

Elektronische Schaltungen SS 2022

2. Übungsblatt

Dioden

Aufgabe 1 (Großsignalanalyse – I/U Kennlinie, Arbeitspunkt)

Eine ideale Diode hat eine Flussspannung von $U_F = 0,7 \text{ V}$ und eine Durchbruchspannung von $U_{Br} = 75 \text{ V}$. Der Sättigungssperrstrom in Durchlassrichtung beträgt $I_S = 10 \text{ fA}$. Die Diode wird bei einer Temperatur von $T = 300,15 \text{ K}$ betrieben.

a) Zeichnen Sie die I-U Kennlinie der idealen Diode.

Hinweis: Achten Sie auf korrekte Beschriftung des Diagramms.

b) Der Arbeitspunkt der Diode soll bei $U_{D,AP} = 0,8 \text{ V}$ liegen. Berechnen Sie den zugehörigen Strom $I_{D,AP}$ im Arbeitspunkt.

c) In Abbildung 1 ist die Parallelschaltung aus den beiden idealen Dioden D1 und D2 gegeben. Die beiden Dioden sind identisch und besitzen die Kenngrößen aus der Aufgabenstellung. Zeichnen Sie die I-U Kennlinie dieser Schaltung.

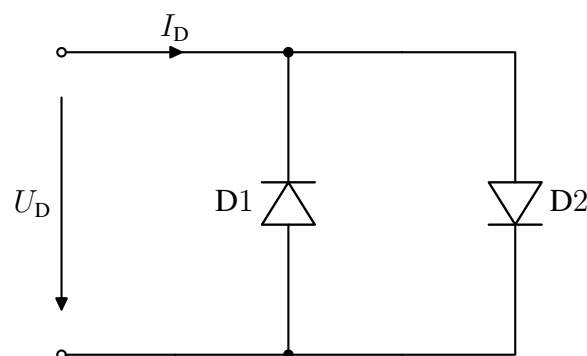


Abbildung 1: Schaltung aus zwei parallelen Dioden.

d) Wie ändert sich die I-U Kennlinie für eine Diode mit Bahnwiderstand R_B im Vergleich zu einer idealen Diode? Geben Sie außerdem die Gleichung für die Diodenspannung in der Form $U_D=f(I_D)$ für eine ideale Diode sowie für eine Diode mit Bahnwiderstand an.

Spice-Simulation

Nun sollen die Teilaufgaben a) bis d) mittels einer Spice-Simulation gelöst werden.

e) Welche Analyse muss in LTspice gewählt werden, um die I-U Kennlinie von a) erzeugen zu können? Erstellen Sie in LTspice eine Schaltung bestehend aus einer Diode und der passenden Spannungsquelle. Lassen Sie sich dann die I-U-Kennlinie im Durchlass- und Durchbruchsbereich anzeigen. Achten Sie auf eine sinnvolle Skalierung der Achsen.

Hinweis: Um eine ideale Diode zu simulieren, soll das „Standard Berkeley Spice-Halbleiterdioden Modell“ genutzt werden. Das Modell kann über die Spice-Anweisung `.model` mit den entsprechenden Parametern definiert werden.

f) Bestimmen Sie nun den Strom $I_{D,AP}$ bei dem Arbeitspunkt $U_{D,AP} = 0,8 \text{ V}$ simulativ.

Hinweis: Werte können direkt aus dem Plot abgelesen werden oder über die Spice-Anweisung `.meas` angezeigt werden, wobei die Werte in der `.log` Datei aufgelistet werden.

g) Um das Verhalten einer Diode mit Bahnwiderstand zu untersuchen, fügen Sie nun in das ideale Modell von Aufgabenteil e) einen Bahnwiderstand von $R_B = 500 \text{ m}\Omega$ ein. (In den Spice-Modellen wird dieser mit R_S bezeichnet.) Lesen Sie auch hier wieder den Strom $I_{D,AP}$ im Arbeitspunkt bei $U_{D,AP} = 0,8 \text{ V}$ ab. Was erwarten Sie, wird $I_{D,AP}$ größer oder kleiner als in Teilaufgabe f) sein?

Aufgabe 2 (Kleinsignalanalyse – Zeitbereich)

Nun soll das Verhalten einer idealen Diode untersucht werden, wenn eine kleine Wechselspannung an die Diode angelegt wird. Die Diode soll im Arbeitspunkt von Aufgabe 1 betrieben werden ($U_{D,AP} = 0,8 \text{ V}$, $I_{D,AP} = 271 \text{ mA}$). Der Aufbau der Schaltung ist in Abbildung 2 zu sehen. Es gilt $u_e(t) = 0,01 \text{ V} \cdot \sin(2\pi \cdot 1 \text{ kHz} \cdot t)$. Rechnen Sie mit einer Temperaturspannung von $U_T = 26 \text{ mV}$ weiter.

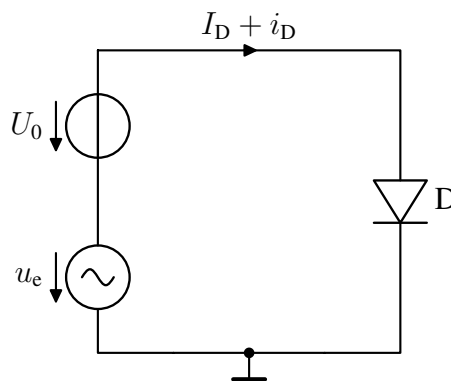


Abbildung 2: Einfache Diodenschaltung.

- Wie groß muss U_0 gewählt werden, sodass die Diode im Arbeitspunkt betrieben wird? Zeichnen Sie außerdem den zeitlichen Verlauf der Spannung über der Diode $u_D(t)$ (Gleich- und Wechselspannungsanteil).
- Zeichnen Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der idealen Diode und berechnen Sie die vorkommenden Größen.
- Berechnen Sie den zeitlichen Verlauf des Stroms $i_D(t)$ und zeichnen Sie diesen.

Die ideale Diode wird nun mit einer Diode mit einem Bahnwiderstand von $R_B = 500 \text{ m}\Omega$ ersetzt und besitzt die I-U Kennlinie aus Abbildung 3. Die Diode soll weiterhin bei $U_{D,AP} = 0,8 \text{ V}$ betrieben werden. Die Kapazitäten der Diode können vernachlässigt werden.

- Zeichnen Sie das erweiterte Kleinsignalersatzschaltbild und berechnen Sie erneut den zeitlichen Verlauf des Stroms $i_D(t)$.

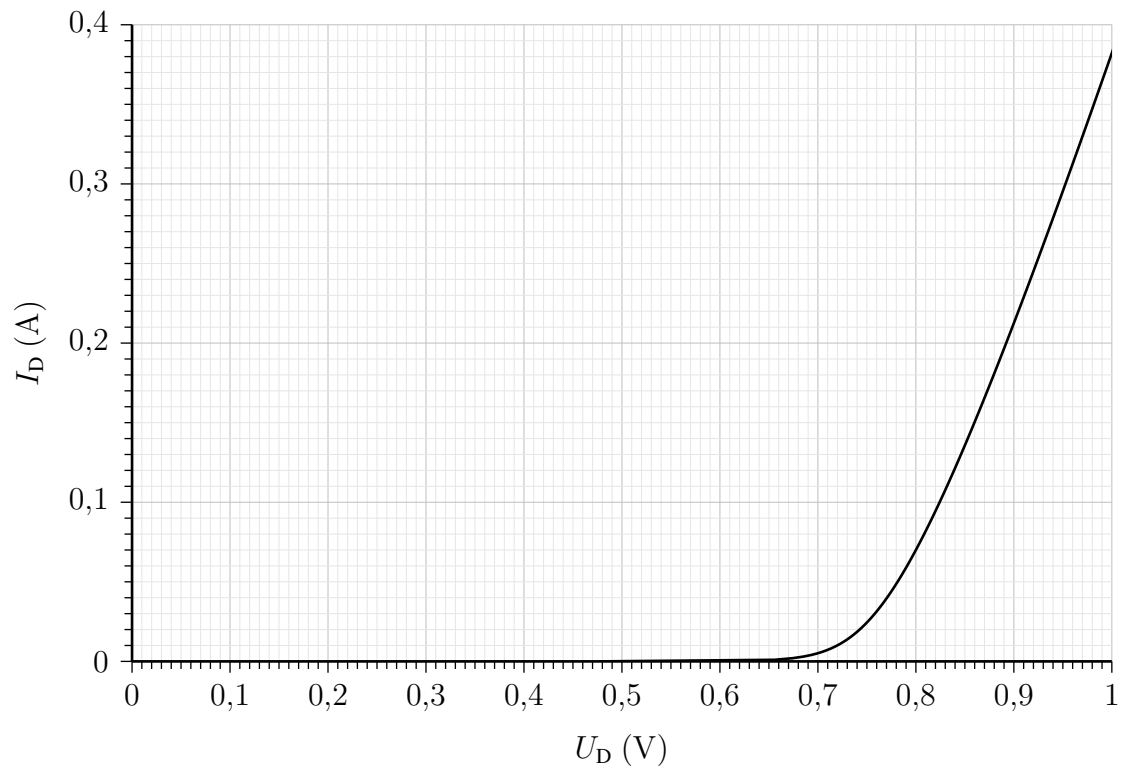


Abbildung 3: I-U Kennlinie der Diode mit Bahnwiderstand.

Spice-Simulation

e) Führen Sie nun die Kleinsignalanalyse der idealen Diode mittels einer Spice-Simulation durch. Nutzen Sie das gleiche Modell wie in Aufgabe 1. Gehen Sie für die Simulation wie folgt vor:

1. Überlegen Sie sich, welche Spannungsquelle benötigt wird.
2. Lassen Sie sich den zeitlichen Verlauf der Spannung $u_D(t)$ anzeigen. Achten Sie dabei auf eine sinnvolle Achsenskalierung, z.B. lassen Sie sich 10 Perioden anzeigen.
3. Lassen Sie sich den zeitlichen Verlauf des Stroms $i_D(t)$ anzeigen. Achten Sie dabei auf eine sinnvolle Achsenskalierung, z.B. lassen Sie sich 10 Perioden anzeigen.
4. Überlegen Sie sich, über welche Analyse Sie den differentiellen Widerstand der Diode berechnen lassen können und lesen Sie diesen über eine geeignete Spice-Anweisung mittels `.meas` ab.

Aufgabe 3 (Arbeitspunkt Bestimmung)

Gegeben ist die Schaltung in Abbildung 4 mit der Versorgungsspannung $U_0 = 3\text{ V}$ und dem Widerstand $R = 1\text{ k}\Omega$. Die Diode kann als ideal betrachtet werden und besitzt einen Sättigungssperrstrom von $I_S = 1\text{ fA}$, die Temperaturspannung beträgt $U_T = 26\text{ mV}$.

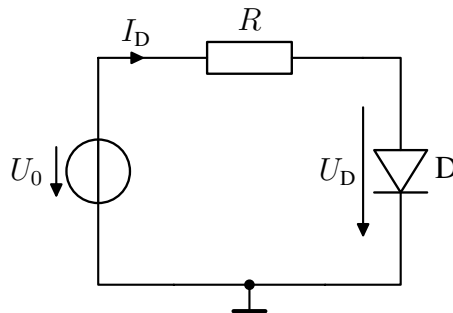


Abbildung 4: Einfache Diodenschaltung.

a) Bestimmen Sie den Arbeitspunkt der Diode graphisch und nutzen Sie hierfür die Diodenkennlinie aus Abbildung 5.

Die Diode soll nun im Arbeitspunkt $I_{D,AP} = 1,5\text{ mA}$ und $U_{D,AP} = 0,65\text{ V}$ betrieben werden und es steht eine Spannungsquelle von $U_0 = 5\text{ V}$ zur Verfügung.

b) Wie groß muss der Widerstand R gewählt werden?

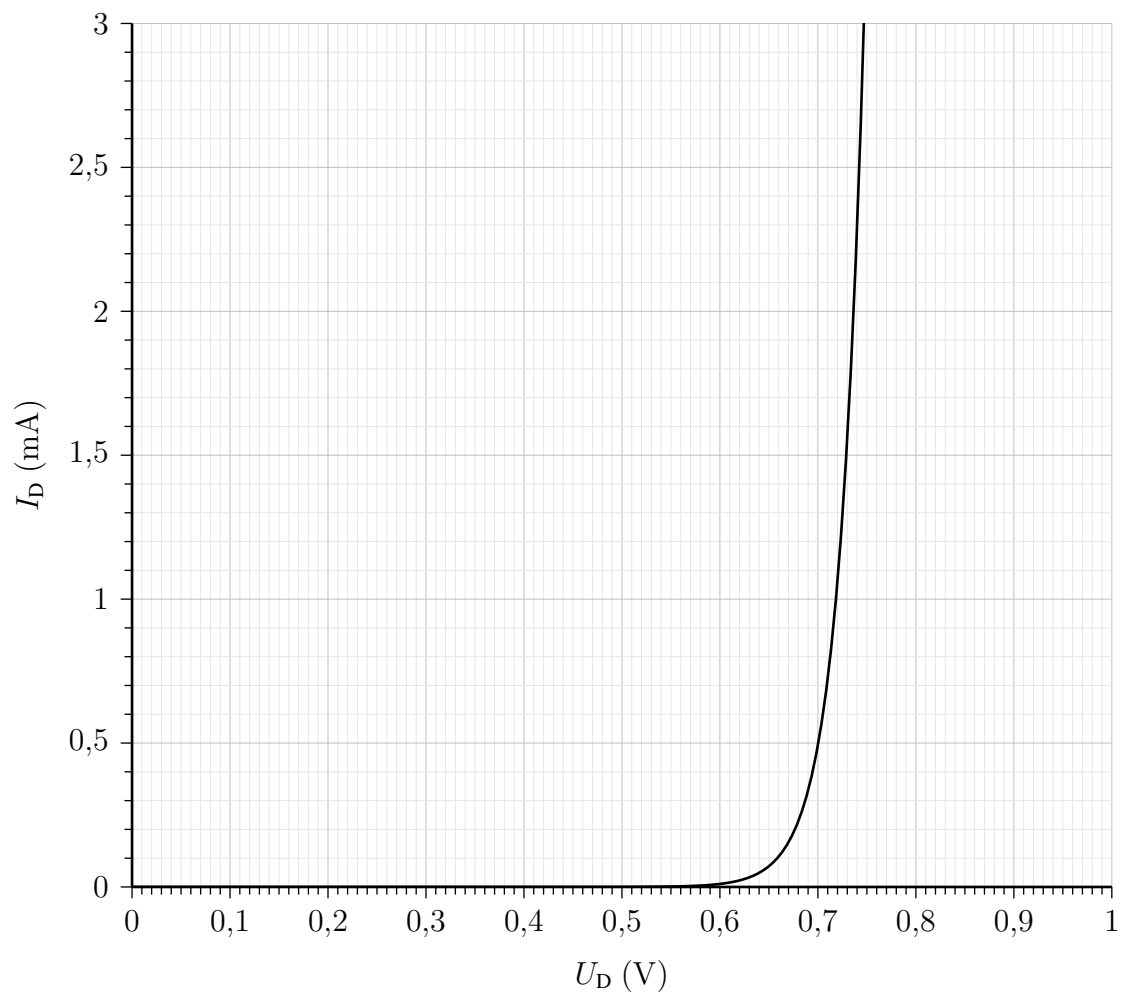


Abbildung 5: I-U Kennlinie der idealen Diode.

Aufgabe 4 (Kleinsignalanalyse – Frequenzbereich)

Gegeben ist die Schaltung in Abbildung 6 mit der Versorgungsspannung $U_0 = 2\text{ V}$ und dem Widerstand $R = 300\ \Omega$.

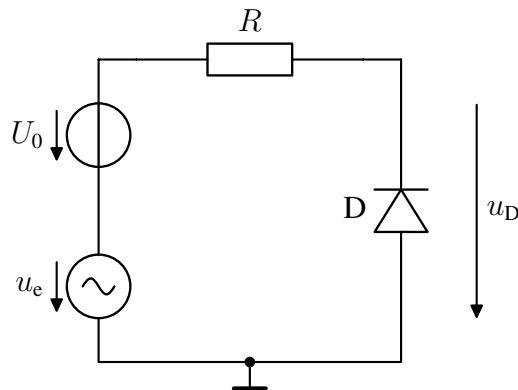


Abbildung 6: Diodenschaltung mit Vorwiderstand.

- a) Zeichnen Sie das vollständige Ersatzschaltbild der Schaltung im Kleinsignalbetrieb.
- b) In Abbildung 7 ist die Abhängigkeit der Sperrschichtkapazität über der Gleichspannung der Diode gegeben. Der Bahnwiderstand kann vernachlässigt werden. Skizzieren Sie den Frequenzverlauf des Betrags der Übertragungsfunktion $\left| \frac{u_D}{u_e} \right|$. Berechnen Sie außerdem die 3dB-Grenzfrequenz und zeichnen Sie diese ebenfalls ein.

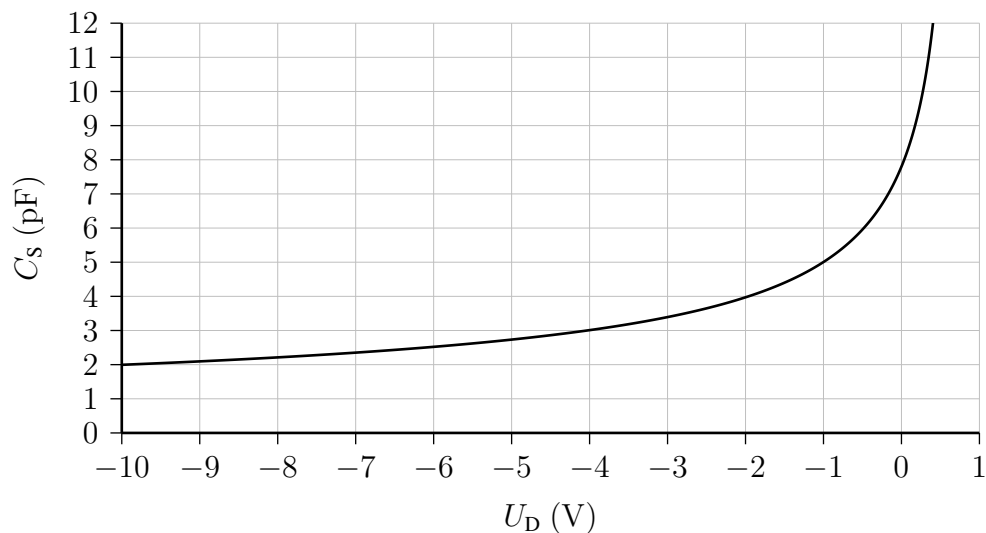


Abbildung 7: Sperrschichtkapazität der Diode.

- c) Wie verhält sich die Diode für große Frequenzen?