

Elektronikpraktikum
Versuch 2: Diodenkennlinien

Carlos Pascua ^{*1}, Anna Maróti^{†1}, and Cornelius Heiming^{‡1}

¹Uni Bonn

6. Mai 2025

^{*}s87cpasc@uni-bonn.de

[†]s32amaro@uni-bonn.de

[‡]s64cheim@uni-bonn.de

Inhaltsverzeichnis

1	Theorie	1
2	Vorausgaben	1

1 Theorie

Einführung

In diesem Versuch wird

2 Voraufgaben

(A) Was bestimmt die Dicke der Grenzschicht bei einem p-n-Halbleiter?

Wenn man bei einer p-n Halbleiter eine Spannung anlegt, werden es Elektronen und Löcher diffundieren und bleiben im Halbleiter Donatorionen bzw. Akzeptaronionen übrig, die zusammen ein elektrisches Feld bilden. Diese wird immer größer, bis die genauso groß, wie die Spannung, die von der Diffusion von Löcher und Elektronen ist.

(B) Wie ändert sich die Kapazität einer Diode im Sperrfall mit der angelegten Spannung?

Im Sperrbetrieb bildet sich in der Halbleiterdiode eine Raumladungszone mit gespeicherten Ladungen. Diese Zone wirkt wie ein Plattenkondensator mit der Kapazität $C = \epsilon_0 \epsilon_r A/d$, wobei d dem effektiven Ladungsträgerabstand entspricht. Wird die Sperrspannung erhöht, vergrößert sich d , und die Kapazität nimmt entsprechend ab.

(C) Skizzieren Sie den Kennlinienverlauf $I = f(U)$ der Zweipole aus Abb. 1 ($R = 100 \Omega$; $D = \text{Diode}$). Erläutern Sie bei c) und d) den Einfluss der Widerstände.

Bei Schaltung (c) begrenzt der in Reihe geschaltete Widerstand den Stromfluss, sobald die Durchlassspannung der Diode erreicht ist. In Schaltung (d) hingegen bewirkt der parallel geschaltete Widerstand, dass bereits bei kleinen Eingangsspannungen ein Teil des Stroms über ihn abfließen kann.

(D) Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf der Ausgangsspannungen der Schaltungen in Abb. ??, wenn die Eingangsspannung eine weit über der Durchlassspannung der Dioden liegende Sinusspannung ist.

(E) Wie muss C dimensioniert sein, um die Welligkeit der Spannung über R möglichst klein zu halten?

Um die Welligkeit der Ausgangsspannung möglichst gering zu halten, sollte der Kondensator die Spannungsminima überbrücken können. Dazu muss die Zeitkonstante $\tau = RC$ in der Größenordnung des Abstands T zwischen zwei Spannungsmaxima liegen. Daraus folgt näherungsweise $C \sim \tau/R$.

(F) Wie würden Sie Strom- und Spannungsmessgerät zur Messung der Kennlinie in Durchlassrichtung und in Sperrrichtung anordnen? Berücksichtigen Sie die Innenwiderstände der beiden Geräte.

In Durchlassrichtung sollte spannungsrichtig gemessen werden, da der Spannungsabfall über der Diode gering, der Strom jedoch vergleichsweise groß ist. In Sperrrichtung empfiehlt sich eine stromrichtige Messung, da hier hohe Spannungen bei sehr kleinen Strömen auftreten.

(G) Wie kann man sich eine zu einem Strom proportionale Spannung herstellen?

Eine zu einem Strom proportionale Spannung kann mithilfe eines ohmschen Widerstands erzeugt werden, da gemäß dem Ohm'schen Gesetz $U = R \cdot I$ gilt.

(H) Für Abb. 5: Berechnen Sie größenordnungsmäßig die größte Kapazität, die benutzt werden darf, ohne die Grenzwerte der Si-Diode zu überschreiten.

Die maximale Kapazität ergibt sich aus dem Zusammenhang $C = \frac{Q}{U} = \frac{I \cdot \Delta t}{\Delta U}$. Setzt man die Werte $I_{\max} = 1000 \text{ mA}$, $\Delta t = 100 \mu\text{s}$ und $\Delta U = 1 \text{ V}$ ein, so ergibt sich:

$$C_{\max} = \frac{I_{\max} \cdot \Delta t}{\Delta U} = \frac{1000 \text{ mA} \cdot 100 \mu\text{s}}{1 \text{ V}} = 100 \mu\text{F}$$

(I) Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf der Spannung am Ausgang der Schaltungen in Abb. 2.9.

(J) Skizzieren Sie die Lastabhängigkeit der Spannung U' in Abb. 8 a). Geben Sie die Formel an, aus der sich U' in Abhängigkeit von U_0 , R und R_L berechnen lässt. Was sind die Extremwerte für U' und I ?

Da es sich um eine Spannungsteilerschaltung handelt, gilt:

$$U' = U_0 \cdot \frac{R_L}{R_L + R}$$

Für $R_L \rightarrow 0$ folgt $U' \rightarrow 0$ und der Strom $I \rightarrow \frac{U_0}{R}$. Für $R_L \rightarrow \infty$ ergibt sich $U' \rightarrow U_0$ und $I \rightarrow 0$. Der qualitative Verlauf der Ausgangsspannung in Abhängigkeit von R_L ist in Abbildung dargestellt.

(K) Innerhalb welches Wertebereichs muss bei dieser Dimensionierung der Arbeitswiderstand R liegen, damit die Ausgangsspannung U' bei der Zenerspannung von 8.2 V stabilisiert wird?

Damit die Zenerdiode bei einer Zenerspannung von $U_Z = 8.2 \text{ V}$ zuverlässig stabilisiert, muss der Vorwiderstand R innerhalb eines bestimmten Wertebereichs liegen:

Für den Fall $R_L = \infty$ fließt der gesamte Strom durch die Diode. Um den maximal zulässigen Zenerstrom $I_{Z,\max} = 100 \text{ mA}$ nicht zu überschreiten, ergibt sich die untere Grenze für R aus dem Ohm'schen Gesetz:

$$R > \frac{U_{0,\max} - U_Z}{I_{Z,\max}} = \frac{22 \text{ V} - 8.2 \text{ V}}{100 \text{ mA}} = 138 \Omega$$

Für den Fall minimaler Eingangsspannung $U_{0,\min} = 16 \text{ V}$ und einer Last von $R_L = 200 \Omega$, soll mindestens $I_{Z,\min} = 2 \text{ mA}$ durch die Diode fließen. Dann ergibt sich:

$$R < \frac{U_{0,\min} - U_Z}{I_{Z,\min} + \frac{U_Z}{R_L}} = \frac{16 \text{ V} - 8.2 \text{ V}}{2 \text{ mA} + \frac{8.2 \text{ V}}{200 \Omega}} \approx 181.4 \Omega$$

Somit liegt der zulässige Bereich für den Vorwiderstand R zwischen etwa 138Ω und 181Ω .

Literatur

[1] *Elektronikpraktikum – Versuchsbeschreibungen*, Universität Bonn, 04.04.2025