

## Übungsblatt 8

Eike Petersen<sup>1</sup>

Besprechung am 26. Januar 2022

### Aufgabe 1

Betrachten Sie die in Abbildung 1 dargestellte Common Gate-Verstärkerschaltung.

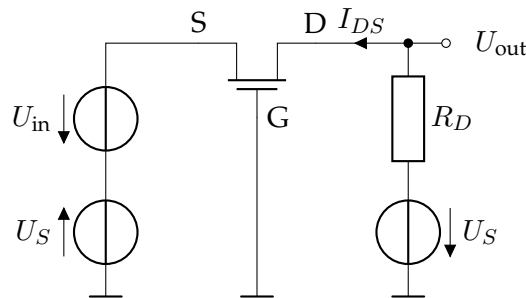


Abbildung 1

- Nehmen Sie an, der MOSFET operiere im Triodenbereich. Zeichnen Sie ein entsprechendes Ersatzschaltbild der Schaltung, und bestimmen Sie  $U_{\text{out}}$  und  $I_{DS}$  in Abhängigkeit von  $U_{\text{in}}$ ,  $R_D$ ,  $U_S$  und dem MOSFET-Parameter  $R_{ON}$ .
- Nehmen Sie an, der MOSFET operiere im Sättigungsbereich. Zeichnen Sie ein entsprechendes Ersatzschaltbild der Schaltung, und bestimmen Sie  $U_{\text{out}}$  und  $I_{DS}$  in Abhängigkeit von  $U_{\text{in}}$ ,  $R_D$ ,  $U_S$  und den MOSFET-Parametern  $K$  und  $U_T$ .
- Bestimmen Sie den Wertebereich für  $U_{\text{in}}$ , für den der MOSFET in Sättigung ist. Welches ist der dazugehörige Wertebereich von  $U_{\text{out}}$ ?
- Skizzieren Sie die Verstärkerkennlinie ( $U_{\text{out}}$  über  $U_{\text{in}}$  aufgetragen) für  $U_S = 5\text{ V}$ ,  $R_D = 3\ \Omega$ ,  $R_{ON} = 1.5\ \Omega$ ,  $U_T = 1.5\text{ V}$  und  $K = 1\text{ A/V}^2$ , und vergleichen Sie diese mit der Verstärkerkennlinie der Common-Source-Verstärkerschaltung (Blatt 7, Aufgabe 1).

<sup>1</sup>Institut für Medizinische Elektrotechnik, Universität zu Lübeck. Aufgaben teilweise modifiziert übernommen aus Agarwal, Lang (2005): „Foundations of Analog and Digital Electronic Circuits“.

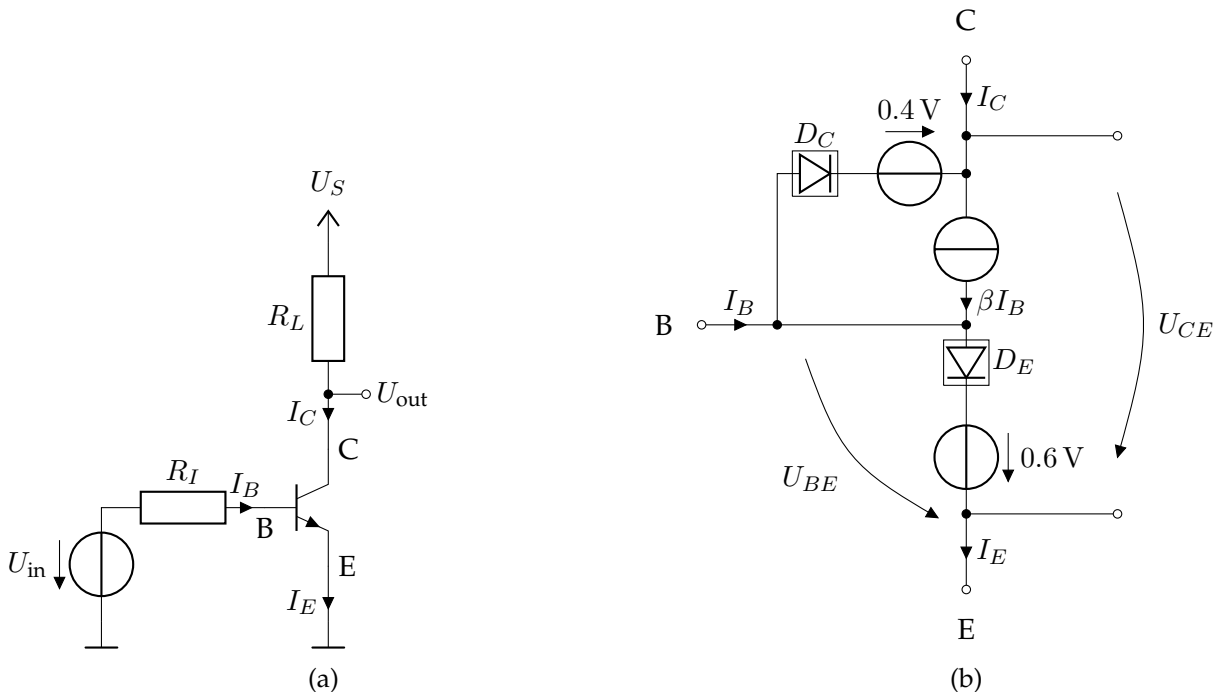


Abbildung 2

## Aufgabe 2

Betrachten Sie die in Abbildung 2a dargestellte Verstärkerschaltung, welche ein weiteres, wichtiges Bauelement der Elektrotechnik enthält: den Bipolar Junction Transistor (BJT), auch kurz *Bipolartransistor* genannt. Ein Bipolartransistor hat, ebenso wie ein Feldeffekttransistor, drei Anschlüsse, diese werden *Collector* (C), *Base* (B) und *Emitter* (E) genannt. In seinem Verstärkerbereich betrieben, stellt ein BJT eine *strom*-gesteuerte Stromquelle dar – im Unterschied zum MOSFET, welcher ja eine *spannungs*-gesteuerte Stromquelle repräsentiert. Bipolartransistoren sind grundsätzlich für größere Ströme und Spannungen geeignet als MOSFETs.<sup>2</sup>

Abbildung 2b zeigt ein einfaches, stückweise lineares Modell des Bipolartransistors. Die Dioden in Abbildung 2b repräsentieren ideale Dioden; in Kombination mit der jeweiligen Spannungsquelle modellieren sie eine reale Diode mit der entsprechenden Vorwärtsspannung und beschreiben so den jeweiligen Halbleiter-Übergang im BJT. Wenn die Emitter-Diode in Durchlassrichtung und die Collector-Diode in Sperrrichtung betrieben wird, sagt man, der Transistor operiere im *aktiven Bereich*. Dies ist der Bereich, in dem ein BJT in der Praxis meist betrieben wird.

Nehmen Sie an, dass  $U_S = 5 \text{ V}$ ,  $R_L = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $R_I = 500 \text{ k}\Omega$  und  $\beta = 100$  ist.

- a) Untersuchen Sie das Ersatzschaltbild des Bipolartransistors aus Abbildung 2b:
  - i) Unter welchen Bedingungen an die Pin-Spannungen  $U_{BE}$  und  $U_{CE}$  schalten die Collector-Diode  $D_C$  sowie die Emitter-Diode  $D_E$  jeweils durch?
  - ii) Welche Vorzeichen können die Pin-Ströme  $I_B$ ,  $I_C$  und  $I_E$  annehmen? Falls einer der Ströme verschiedene Vorzeichen annehmen kann: in welchem Zustand müssen die beiden Dioden jeweils betrieben werden, damit das eine oder das andere Vorzeichen auftreten kann?

<sup>2</sup>Für mehr Informationen zu den Eigenschaften und dem physikalischen Aufbau von Bipolartransistoren siehe z.B. <https://de.wikipedia.org/wiki/Bipolartransistor>.

- b) Zeichnen Sie ein Ersatzschaltbild der dargestellten Verstärkerschaltung, indem Sie das Modell aus Abbildung 2b verwenden.
- c) Geben Sie eine Beziehung zwischen  $U_{\text{out}}$  und  $I_C$  an.
- d) Geben Sie eine Beziehung zwischen  $I_C$  und  $U_{\text{in}}$  an.
- e) Geben Sie eine Beziehung zwischen  $I_E$  und  $I_B$  an.
- f) Geben Sie eine Beziehung zwischen  $U_{\text{out}}$  und  $U_{\text{in}}$  für den aktiven Bereich an. Bestimmen Sie, für welche Eingangsspannungen der BJT sich im aktiven Bereich befindet, und skizzieren Sie die Verstärkerkennlinie der Schaltung in diesem Bereich.
- g) Untersuchen Sie, in welchen Bereichen (Sperrbereich oder Durchlassbereich) die Collector- bzw. Emitterdiode betrieben werden, wenn der BJT *nicht* im aktiven Bereich betrieben wird, und vervollständigen Sie die Verstärkerkennlinie entsprechend. Vergleichen Sie diese mit den beiden bisher erarbeiteten MOSFET-Kennlinien.
- h) Welchen Wert nimmt  $U_{\text{out}}$  für  $U_{\text{in}} = 0.7 \text{ V}$  an? Welche Werte haben dann  $I_B$ ,  $I_C$  und  $I_E$ ?