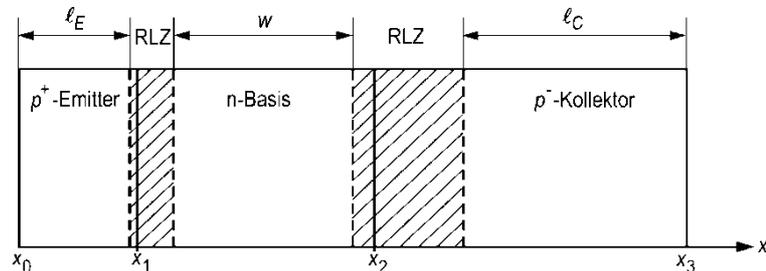


## Übungsblatt 12

### Aufgabe 1: Bipolartransistor



Betrachtet wird ein *pnp*-Transistor aus Silizium. Die Dotierungen von Emitter, Basis und Kollektor betragen  $n_{AE} = 1 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ,  $n_{DB} = 2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ,  $n_{AC} = 5 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ . Die zugehörigen physikalischen Längen betragen  $(x_1 - x_0) = 1 \mu\text{m}$ ,  $(x_2 - x_1) = 0,2 \mu\text{m}$ ,  $(x_3 - x_2) = 3 \mu\text{m}$ . Gehen Sie im Folgenden davon aus, dass die Schottky-Näherung gilt, Störstellenerschöpfung vorliegt und die Temperatur  $T = 300 \text{ K}$  beträgt. Die intrinsische Ladungsträgerdichte beträgt  $n_i = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ .

- 1.1 Skizzieren Sie den Verlauf von Valenzband, Leitungsband und Fermi-Niveau für eine Basis-Emitter-Spannung  $U_{BE} = 0 \text{ V}$  und eine Basis-Kollektor-Spannung  $U_{BC} = 0 \text{ V}$ . Markieren Sie die Raumladungszonen.
- 1.2 Nun wird eine Basis-Emitter-Spannung  $U_{BE} = -0,7 \text{ V}$  und eine Basis-Kollektor Spannung  $U_{BC} = 0,8 \text{ V}$  angelegt.
  - (a) Werden die Übergänge dabei jeweils in Sperr- oder Durchlassrichtung gepolt? Welcher Betriebszustand des Transistors ergibt sich?
  - (b) Werden die Raumladungszonen kleiner oder größer im Vergleich zu  $U_{BE} = U_{BC} = 0$ ?
  - (c) Skizzieren und beschriften Sie die Bandverläufe, sowie die Quasi-Fermi-Niveaus.
  - (d) Skizzieren und beschriften Sie den Verlauf der Trägerdichten außerhalb der Raumladungszonen.

## Aufgabe 2) npn-Transistor

Gegeben ist ein npn-Si-Transistor in Emitterschaltung bei einer Temperatur von  $T = 300\text{K}$  mit einer Basisweite von  $w = 8 \cdot 10^{-5}\text{ cm}$  und einer Kleinsignal-Stromverstärkung  $\beta_0 = 50$  nach folgendem Ersatzschaltbild:

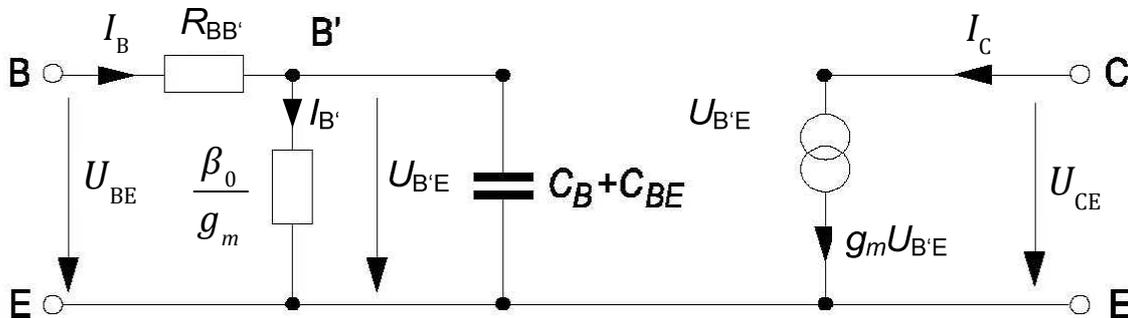


Fig. 1: Ersatzschaltbild eines npn-Transistors in Emitterschaltung

Im Arbeitspunkt  $U_{B'E}$  fließt ein Kollektorstrom von  $I_C = 2,5\text{ mA}$ . Die Diffusionskonstante für Elektronen in der Basis ist  $D_{nB} = 25\text{ cm}^2/\text{s}$ . Der gesamte Basis-Bahnwiderstand wird mit  $R_{BB'} = 20\ \Omega$  angenommen.

Hinweis: Benutzen Sie zur Bestimmung der Steilheit  $g_m$  folgende Gleichung:

$$g_m = \left. \frac{dI_C}{dU_{B'E}} \right|_{U_0} \approx \frac{|I_C|}{U_T} \quad (1.1)$$

a) Berechnen Sie die Eingangsimpedanz  $Z_{1E} = U_{BE} / I_B$  für  $f \rightarrow 0$ .

b) Berechnen Sie die an den Transistorklemmen wirksame Steilheit  $g_m^* := \left. \frac{I_C}{U_{BE}} \right|_{U_{CE}=0}$  im

Grenzfall kleiner Frequenzen, also für  $f \rightarrow 0$ .

c) Berechnen Sie die Basiskapazität  $C_B$ . Wie groß ist die Transitfrequenz  $f_T$  des Bauteils unter der Annahme, dass die Basiskapazität  $C_B$  sehr viel größer ist als die Basis-Emitter Kapazität  $C_{BE}$ ?

d) Zeichnen Sie anhand der Skizze das Niederfrequenz-Ersatzschaltbild für die Basisschaltung. Berechnen Sie die Eingangsimpedanz  $Z_{2E} = U_{EB}/I_E$  für  $f \rightarrow 0$ .

**Im Anschluss an Übung 13 am 05.02.2016 findet eine Laborführung durch das IPQ statt (Dauer ca. 1,5 h). Es gibt Kaffee und Kuchen!**

**Achtung! Alle Übungen finden an diesem Termin gemeinsam im NTI-Hörsaal statt.**