

## Übungsblatt 4

Eike Petersen, Julia Sauer<sup>1</sup>

Besprechung am 8. Dezember 2021

### Aufgabe 1

Eine Schaltung wird mittels einer 5 V-Spannungsquelle betrieben. Der Schaltung soll nun eine LED hinzugefügt werden, um anzuzeigen, wann die Spannungsquelle aktiv ist. Die LED hat die in Abbildung 2 dargestellte Kennlinie und soll laut Herstellerangaben bei einer Spannung von 1.8 V und einem Diodenstrom von 16 mA betrieben werden. Eine mögliche Schaltung um die LED wunschgemäß einzusetzen ist in Abbildung 1a dargestellt.

- Welchen Wert sollten Sie für den Widerstand  $R_D$  wählen, damit die LED im vom Hersteller angegebenen Arbeitspunkt (1.8 V, 16 mA) betrieben wird?
- Zusätzlich zu obigen Angaben ist vom LED-Hersteller ein zulässiger Maximalstrom  $I_{\max} = 19 \text{ mA}$  angegeben, der im Betrieb nicht überschritten werden soll. Weiterhin sind in Ihrem Labor Widerstände lediglich in den Stärken  $160 \Omega$  sowie  $220 \Omega$  erhältlich. Welcher Widerstand sollte in der Schaltung eingesetzt werden?
- In einem weiteren Schritt nehmen Sie nun an, die Spannungsquelle sei nicht ideal und habe einen Innenwiderstand  $R_i$  von  $5 \Omega$ . Die unbekannte Schaltung habe wie in Abbildung 1b dargestellt einen Gesamtwiderstand von  $R_G = 1 \text{ k}\Omega$ . Bestimmen Sie grafisch die in diesem Fall an der LED abfallende Spannung unter Verwendung des in Aufgabenteil b) ausgewählten Vorwiderstandes! Warum ist eine analytische Lösung in diesem Fall nicht geeignet?

**Hinweis:** Stellen Sie die gesamte Schaltung mit Ausnahme der LED als Ersatzspannungsquelle bezüglich der Diodenanschlüsse dar.

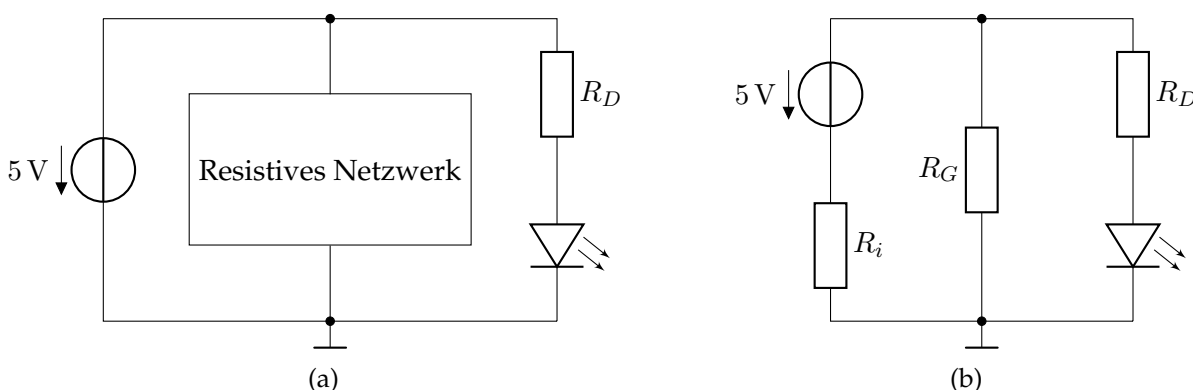


Abbildung 1

<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“.

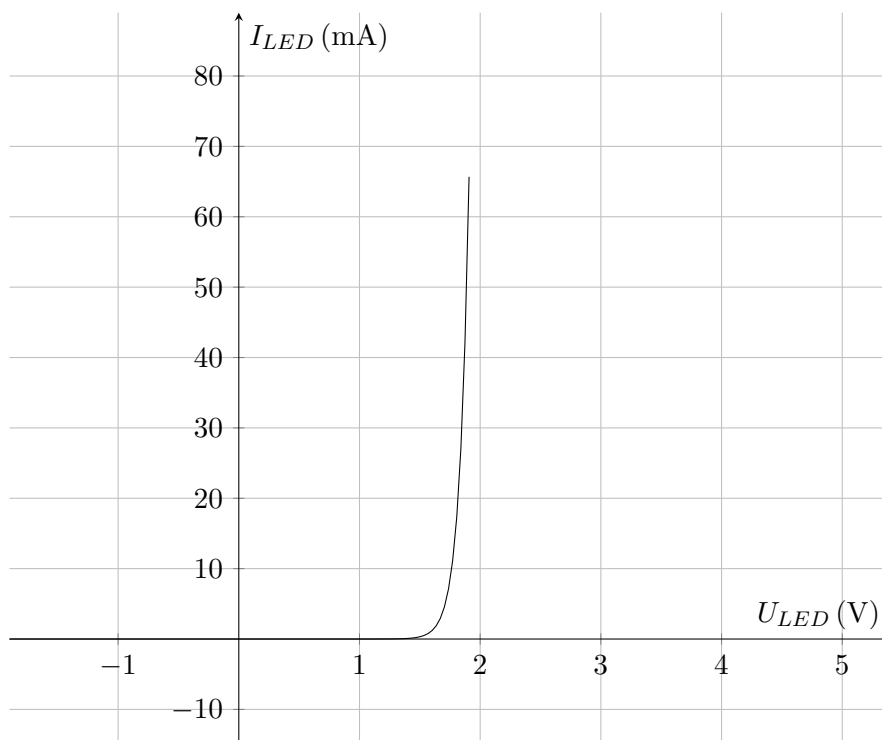


Abbildung 2

## Aufgabe 2 (Klausuraufgabe WS 2015/16)

- a) Abbildung 3 zeigt die Kennlinie einer nichtidealen Batterie. Betrachten Sie die Schaltung in Abbildung 4a, in welcher diese Batterie eingesetzt wird. Bestimmen Sie näherungsweise die Batteriespannung  $U_B$  in dieser Schaltung und berechnen Sie daraus den Batteriestrom  $I_B$ .

**Hinweis:** Überlegen Sie zunächst, wie sich die nichtlineare Batterie für große Lastwiderstände verhält!

- b) An die Batterie werden nun ein kleiner Widerstand sowie eine ideale Spannungsquelle angeschlossen, siehe Abbildung 4b. Bestimmen Sie grafisch den Arbeitspunkt  $(I_B, U_B)$ , in dem die Batterie in dieser Schaltung betrieben wird. Nehmen Sie dafür an, dass  $U_1 = 1\text{ V}$  und  $R_1 = 1\ \Omega$  sei.

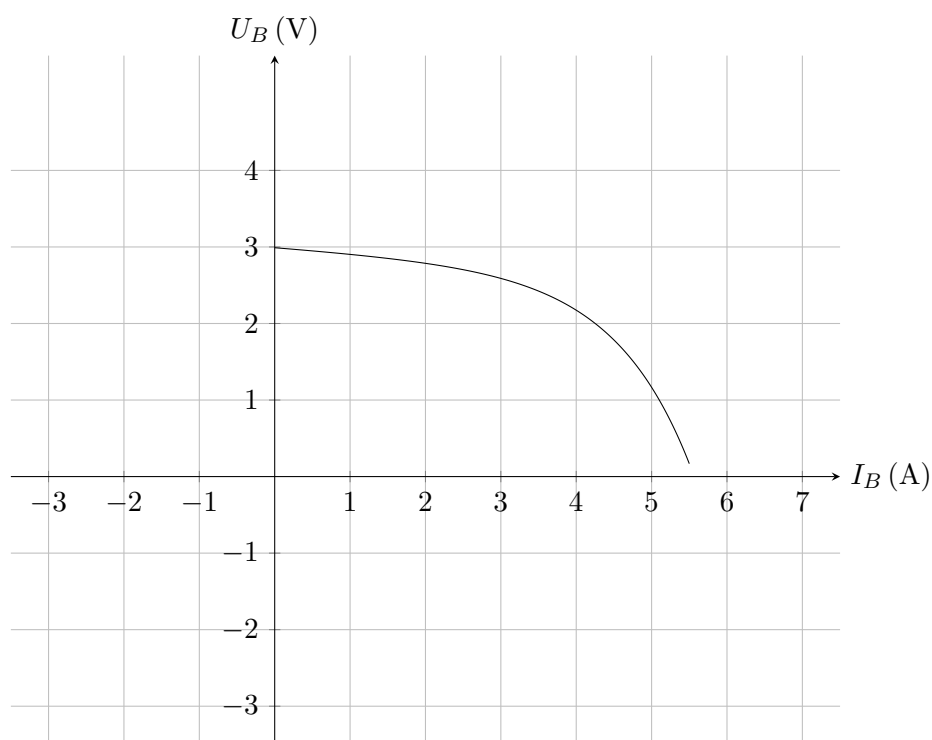


Abbildung 3: Nichtlinearer Zusammenhang  $U_B = f(I_B)$  zwischen Batteriestrom  $I_B$  und Batteriespannung  $U_B$ .

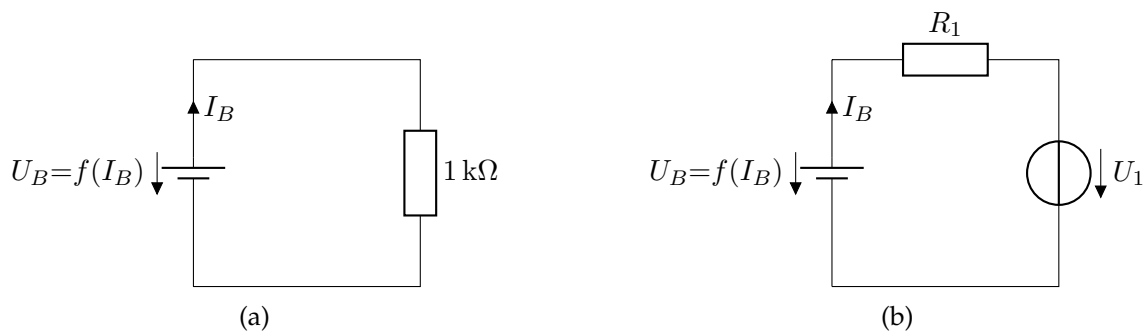


Abbildung 4

### Aufgabe 3 (Klausuraufgabe WS 2015/16)

Betrachten Sie die Schaltung in Abbildung 5a. Bestimmen Sie einen mathematischen Ausdruck für den Strom  $i_A$  und zeichnen Sie die Strom-Spannungs-Kennlinie ( $i_A$  über  $u_A$ ) des Netzwerks in Abbildung 5b ein. Die in dem Netzwerk angegebene Diode kann als ideal angenommen werden.

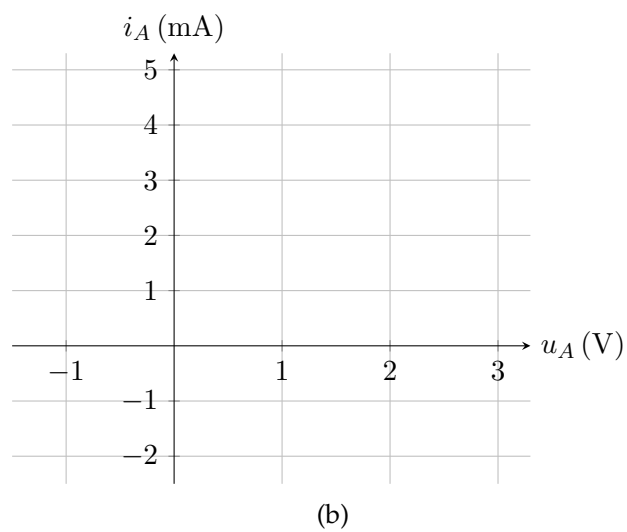
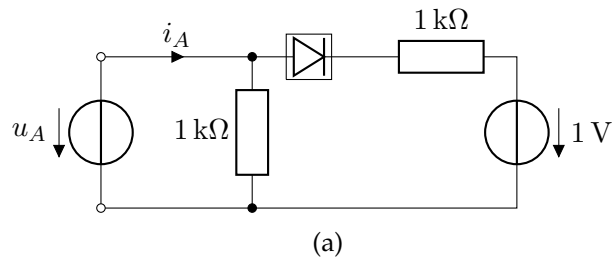


Abbildung 5

## Aufgabe 4

Betrachten Sie ein nichtlineares Bauteil, dessen Strom-Spannungs-Charakteristik durch

$$i_A = \begin{cases} u_A^3 \text{ mA}/(\text{V}^3) + 2u_A \text{ mA}/\text{V} & \text{für } u_A \geq 0 \text{ V} \\ 0 \text{ A} & \text{sonst} \end{cases}$$

gegeben ist.

- Skizzieren Sie die Strom-Spannungs-Charakteristik des Bauteils.
- Bestimmen Sie die Kleinsignal-Änderung  $\Delta i_{A,1}$  des Stroms für eine Kleinsignal-Änderung  $\Delta u_{A,1}$  in der Spannung um den Arbeitspunkt 1 V, indem Sie die Kennlinie um diesen Arbeitspunkt linearisieren. (Sie müssen hierzu die Ableitung der Kennlinie im Arbeitspunkt bestimmen.) Verwenden Sie diese Linearisierung, um näherungsweise den Strom bei einer Spannung von 1.5 V zu bestimmen.
- Bestimmen Sie die Kleinsignal-Änderung  $\Delta i_{A,2}$  des Stroms für eine Kleinsignal-Änderung  $\Delta u_{A,2}$  in der Spannung, wenn nun als Arbeitspunkt stattdessen die Spannung 2 V gewählt wird. Verwenden Sie diese neue Linearisierung, um erneut näherungsweise den Strom bei einer Spannung von 1.5 V zu bestimmen. Welche der beiden Näherungen ist genauer?
- Welchem elektrotechnischen Bauteil entspricht die durch die Linearisierungen gefundene Beziehung zwischen  $\Delta u_A$  und  $\Delta i_A$ ?
- Verwenden Sie die oben bestimmte Linearisierung (das „Kleinsignalmodell“) des Bauteils, um den sich einstellenden Strom für eine sinusförmige Eingangsspannung

$$u_A = U_A + \Delta u_A(t) = 2 \text{ V} + 0.5 \text{ V} \cdot \sin(\omega t)$$

näherungsweise zu bestimmen.