

# Protokoll: Schmitt-Trigger

Tom Kranz, Philipp Hacker

13. Mai 2014

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorbereitung</b>	<b>2</b>
1.1	Schaltskizzen . . . . .	2
1.2	Dimensionierung . . . . .	2
1.3	Vorbereitungsaufgaben 1 u. 2 . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Durchführung</b>	<b>3</b>
2.1	Messgeräte . . . . .	3
2.2	Versuchsaufgabe 1 . . . . .	4
2.3	Versuchsaufgabe 2 . . . . .	4
2.4	Versuchsaufgabe 3 . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Auswertung</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Quellen</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>Anhang</b>	<b>5</b>

# 1 Vorbereitung

## 1.1 Schaltskizzen

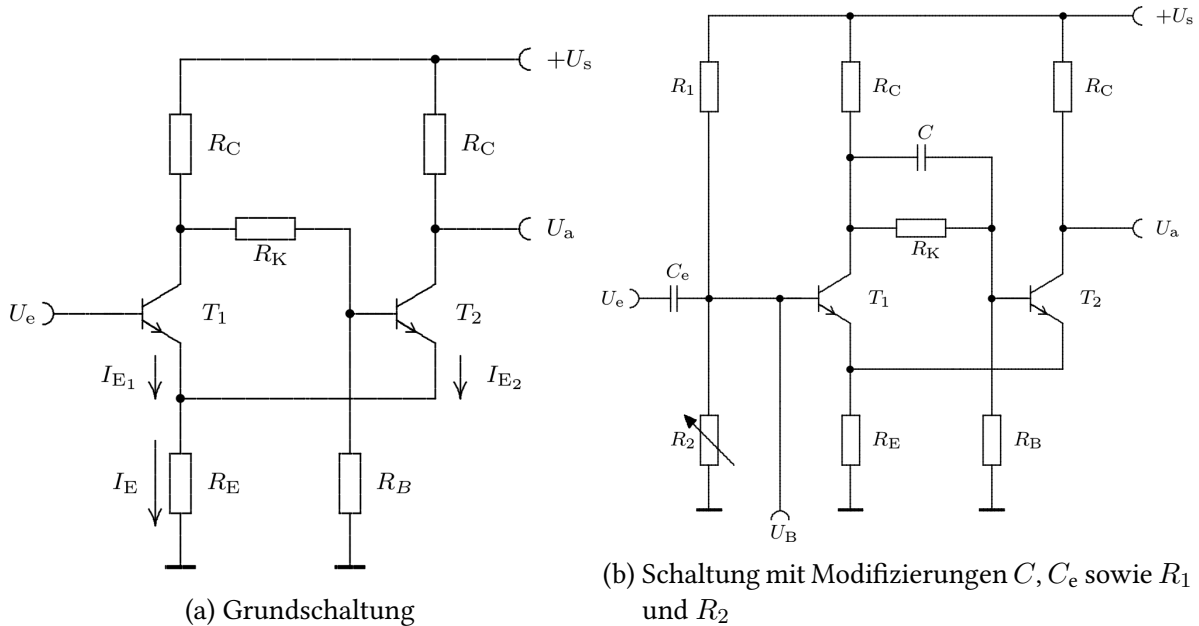


Abb. 1: Schaltbilder zum Schmitt-Trigger

## 1.2 Dimensionierung

Grundlage der Dimensionierung stellt dar, dass die Transistoren nur eine gewisse Leistung abgeben können, bevor sie überhitzen, also eine obere Grenze für den Kollektor-Emitter-Strom haben. Die Widerstände  $R_C$  sollten also angemessen groß sein, aber nicht zu groß, da der Basisstrom für  $T_2$  zum Durchsteuern ausreichen muss. Auch muss bei der Wahl von  $R_C$  bedacht werden, dass man mit  $U_a$  eventuell ein System besteuern möchte, das  $R_C$  dann als Innenwiderstand seiner Stromquelle sieht.  $R_E$  ist maßgeblich an der Größe des Low-Potentials  $U_L \approx \frac{R_E}{R_C + R_E} \cdot U_S$  beteiligt, weswegen er kleiner als  $R_C$  gewählt werden sollte, um ein möglichst niedriges  $U_L$  zu erhalten. Des Weiteren muss  $R_B$  groß sein, um den über diesen Weg verschwendeten Strom gering zu halten. Da  $R_K$  mit  $R_B$  einen Spannungsteiler für die Basis-Emitter-Spannung von  $T_2$  bildet, sollte dieser nicht zu groß, für einen angemessenen Basis-Emitter-Strom aber auch nicht zu klein sein.  $R_1$  und  $R_2$  dienen der Regelung der Schwellspannungen  $U_-$  und  $U_+$ , indem sie eine Basisvorspannung liefern; da hier auch möglichst keine Leistung verloren gehen soll, werden sie groß gewählt. Der Eingangskondensator  $C_e$  bewirkt eine Gleichstromentkopplung – er kann also weitgehend frei gewählt werden. Schließlich wurden folgende Elemente verbaut:

Tabelle 1: Spezifikationen der verwendeten Bauelemente (\*: fest verbaut, hier Nennwert)

$R_E$	$R_C$	$R_B$	$R_K$	$R_1^*$	$R_2^*$
$99,2\,\Omega$	$556\,\Omega$	$9,94\,\text{k}\Omega$	$5,61\,\text{k}\Omega$	$5\,\text{k}\Omega$	$10\,\text{k}\Omega$

### 1.3 Vorbereitungsaufgaben 1 u. 2

Schmitt-Trigger werden zur Erzeugung und Flankenversteilerung von Rechteckimpulsfolgen eingesetzt. Somit dienen sie meist der Umwandlung von analogen, beliebigen Signalen  $U_e$  zu *High-* und *Lowpotentialen*, welche binär interpretiert werden können. Weiterhin nutzt man Schmitt-Trigger zur „Entprellung“ von Schaltern (Auflösen des kurzzeitigen, mehrfachen Öffnens und Schließens eines Tasters) und der Schwingungserzeugung.

Die sogenannte Schalthysteresis ist die Differenz aus *High-* und *Low*zustand des ST (*High-* u. *Low*potential fallen nicht zusammen). Sie bestimmt wann das Eingangssignal  $U_e$  als ein Ein- bzw. Ausschalten des Triggers interpretiert wird. Für eben dieses  $\Delta U$  gilt näherungsweise

$$\Delta U = U_+ - U_- \approx (U_E - U_{\text{BE;Schw}}) - (U_E - U_{\text{CE,sat}}) = U_{\text{BE;Schw}} - U_{\text{CE,sat}} \quad (1)$$

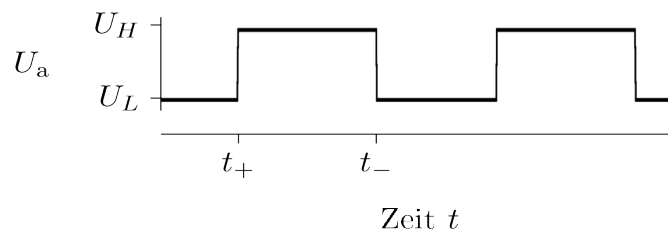


Abb. 2: Ausgangssignal  $U_a$  über  $t$  (schematisch; ideal)

Die Flankenversteilerung des Ausgangssignals des Schmitt-Triggers (Abb. 2) kann dadurch erreicht werden, dass mittels eines Kondensators  $R_K$  überbrückt wird. Dies hat zur Folge, dass die Spannungssprünge in den Zeitpunkten  $t_+$  bzw.  $t_-$  vom Kollektor von  $T_1$  direkt auf die Basis von  $T_2$  übertragen werden können.

## 2 Durchführung

### 2.1 Messgeräte

Die Speisespannung und die verschiedenen Eingangs-Gleichspannungen lieferte das Stromversorgungsgerät TEKTRONIX PS 280, Wechselsignale wurden mit dem Funktionsgenerator TEKTRONIX AFG 3022B erzeugt. Gleichspannungen wurden mit dem Multimeter VOLTcraft-PLUS VC 920 gemessen, Wechselsignale mit dem Oszilloskop HAMEG HM1508-2 dargestellt.

## 2.2 Versuchsaufgabe 1

In der Schaltung, welche in Abb. 1a gezeigt ist, wurden durch Variation der Eingangsspannung  $U_e$  bis zum Umschlag der Ausgangsspannung  $U_a$  die Schwellspannungen zu  $U_+ \approx 3,345 \text{ V}$  bzw.  $U_- \approx 2,25 \text{ V}$  ermittelt. Die Hysteresis beträgt somit  $\Delta U \approx 1,05 \text{ V}$ .

## 2.3 Versuchsaufgabe 2

Zur Bestimmung der Abhängigkeit der Kippspannungen von der Speisespannung wurde wie in der vorherigen Messung verfahren. Die Werte der Speisespannung wurden von der Stromversorgung abgelesen.

$U_S$ in V	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$U_+$ in V	1,658	1,937	2,175	2,366	2,68	2,93	3,045	3,35	3,46	3,84	4,06
$U_-$ in V	1,2056	1,3756	1,48	1,61	1,7603	1,954	2,02	2,25	2,34	2,5	2,69

## 2.4 Versuchsaufgabe 3

Die Schaltung aus Abb. 1b (ohne Kondensator  $C$ ) wurde mit einem Sinussignal der Frequenz  $1 \text{ kHz}$  angesteuert. Ermittelt wurde die kleinste Amplitude des Signals, für welche der ST gerade noch eine Rechteckimpulsfolge erzeugte. Die Einstellung des dafür geeigneten Arbeitspunktes wurde durch die Justierung von  $R_2$  realisiert. Für eine Speisespannung von  $U_S = 12 \text{ V}$ , sowie der Entkopplungskapazität  $C_e \approx 100 \text{ nF}$  ergab sich die Peak-to-Peak-Spannung zu  $V_{PP,\min} = 1,540 \text{ V}$ . Das Potentiometer war dabei auf  $R_2 = 5,6 \text{ k}\Omega$  gestellt.

## 3 Auswertung

Der Versuch hat die Funktionen und Eigenschaften des Schmitt-Triggers gezeigt. Es konnte festgestellt werden, dass die Kippspannungen nicht einzig vom Gleichanteil des Eingangssignals, sondern auch von der Speisespannung abhängen. Dies ist in Abb. 3 dargestellt. Jedoch basiert eine Berechnung dieser Kippspannungen, wenn überhaupt, auf ungenauen Schätzungen, wie zum Beispiel dem kurz angesprochene Zusammenhang  $U_+ \approx U_{BE,\text{Schw}} + 0,5 \text{ V}$ . Schließlich hat sich diese Schätzung auch als nicht zutreffend ergeben, was die Notwendigkeit der Vermessung der Schaltung hervorhebt.

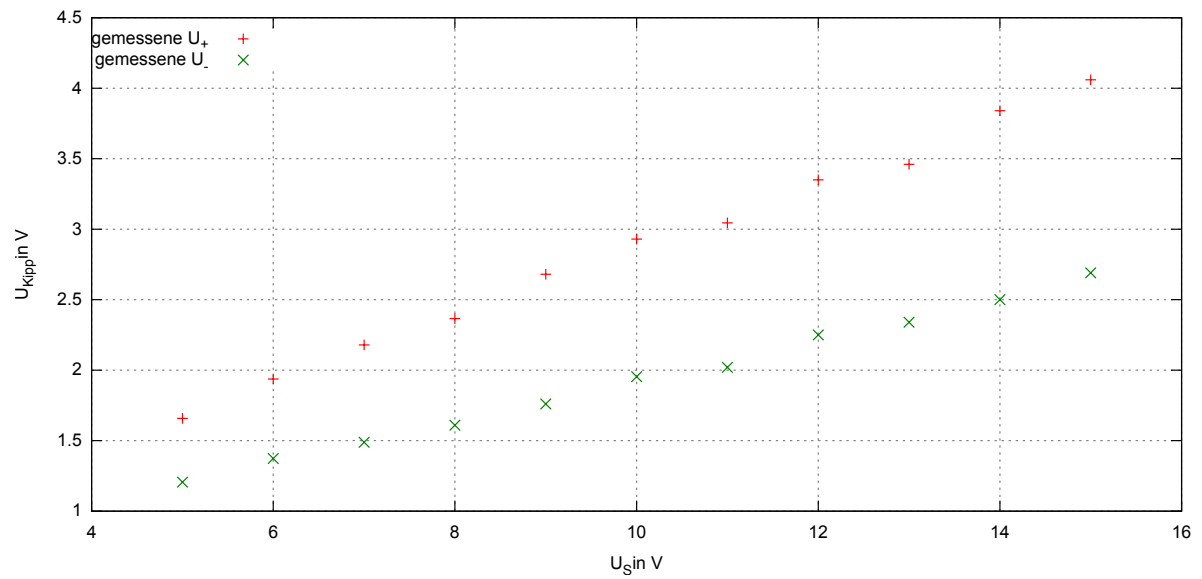


Abb. 3: Kippspannungen-über-Speisespannung-Diagramm

## 4 Quellen

- Abb. 1a, Abb. 1b, Abb. 2: „Elektronikpraktikum“, B. Pompe, 2013
- Abb. 3: erstellt mit gnuplot, Version 4.6

## 5 Anhang

Die originalen Messwert-Aufzeichnungen liegen bei.