

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

Angelo Brade<sup>\*1</sup> and Jonas Wortmann<sup>†1</sup>

<sup>1</sup>Rheinische Friedrich–Wilhelms–Universität Bonn

4. September 2024

---

<sup>\*</sup>s72abrad@uni-bonn.de

<sup>†</sup>s02jwort@uni-bonn.de

# Inhaltsverzeichnis

|          |                                       |          |
|----------|---------------------------------------|----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung</b>                     | <b>1</b> |
| <b>2</b> | <b>Theorie</b>                        | <b>1</b> |
| <b>3</b> | <b>Voraufgaben</b>                    | <b>1</b> |
| 3.1      | A . . . . .                           | 1        |
| 3.2      | B . . . . .                           | 1        |
| 3.3      | C . . . . .                           | 1        |
| 3.4      | D . . . . .                           | 2        |
| 3.5      | E . . . . .                           | 2        |
| 3.6      | F WIP Schaltkreis . . . . .           | 2        |
| <b>4</b> | <b>Auswertung</b>                     | <b>2</b> |
| 4.1      | Kennlinien und Arbeitspunkt . . . . . | 2        |

## 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

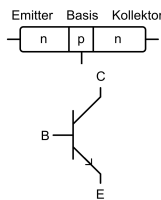


Abbildung 1: Schaltbild und Aufbau eines Bipolartransistors; Abbildung 3/4.1 a) [1]

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 Sperrichtung 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.

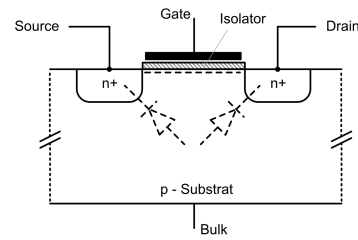


Abbildung 2: Aufbau eines FET; Abbildung 3/4.8 [1]

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.

## 3 Voraufgaben

### 3.1 A

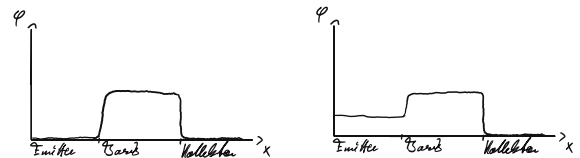


Abbildung 3: Potentialverlauf ohne (links) und mit (rechts) äußerer Spannung

### 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

$$I_E = I_B + I_C \quad \beta = \frac{dI_C}{dI_B} \quad \alpha = \frac{dI_C}{dI_E} \quad \gamma = \frac{dI_E}{dI_B}. \quad (1)$$



Die genaue Verschaltung lässt sich unter 3.1.2 Kennlinien und Arbeitspunkt[1] in der Praktikumsanleitung nachlesen. Kurzgefasst, benutzen wir Wechselspannung, um ein Bereich der Kollektor-Spannung für verschiedene Basis-Ströme, welchen wir mithilfe eines Binär-Zählers der einen DAC durchschaltet variieren, abzutasten. Aus den Oszillogrammen aus Abb. 9, 10, 11 und 12 lassen sich die Kollektorströme ablesen und sind in Tab. 1 dargestellt. Diese müssen noch mit 20 mA/15 V umgewandelt werden.

| # | $dI_C$                   |
|---|--------------------------|
| 1 | 1.67 V $\hat{=}$ 2.23 mA |
| 2 | 1.67 V $\hat{=}$ 2.23 mA |
| 3 | 1.60 V $\hat{=}$ 2.13 mA |
| 4 | 1.60 V $\hat{=}$ 2.13 mA |

Tabelle 1: Differenzen der Kollektorströme.

Gemittelt erhalten wir 2.19(8) mA, wobei die Standardabweichung 0.047 A beträgt, diese aber kleine ist, als die geschätzten 0.06 V  $\hat{=}$  0.08 mA Messunsicherheit. Somit folg

$$\beta = \frac{dI_C}{dI_B} = 2.7(1) \cdot 10^4 \quad \text{mit } dI_B = 6 \mu\text{A}$$

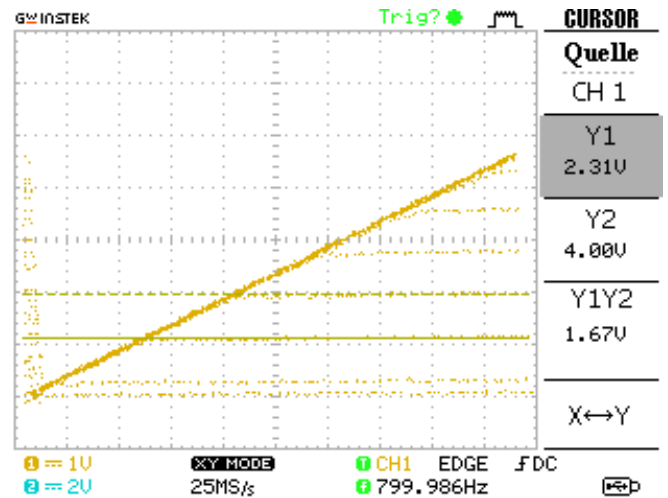


Abbildung 10: Oszillogramm für # = 2

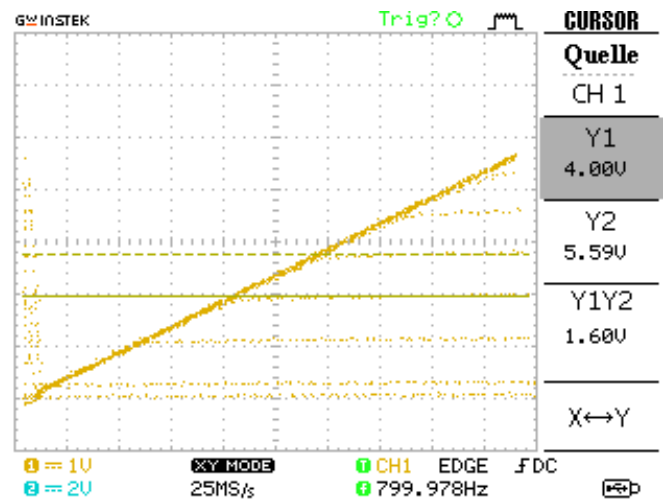


Abbildung 11: Oszillogramm für # = 3

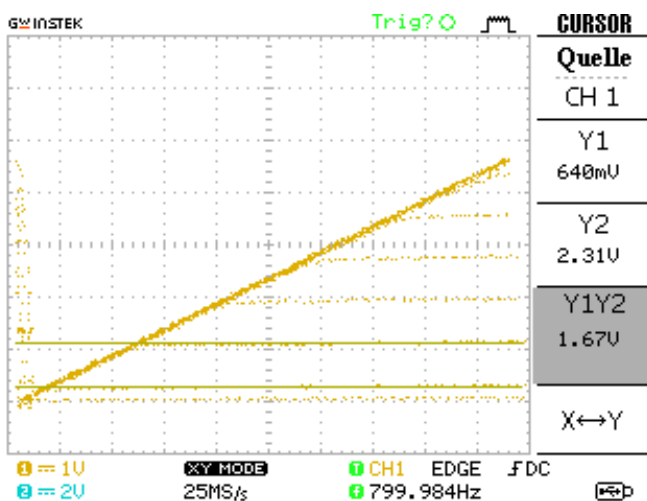


Abbildung 9: Oszillogramm für # = 1

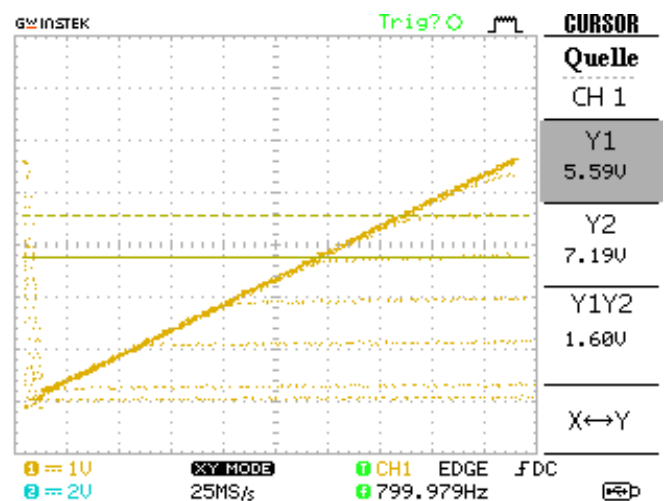


Abbildung 12: Oszillogramm für # = 4

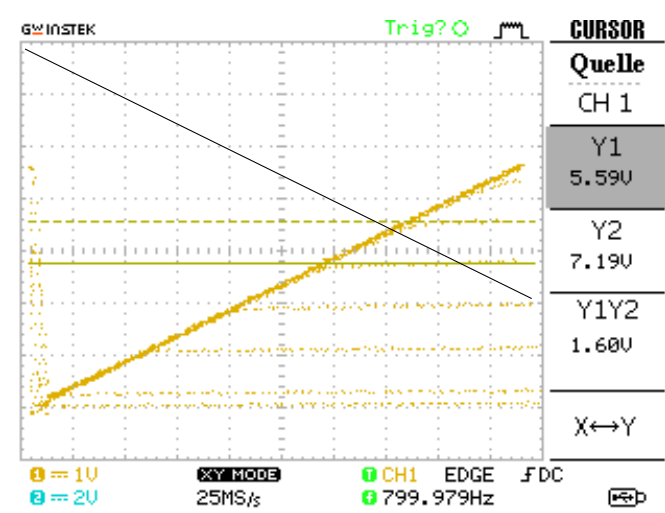


Abbildung 13: Oszillogramm für # = 4

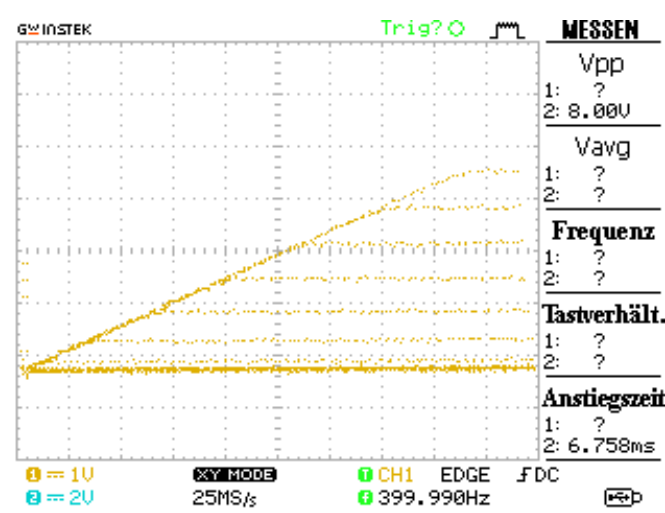


Abbildung 14: Oszillogramm für # = 1

## Abbildungsverzeichnis

|    |  |   |
|----|--|---|
| 1  | Schaltbild und Aufbau eines Bipolartransistors; Abbildung 3/4.1 a) [1] | 1 |
| 2  | Aufbau eines FET; Abbildung 3/4.8 [1]                                  | 1 |
| 3  | Potentialverlauf ohne und mit äußerer Spannung                         | 1 |
| 4  | Schaltbild Kennlinienschreiber; Abbildung 3.1 [1]                      | 2 |
| 5  | Vereinfachtes Schaltbild Kennlinienschreiber                           | 2 |
| 6  | Ausgangskennlinienfeld Bipolartransistor mit EIN und AUS Schaltung     | 2 |
| 7  | Schaltkreis zum Steuern einer Lampe                                    | 2 |
| 8  | Schaltbild Kennlinienschreiber   | 2 |
| 9  | Oszillogramm für # = 1   | 3 |
| 10 | Oszillogramm für # = 2   | 3 |
| 11 | Oszillogramm für # = 3   | 3 |
| 12 | Oszillogramm für # = 4   | 3 |
| 13 | Oszillogramm für # = 4   | 4 |
| 14 | Oszillogramm für # = 1   | 4 |

## Tabellenverzeichnis

|   |                                  |   |
|---|----------------------------------|---|
| 1 | Differenzen der Kollektorströme. | 3 |
|---|----------------------------------|---|

## Literatur

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