

3/4 (1. Halbttag) | Transistor und Transistorverstärker

Angelo Brade^{*1}, Jonas Wortmann^{†1}, and Angelo Brade,
Jonas Wortmann²

¹Rheinische Friedrich–Wilhelms–Universität Bonn

August 28, 2024

^{*}s72abrad@uni-bonn.de

[†]s02jwort@uni-bonn.de

Contents

1	Einleitung	2
2	Theorie	3
3	Vorausgaben	5
3.1	A	5
3.2	B	5
3.3	C	5
3.4	D	6
3.5	E	6
3.6	F WIP Schaltkreis	7
4	Auswertung	8

1 Einleitung

In diesem Versuch werden bipolare und Feldeffekttransistoren behandelt; ihr Aufbau, physikalische Funktionsweise und Integration in Schaltungen werden verstanden. Konkreter soll die Ausgangskennlinie sowie Arbeitsgerade und Arbeitspunkt eines npn-Transistors und FETs mit Hilfe eines Kennlinienschreibers und Oszillographen vermessen werden.

2 Theorie

Es gibt zwei verschiedene Arten von Transistoren; Bipolar- und Feldeffekttransistor. Der Bipolartransistor

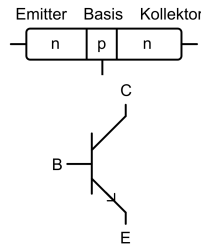


Figure 1: Schaltbild und Aufbau eines Bipolartransistors; Abbildung 3/4.1 a) [1]

ist aufgebaut aus zwei n-dotierten Materialien (Emitter und Kollektor), wobei der Emitter deutlich stärker n-dotiert ist als der Kollektor. Die Basis ist nur sehr dünn und leicht p-dotiert.

Wird nun an der Basis ein geringer Strom angeschlossen und es herrscht eine Spannung zwischen Emitter und Kollektor, so fließen Elektronen aus dem Emitter in die Basis und füllen dort die p-Löcher auf. Da die Basis allerdings nicht alle Elektronen des Emitters aufnehmen kann, und eine Spannung zwischen Emitter und Kollektor anliegt, fließen die Elektronen des Emitters direkt weiter in den Kollektor. Obwohl zwischen Basis und Kollektor die Sperrrichtung ist, fließen die Elektronen trotzdem, da die Sperrung bereits durch den Strom aus dem Emitter in die Basis aufgehoben worden ist. Zudem wirkt eine Kraft auf die Elektronen in Richtung Kollektor durch das starke Feld zwischen Basis und Kollektor.

Der FET (**F**eldeffekt**t**ransistor) ist ein Transistor der ein elektrisches Feld als Analogon zum Basisstrom des Bipolartransistors verwendet. Er ist aufgebaut aus Source, Drain, Gate und Bulk. Source und Drain sind beide n-dotiert und Bulk ist p-dotiert.

Zwischen Gate und Bulk ist eine dünne isolierende Schicht, welche den Transistor vor der am Gate anliegenden Spannung isoliert. Die Spannung am Gate sorgt dafür, dass ein Feld zwischen Source und Drain entsteht, welches die Elektronen dicht unterhalb der Isolierschicht passieren lässt. So kann durch Regulation der Gatespannung der Stromfluss kontrolliert werden. FET mit typischem Isolierschichtmaterial Metall-Oxid-Silizium werden MOSFET genannt.

Sowohl der Bipolartransistor als auch der FET sind beide fähig den Stromfluss zu verstärken (über Basisstrom und Gatespannung), sowie ein- und auszuschalten.

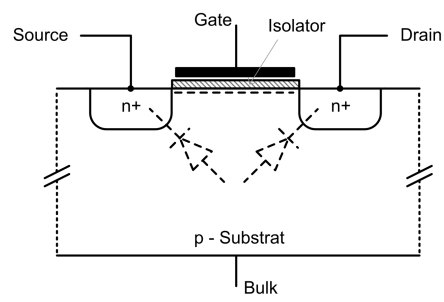


Figure 2: Aufbau eines FET; Abbildung 3/4.8 [1]

3 Voraufgaben

3.1 A

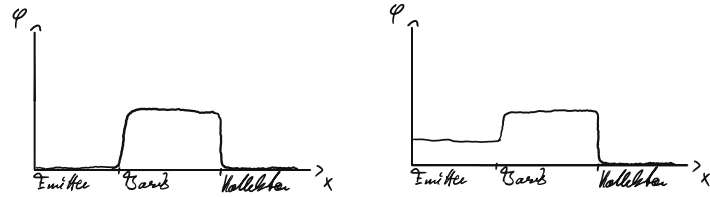


Figure 3: Potentialverlauf ohne (links) und mit (rechts) äußerer Spannung

3.2 B

Im Emitter ist eine hohe Elektronendichte; in der Basis ist nur eine geringe Löcherdichte; im Kollektor ist eine weniger starke Elektronendichte als im Emitter.

3.3 C

Es gilt

$$I_E = I_B + I_C \quad \beta = \frac{dI_C}{dI_B} \quad \alpha = \frac{dI_C}{dI_E} \quad \gamma = \frac{dI_E}{dI_B}. \quad (3.1)$$

Leitet man nach I_B ab folgt

$$\frac{dI_E}{dI_B} = \frac{dI_B}{dI_B} + \frac{dI_C}{dI_B} \quad (3.2)$$

$$\Leftrightarrow \gamma = 1 + \beta. \quad (3.3)$$

Leitet man nach I_E ab folgt

$$\frac{dI_E}{dI_E} = \frac{dI_B}{dI_E} + \frac{dI_C}{dI_E} \quad (3.4)$$

$$\Leftrightarrow 1 = \frac{1}{\gamma} + \alpha$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{1 - \alpha} = \gamma$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{1 - \alpha} - 1 = \beta$$

$$\Leftrightarrow \frac{\alpha}{1 - \alpha} = \beta. \quad (3.5)$$

Ein vereinfachtes Schaltbild zum Kennlinienschreiber könnte sein

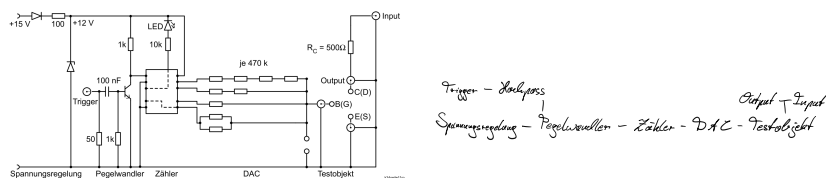


Figure 5: Vereinfachtes Schaltbild

Figure 4: Schaltbild Kennlinienschreiber
Kennlinienschreiber; Abbildung
3.1 [1]

Die 16 verschiedenen Basisströme erhält man aus den vier verschiedenen Widerständen, mit denen binär gezählt wird.

Um die Kennlinie eines Feldeffekttransistors zu vermessen muss nach dem Hochpass eine variable Spannung anliegen, die mit einem Potentiometer erreicht werden kann. Da der Aufbau des Feldeffekttransistors analog zu dem des Bipolartransistors ist, lässt sich hier *Basis* durch *Gate*, *Emitter* durch *Source* und *Kollektor* durch *Drain* einfach tauschen.

$$U_B = U_0 \frac{R_2}{R_1 + R_2} - I_B \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

Nach Maschen- und Knotenregel: $U_0 = U_1 + U_B$ und $I_1 = I_B + I_2$

$$U_B = U_0 - U_1 \quad (3.6)$$

$$\Leftrightarrow U_B = U_0 - R_1 I_1$$

$$\Leftrightarrow U_B = U_0 - (I_B + I_2) R_1$$

$$\Leftrightarrow U_B = U_0 - I_B R_1 - R_1 \frac{U_B}{R_2}$$

$$\Leftrightarrow R_2 U_B = U_0 R_2 - I_B R_1 R_2 - R_1 U_B$$

$$\Leftrightarrow U_B = U_0 \frac{R_2}{R_1 + R_2} - I_B \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}. \quad (3.7)$$

3.6 F WIP Schaltkreis

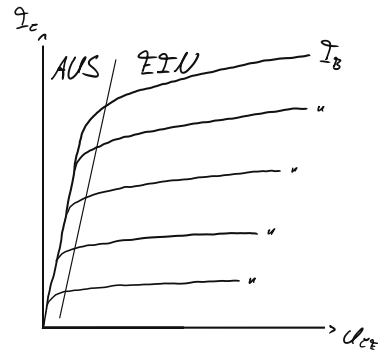


Figure 6: Ausgangskennlinienfeld Bipolartransistor mit EIN und AUS Schaltung

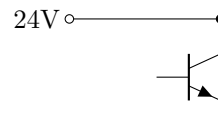


Figure 7: Schaltkreis zum Steuern einer Lampe

4 Auswertung

List of Figures

1	Schaltbild und Aufbau eines Bipolartransistors; Abbildung 3/4.1 a) [1]	3
2	Aufbau eines FET; Abbildung 3/4.8 [1]	4
3	Potentialverlauf ohne und mit äußerer Spannung	5
4	Schaltbild Kennlinienschreiber; Abbildung 3.1 [1]	6
5	Vereinfachtes Schaltbild Kennlinienschreiber	6
6	Ausgangskennlinienfeld Bipolartransistor mit EIN und AUS Schaltung	7
7	Schaltkreis zum Steuern einer Lampe	7

List of Tables

Source

- [1] Fabian Hügging. *Elektronik-Praktikum Versuchsanleitung*.
Universität Bonn, kurs b edition, 2024.