abbildung 1. Der Transistor besitzt die folgenden Charakteristiken:
 $\beta = 61,3 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$, $U_{\text{th}} = 0,6 \text{ V}$. Im Arbeitspunkt beträgt $U_{\text{GS}} = 1 \text{ V}$. Die Widerstände haben die
 Werte: $R_{\text{G}} = 10 \text{ k}\Omega$, $R_{\text{D}} = 200 \Omega$. Die Vorspannung beträgt $U_{\text{b2}} = 2 \text{ V}$ und die Early-Spannung
 $|U_{\text{A}}| = 50 \text{ V}$.

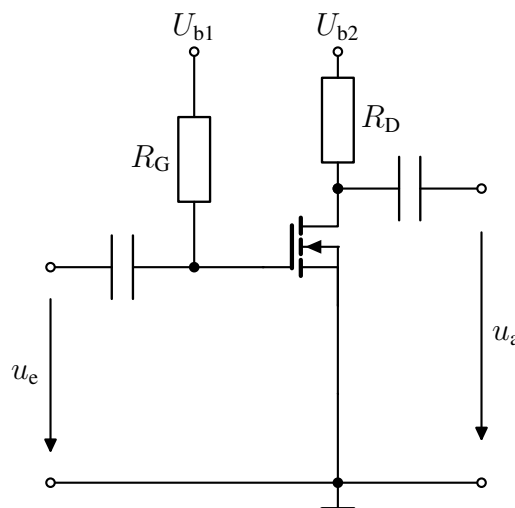


Abbildung 1

- Nennen Sie die vollständige Bezeichnung des verwendeten Transistors. In welcher Grundschaltung wird der Transistor betrieben?
- Das Ausgangskennlinienfeld des Transistors ist in Abbildung 2 gegeben. Zeichnen Sie die Lastgerade ein und markieren Sie den Arbeitspunkt auf Abbildung 2.

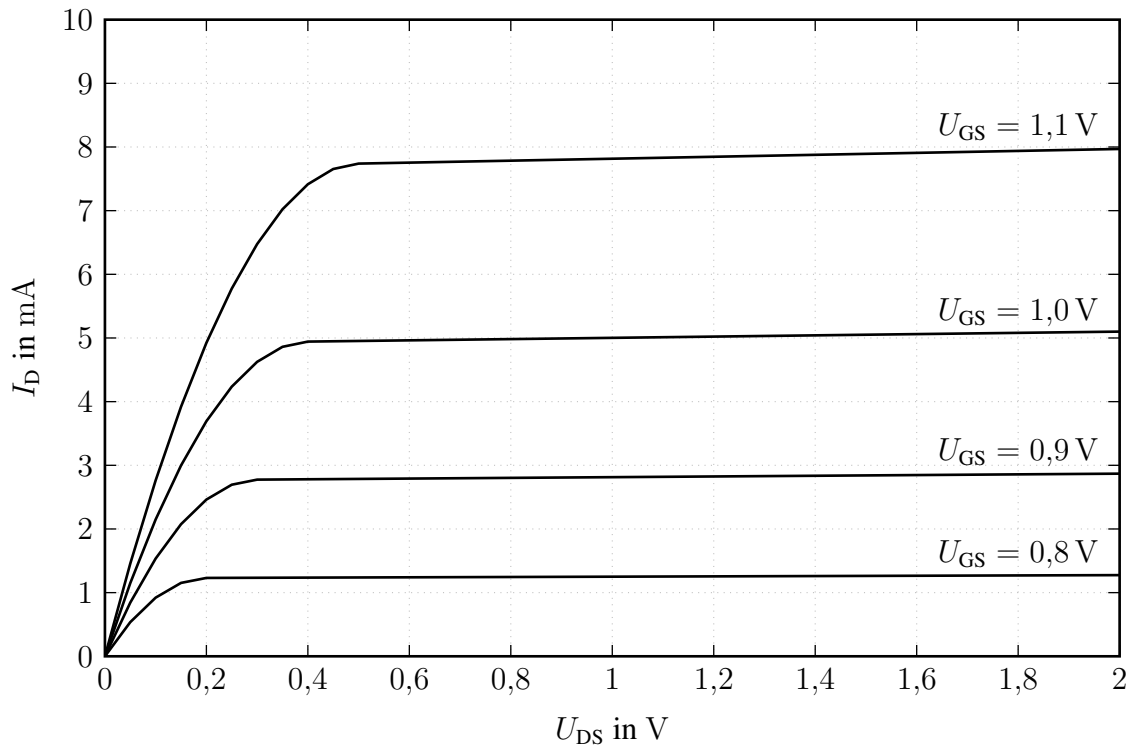


Abbildung 2: Ausgangskennlinienfeld.

- c) Wie muss U_{b1} gewählt werden, um diesen Arbeitspunkt einzustellen?
- d) Zeichnen Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung aus Abbildung 1. Die Impedanz der Kondensatoren kann für Wechsignale als $|Z_C| = 0$ angenommen werden.
- e) Berechnen Sie die Kleinsignal-Spannungsverstärkung $A = \frac{u_a}{u_e}$ des unbelasteten Verstärkers sowie für den Fall, dass ein Lastwiderstand $R_L = 50 \Omega$ am Ausgang angeschlossen wird.
- (Zusatz)** Überprüfen Sie Ihre Ergebnisse durch Simulation in LTspice.

Aufgabe 2 (Design-Aufgabe für gegebene Grenzwerte)

Gegeben ist die Schaltung in Abbildung 3. Der Transistor besitzt die Werte $\beta = 160 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$, $U_{\text{th}} = 0,5 \text{ V}$ und wird an einer Versorgungsspannung $U_b = 4,5 \text{ V}$ betrieben. Der Source-Widerstand beträgt $R_S = 50 \Omega$. Die Kanallängenmodulation kann vernachlässigt werden.

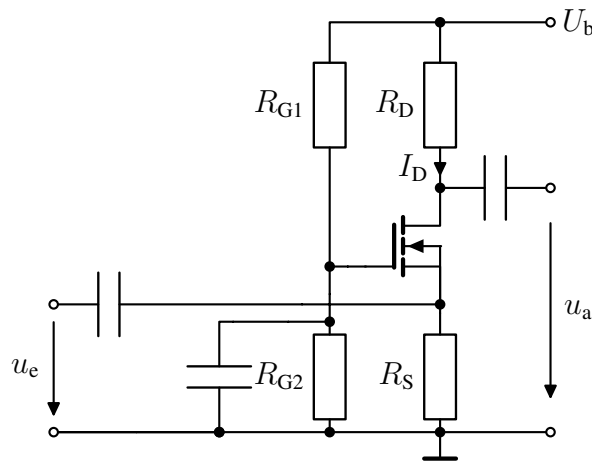


Abbildung 3

- In welcher Grundschaltung wird der Transistor betrieben?
- Für den Transistor sind folgende Grenzwerte gegeben: der maximale Drainstrom I_D beträgt 20 mA und die Drain-Source-Durchbruchspannung $U_{\text{DS,Br}}$ ist 8 V .
Wie muss die Lastgerade eingezeichnet werden, um maximale Aussteuerbarkeit der Ausgangsspannung u_a zu erreichen? Skizzieren Sie die Lastgerade auf dem Ausgangskennlinienfeld und bestimmen Sie den Wert des Drainwiderstands R_D . Welche Werte ergeben sich dann für U_{DS} und I_D im Arbeitspunkt?
- Berechnen Sie die Gate-Source-Spannung U_{GS} , die benötigt wird um den in b) ermittelten Drain-Strom I_D im Arbeitspunkt einzustellen. Wie müssen dann die Spannungsteiler-Widerstände R_{G1} und R_{G2} gewählt werden, wenn $R_{G1} + R_{G2} = 50 \text{ k}\Omega$ gelten soll?
- Zeichnen Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung aus Abbildung 3. Die Impedanz der Kondensatoren kann für Wechsignale als $|Z_C| = 0$ angenommen werden.
Hinweis: Es kann angenommen werden, dass die Kleinsignalnäherung gültig ist.
- Berechnen Sie den Kleinsignal-Eingangs- und -Ausgangswiderstand der Schaltung.
- Berechnen Sie die Kleinsignal-Spannungsverstärkung $A = \frac{u_a}{u_e}$ der Schaltung.

Aufgabe 3 (CMOS-Verstärker)

Gegeben ist die Schaltung in Abbildung 4a. Die Transistoren besitzen folgende Parameter: $|U_{th,n}| = |U_{th,p}| = 0,4\text{ V}$, $w_n = 6\text{ }\mu\text{m}$, $l_n = l_p = 22\text{ nm}$, $\mu_n = 1200\frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}}$, $\mu_p = 400\frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}}$ und $C'_{ox} = 3,66\frac{\text{fF}}{\mu\text{m}^2}$. Die Versorgungsspannung beträgt $\pm 1\text{ V}$ und die Kanallängenmodulation kann vernachlässigt werden.

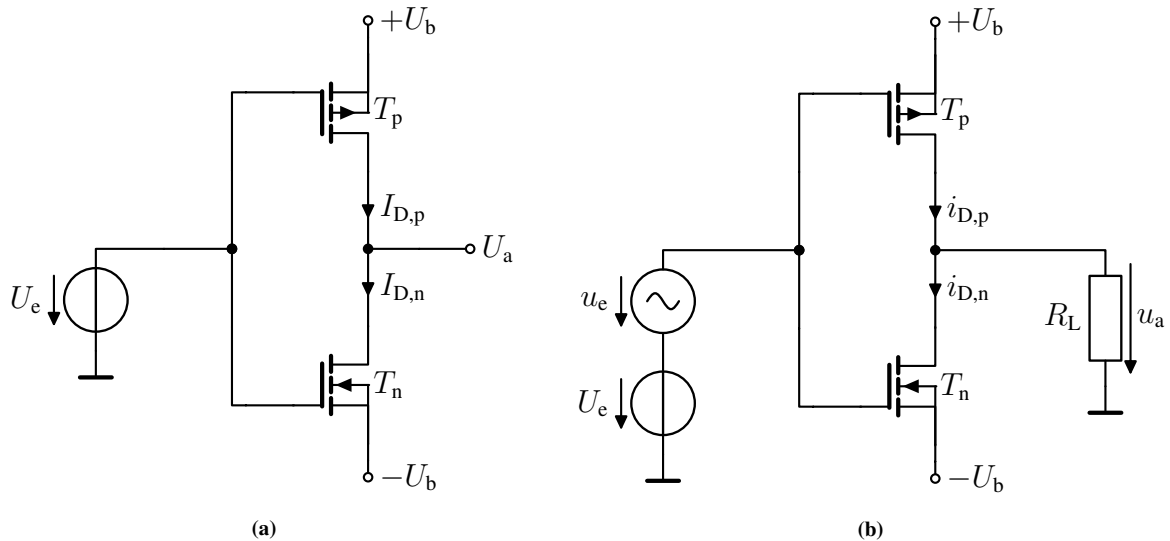


Abbildung 4

- Wie muss w_p gewählt werden, damit $\beta_p = \beta_n$?
- Skizzieren Sie die Übertragungskennlinie $U_a = f(U_e)$ und wählen Sie den Arbeitspunkt so, dass $U_a = U_e$ gilt.
- Berechnen Sie den Drainstrom und die Verlustleistung im Arbeitspunkt.
- Zusätzlich wird ein Kleinsignal u_e eingespeist und eine Last $R_L = 1\text{ k}\Omega$ am Ausgang angeschlossen, siehe Abbildung 4b. Skizzieren Sie das Kleinsignalersatzschaltbild des CMOS-Verstärkers und berechnen Sie die Kleinsignal-Spannungsverstärkung $A = \frac{u_a}{u_e}$.
- An den Eingang der Schaltung wird eine Wechselspannung $u_e(t) = 1\text{ mV} \cdot \sin(2\pi f \cdot t)$ angelegt. Skizzieren Sie je drei Perioden der Eingangsspannung $u_e(t)$ sowie der Ausgangsspannung $u_a(t)$ im Zeitbereich, wenn $f = 1\text{ MHz}$ gilt.