

**Der bipolare Transistor**  
Schaltverhalten

Studiengang: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Set: \_\_\_\_\_ Platz: \_\_\_\_\_

Teilnehmer: \_\_\_\_\_

### Zielstellung

- Untersuchung des Verhaltens eines Bipolartransistors im Schalterbetrieb
- Beurteilung einer Schaltstufe auf Einhaltung der Logikpegel
- Untersuchung der Abhängigkeit der Schaltzeiten für verschiedene Parameter

#### 1. Begriffe und Formelzeichen

Übersteuerung, Schaltzeiten, analoges Signal, binäres Signal, H-Pegel, L-Pegel

#### 2. Versuchsvorbereitung

- 2.1. Wiederholen Sie die Vorlesung 'Bipolare Transistoren', besonders den Abschnitt 'Schaltverhalten'. Machen Sie sich mit den in Punkt 1. genannten Begriffen vertraut.
- 2.2. Erläutern Sie anhand eines geeigneten Kennlinienfeldes für den Bipolartransistor die Unterschiede zwischen dem Betrieb als Kleinsignalverstärker und als Schalter.
- 2.3. Was verstehen Sie in der Digitaltechnik unter H- bzw. L-Pegel? Notieren Sie die Spannungsbereiche, die in der TTL-Technik für diese Pegel definiert sind.
- 2.4. Erläutern sie das dynamische Verhalten eines Bipolartransistors im Schalterbetrieb. Wodurch wird das Zeitverhalten verursacht?
- 2.5. Die Schaltstufe nach Bild 1 soll für  $U_{eH} > 2,4 \text{ V}$  sicher durchgesteuert sein. Um das zu garantieren, soll der Widerstand  $R_B$  so dimensioniert werden, daß bereits bei  $U_{eH} = 2,0 \text{ V}$  ein Übersteuerungsfaktor von  $\bar{U} = 1,5$  erreicht wird. Dimensionieren Sie den Widerstand  $R_B$  für eine Stromverstärkung des Transistors von  $B = 50$ .

### 3. Versuchsdurchführung und -auswertung

#### 3.1. Ermittlung der Transistorkennwerte

Bauen Sie die Schaltung nach Bild 1 auf. Für  $R_B$  wählen Sie den am nächsten liegenden vorhandenen Wert entsprechend Ihrer Berechnung nach Punkt 2.5. Für  $R_1$  wählen Sie das Wendelpotentiometer.

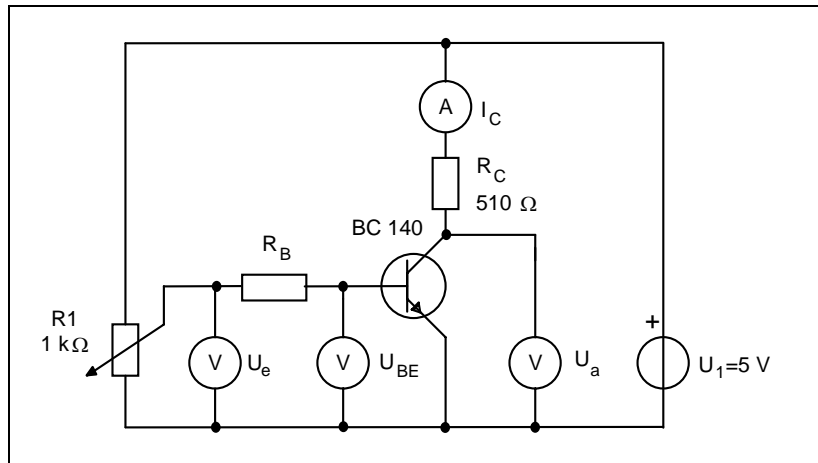


Bild 1: Meßschaltung zum Schaltverhalten des Bipolartransistors

Ermitteln Sie die Stromverstärkung des Transistors bei Erreichen der Sättigung ( $U_{CE}=U_{BE}$ ).

Berechnen Sie den Basiswiderstand mit den ermittelten Transistorkennwerten für einen Übersteuerungsfaktor von  $\bar{U}=1,5$  bei einer Eingangsspannung von  $U_e=2$  V.

#### 3.2. Ermittlung der Schaltspannungen

Verwenden Sie in der Schaltung nach Bild 1 für den Basiswiderstand die Widerstandsdekade, die Sie auf den Wert entsprechend der Berechnung im Punkt 3.1 einstellen.

Nehmen Sie Meßwerte für die Kennlinien  $U_a=f(U_e)$  und  $I_C=f(U_e)$  im Bereich  $0 \text{ V} \leq U_e \leq 5 \text{ V}$  auf. Im Bereich von  $0 \text{ V} \leq U_e \leq 2 \text{ V}$  wählen Sie Schritte von 0,1 V. Stellen Sie die Meßwerte gemeinsam in einem geeigneten Diagramm dar.

Zeichnen Sie in dieses Diagramm die im Punkt 2.3. ermittelten Spannungswerte der TTL-Pegel ein. Weisen Sie nach, daß diese Normwerte von der untersuchten Schaltstufe eingehalten werden. Ermitteln Sie aus dem Diagramm die Eingangsspannungsbereiche, für die die Spannungswerte des logischen H-Pegels und des L-Pegels am Ausgang eingehalten werden. Welche logische Funktion wird von der Schaltstufe realisiert?

Berechnen Sie aus den Meßwerten die Verlustleistung des Transistors als Funktion der Eingangsspannung und tragen Sie den Verlauf in das Diagramm ein. Begründen Sie die Abhängigkeit der mittleren Verlustleistung von der Frequenz der Eingangsspannung.

### 3.3. Ermittlung der Schaltzeiten

Bauen Sie die Meßschaltung nach Bild 2 auf. Für  $R_B$  wählen Sie den in Punkt 3.1. ermittelten Wert. Am Funktionsgenerator stellen Sie eine positive Impulsspannung mit  $U_e=5 V_{SS}$ ,  $f=1 \text{ kHz}$  und mit einem Tastverhältnis ( $TV=t_{\text{ein}}:t_{\text{aus}}$ ) von 1:1 ein. Berechnen Sie die Übersteuerung für diese Eingangsspannung und tragen Sie den Wert in die untenstehende Tabelle ein.

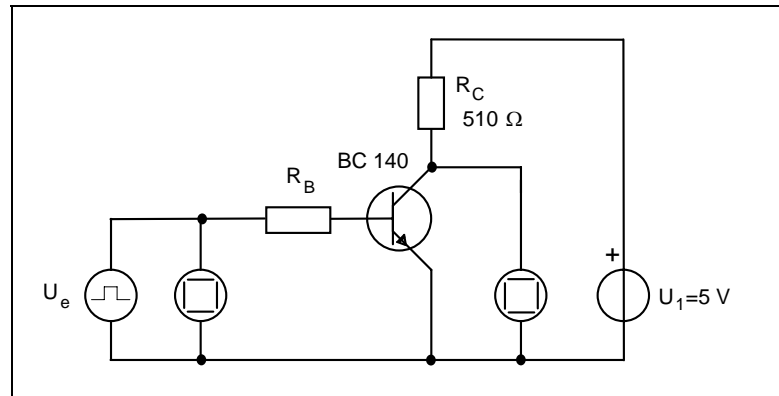


Bild 2: Meßschaltung zur Bestimmung der Schaltzeiten

Messen Sie die Zeiten für das Ein- und Ausschalten des Transistors und tragen Sie die Werte in die Tabelle ein. Plotten Sie die Darstellung zur Ermittlung der Ausschaltzeit und erläutern Sie daran, wie die entsprechenden Zeiten ermittelt werden.

Stellen Sie die Amplitude der Eingangsspannung auf  $U_e=2 V_{SS}$  und messen Sie für diese Eingangsspannung die Zeiten für das Ein- und Ausschalten des Transistors. Führen Sie die Messung für beide Eingangsspannungen nochmals mit einem Kollektorwiderstand von  $R_C=1,8 \text{ k}\Omega$  durch. Berechnen Sie für diesen Kollektorwiderstand und die jeweiligen Eingangsspannungen den Übersteuerungsfaktor.

Stellen Sie alle Meßwerte in der Tabelle zusammen und begründen Sie den Einfluß der entsprechenden Parameter (Eingangsspannung, Kollektorwiderstand) auf die Schaltzeiten.

Einschalten			Ausschalten		
Verzögerungszeit	Anstiegszeit	Einschaltzeit	Speicherzeit	Abfallzeit	Ausschaltzeit
a) $U_e=5 V_{SS}$ , $R_C=510 \Omega$ , $\ddot{U}=\quad$					
b) $U_e=2 V_{SS}$ , $R_C=510 \Omega$ , $\ddot{U}=1,5$					
c) $U_e=5 V_{SS}$ , $R_C=1,8 \text{ k}\Omega$ , $\ddot{U}=\quad$					
d) $U_e=2 V_{SS}$ , $R_C=1,8 \text{ k}\Omega$ , $\ddot{U}=\quad$					

Tabelle: Zusammenstellung der Meßwerte

Die maximal mögliche zu übertragende Frequenz berechnet sich unter der Voraussetzung  $T_V = t_{\text{ein}} : t_{\text{aus}} = 1 : 1$  aus der längsten Schaltzeit:

$$f_{\text{max}} = \frac{1}{2 * t_{\text{off}}} \quad /1/$$

Berechnen Sie diese Frequenz für den Fall mit  $U_e = 5 \text{ V}$  und  $R_C = 510 \text{ } \Omega$ . Setzen Sie den entsprechenden Kollektorwiderstand in die Schaltung ein und stellen Sie die Frequenz der Eingangsspannung auf den berechneten Wert ein. Beschreiben Sie den Verlauf der Ausgangsspannung. Begründen Sie die Form und Amplitude der Ausgangsspannung, wenn die Frequenz der Eingangsspannung um mehr als 10 kHz höher als die berechnete maximale Frequenz ist.