

Praktikum Analog- und Digitaltechnik

Versuch A2 Transistorschaltung

Inhalt dieses Versuches:

Verständnis von bipolar Transistoren als Schalter oder Verstärker

Aufbau eines Brückengleichrichters

Aufbau einer Spannungskonstanthaltung mit Transistor

Entwicklung eines Netzteils, um z.B ein Smartphone aufzuladen

Inhalte:

Transistor, Transistorschalter, Funktionsgenerator (TTL-Signal)

Vorkenntnisse:

Funktionsweise eines einfachen Transistormodells

1 Einleitung

Das Praktikum besteht aus zwei Teilen. Im ersten Teil des Versuches sollen Sie üben Schaltungen mit Transistoren aufzubauen. Diese Schaltungen werden wir verwenden, um auf unterschiedliche Weise eine Glühlampe zu schalten. Dabei müssen Sie die Messgeräte die Sie im ersten Praktikum schon kennengelernt haben, verwenden. Die erste Schaltung, die Sie im Praktikum aufbauen werden, wird mit einem TTL-Signal (Rechtecksignal) gesteuert. Das hier verwendete Steuersignal wird durch einen Funktionsgenerator erzeugt und hat bei dem Praktikum nur einen didaktischen Hintergrund. In der Praxis wird so ein TTL-Signal durch digitale Computersignale realisiert. Durch die Übungen sollen die grundlegenden Anwendungen des Transistors und Kondensators erlernt werden. Im weiteren Verlauf des Praktikums müssen Sie eine Schaltung dimensionieren, um ein Smartphone laden zu können. Dabei liegt der Schwerpunkt der Aufgabe das Verständnis zu erlangen, welche Rolle die einzelnen Bauteile in der Schaltung haben.

2 Grundlagen

2.1 Transistor als Schalter

Ein Transistor kann als Schalter verwendet werden. Möchte man eine 3W Glühlampe mit einem Transistor an- und ausmachen, müssen zwei Stromkreise vorhanden sein.

- Verbraucherstromkreis. Hier wird eine Glühlampe eingebaut, die mit einer Spannungsversorgung von z. B. 12V betrieben wird.
- Steuerstromkreis. Der Stromkreis wird benötigt, um den Transistor anzusteuern.

In Allgemeinen kann man sagen, dass in dem Praktikum die Glühlampe mit einem TTL-Signal geschaltet wird, welches 0 und 5V liefert. Im Praktikum erhalten Sie das TTL-Signal am Funktionsgenerator.

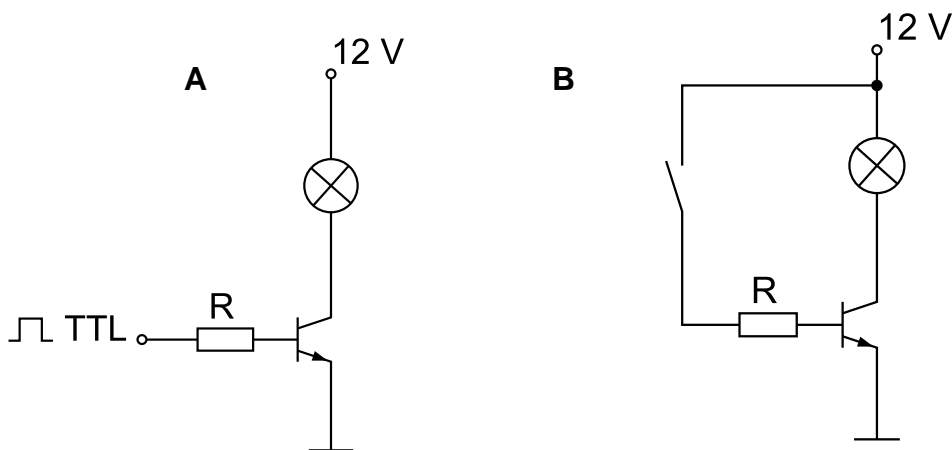


Abbildung 1: Einfacher Transistorschalter in zwei Varianten A & B. Bei der Variante B wird das Steuersignal durch die Spannungsversorgung des Verbraucherstromkreises sichergestellt.

Eine Spannung über den Basiswiderstand R, z.B. bei 5 Volt des TTL-High-Pegels, führt abhängig von dessen Widerstandswert zu einem Stromfluss zwischen Basis und Emitter des Transistors. Das wiederum ermöglicht einen größeren Stromfluss zwischen Kollektor und Emitter. Das Verhältnis zwischen I_{CE} und I_{BE} ist die Stromverstärkung B, die im Datenblatt des Transistors zu finden ist.

2.2 Netzteil mit Brückengleichrichter und Spannungskonstanthaltung

Wechselspannung muss für den Betrieb von vielen elektrischen Geräten zunächst in Gleichspannung umgewandelt werden. Diese sollte möglichst konstant sein, da Schwankungen zu Fehlern und unerwartetem Verhalten führen. Zwei einfache Schaltungen erlauben, dieses Ziel zu erreichen: Ein Brückengleichrichter kombiniert mit einem Spannungskonstanthalter.

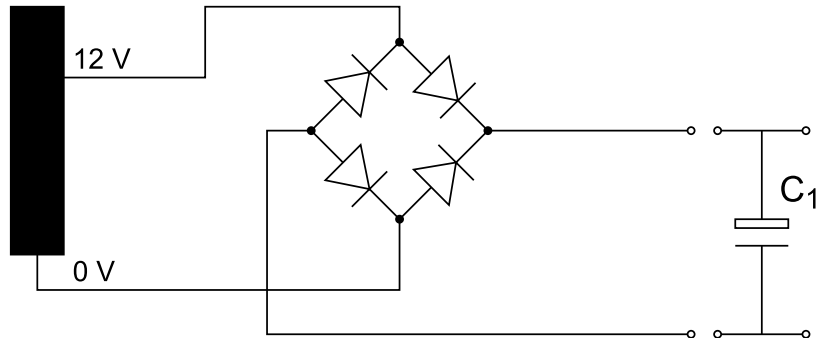


Abbildung 2: Ein Brückengleichrichter mit Siebkondensator

Der Brückengleichrichter sollte prinzipiell bekannt sein und wird aus vier Dioden aufgebaut. Zur Glättung der Ausgangsspannung wird ein Siebkondensator C1 benutzt. Die Ausgangsspannung wird dann von der folgenden Schaltung konstant gehalten (siehe Abb. 3). Diese wird als Spannungskonstanthalter bezeichnet. Der Spannungskonstanthalter wird beispielsweise in Netzgeräten eingesetzt, um bei Schwankungen der Netzspannung oder des Gerätestromes eine konstante Versorgungsspannung zu liefern. Die Funktionsweise haben wir in der Vorlesung behandelt.

U_{in} wird vom Ausgang der Gleichrichterschaltung geliefert und ist um den Faktor Wurzel 2 größer als die Wechselspannung am Eingang. Der Spannungsfollower ist ein Emitterfolger. Die Basis liegt auf einem Potential U_B , das durch die beiden Zenerdioden vorgegeben ist. An der Basis-Emitter-Strecke fallen typisch 0,7 V ab, falls der Transistor leitet. Damit ist das Emittential U_E bestimmt. Aus dem maximal erwarteten Ausgangsstrom und der Stromverstärkung erhält man den Basisstrom. Daraus kann R_1 dimensioniert werden.

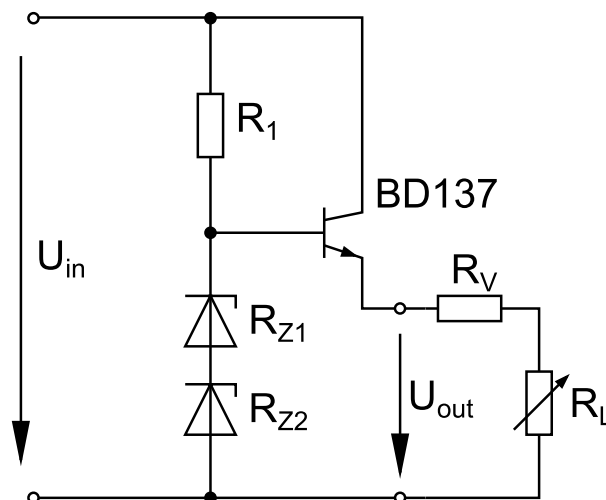


Abbildung 3: Spannungskonstanthalter mit dazugehörigen Bauteilen

3 Vorarbeiten

2.1 Arbeiten Sie die ganze Anleitung durch und definieren Sie die Praktikumsziele des Versuches in Ihrem Laborbuch.

2.2 Beschreiben Sie mit eigenen Worten, wie ein Transistor prinzipiell arbeitet. Die genauen inneren, physikalischen Vorgänge interessieren weniger. Zeichnen Sie das Schaltzeichen des npn Transistors mit Beschriftung der Anschlüsse.

2.3 Dimensionieren sie den Transistorschalter aus Abb. 1-A. Die folgende Tabelle und das Datenblatt im Anhang können als Orientierungshilfe dienen.

Wichtige Entwurfparameter:		Daraus ergeben sich:	
Betriebsspannung (Verbraucherstromkreis)		Basisstrom	
Maximale Eingangsspannung (Steuerstromkreis)		Spannungsabfall am Basiswiderstand	
Leistung am Verbraucher		Größe des Basiswiderstandes	
Strom durch Verbraucher		Max. Verlustleistung am Basiswiderstand	

2.4 Wozu dient ein Brückengleichrichter? Zeichnen Sie qualitativ den Spannungsverlauf der Eingangsspannung, der Ausgangsspannung und der Ausgangsspannung mit einem Siebkondensator.

2.5 In der letzten Aufgabe soll ein Netzteil für Ihr Smartphone aufgebaut werden. Wir nehmen an Ihr Smartphone benötigt 5V und 500 mA. Wie groß muss R1 und Rz ($Rz1+Rz2$) aus Abb. 3 sein, wenn der Spannungskonstanthalter nach dem Brückengleichrichter aus der Abb. 2 angeschlossen ist?

4 Versuchsdurchführung

Stellen Sie sich folgendes Szenario vor:

Sie arbeiten in einem Unternehmen der Automobilindustrie. Dort gestalten und prüfen Sie als Ingenieur Schaltungen für die Fahrzeuge. In den Fahrzeugen soll die Glühlampe der Innenbeleuchtung beim Öffnen der Tür durch einen Schließkontakt im Scharnier automatisch eingeschaltet werden. Dazu soll ein Transistorschalter benutzt werden, der die Glühlampe über ein 5 V-Steuersignal schaltet. Ein häufig geäußerter Kundenwunsch ist, dass die Beleuchtung nach dem Schließen der Tür nicht sofort ausgeht, sondern wenigstens noch ein paar Sekunden an bleibt. Somit soll die bestehende Schaltung so angepasst werden, dass dieser Wunsch erfüllt wird.

! Übung (Schaltung mit einem npn Transistor aufbauen)

Ihre Aufgabe ist es, die aufzubauende Schaltung (siehe Abb. 1 A) zu verstehen. Dazu sollen Sie, verschiedene Basiswiderstände ausprobieren. Hier soll die Frage beantwortet werden: Was bewirken unterschiedliche Basiswiderstände? Um das rauszufinden, benutzen Sie die vorhandenen Messgeräte wie das Multimeter und das Oszilloskop. Am Ende der Übung sollen Sie Ihre Erkenntnisse dem Betreuer einmal erklären.

! Übung (Verzögerungsschalter aufbauen)

Ihre Aufgabe ist es, die Schaltung aus Abb. 1 B aufzubauen. Überlegen Sie, wo in der Schaltung ein Kondensator eingebaut werden soll, damit die Glühlampe 1 bis 3s nachleuchtet. Die Zeit können Sie selbst bestimmen. Zweite Frage: Wie muss der Kondensator und der Widerstand dimensioniert werden? Nutzen Sie dabei Ihr Wissen aus der ersten Übung. Stellen Sie den Spannungsverlauf auf dem Oszilloskop dar und zeigen Sie das Ergebnis Ihrem Betreuer.

! Laborbuch / wissenschaftliche Ausarbeitung (Netzteil entwickeln)

Während einiger Arbeiten in der Elektronikwerkstatt beschwert sich Ihr Smartphone über den niedrigen Akkuladestand. Da Sie noch einen wichtigen Anruf erwarten, sollte es zügig geladen werden. Ein Ladegerät hat aber niemand zur Hand, und beim einzig auffindbaren MicroUSB-zu-USB-Kabel wurde der USB-Stecker abgeschnitten.

Bauen Sie daher aus vorhandenen Bauteilen ein provisorisches Ladegerät, das stabile 5V und maximal 500 mA am Ausgang liefert. Erzeugen Sie also mit dem Brückengleichrichter eine geglättete Gleichspannung für einen Spannungskonstanthalter. Testen und prüfen Sie die Schaltung am Ausgang auf Tauglichkeit. Versuchen Sie sich zu erklären, welche Rolle die einzelnen Bauteile in der Schaltung haben?

5 Anhang

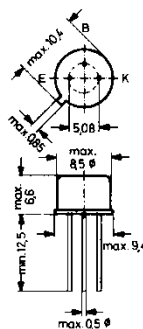
2 Technische Daten

Transistortyp	Kat.-Nr.	Grenzwerte				Betriebswerte ²⁾				Bevorzugte Anwendung
		U_{CE0}	U_{EBO}	$I_C^{1)}$	P_{tot}	U_{CE}	U_{EB}	I_C	B	
AD 162 (pnp)	578 64 582 20	-20 V	-10 V	-1 A	6 W	-1 V	<-0,55 V	-0,5 A	80...320	NF-Endstufen
BD 130 (npn)	578 65 582 21	60 V	7 V	15 A	100 W	5 V	0,5 V	1,0 A	50...100	Leistungsverstärker und Schalter
BCY 58 (nnp)	578 66 582 24	32 V	7 V	0,2 A	1 W	5 V	<-0,7 V	0,002 A	380...630	Verstärker, Schalter
BD 137 (nnp)	578 67 582 28	60 V	5 V	1,5 A	8 W	2 V	<1 V	0,5 A	100	NF-Treiber- und Endstufen
BD 138 (pnp)	578 68 582 29	-60 V	-5 V	-1,5 A	8 W	-2 V	<-1 V	-0,5 A	100	NF-Treiber- und Endstufen
BC 550 (nnp)	578 69 582 25	45 V	5 V	0,1 A	0,5 W	5 V	<-0,72 V	0,01 A	500	NF-Vorstufen
BC 560 (pnp)	578 70 582 26	-45 V	-5 V	-0,1 A	0,5 W	5 V	<-0,72 V	-0,01 A	290	NF-Vorstufen

BC 140, BC 141

NPN-Silizium-Epitaxie-Transistoren
für Schalter- und Verstärkeranwendungen

Die Transistoren werden nach dem Kollektor-Basis-Stromverhältnis (Gleichstromverstärkung) B in die drei Gruppen 6, 10 und 16 eingeteilt. Als Komplementärtypen werden die PNP-Transistoren BC 160 und BC 161 empfohlen.



Metallgehäuse JEDEC TO-39
5 C 3 nach DIN 41 873
Gewicht ca. 1 g
Kollektor mit Gehäuse verbunden
Maße in mm

Grenzwerte		BC 140	BC 141	
Kollektor-Basis-Spannung	U_{CB0}	80	100	V
Kollektor-Emitter-Spannung	U_{CE0}	40	60	V
Emitter-Basis-Spannung	U_{EB0}	7	7	V
Kollektorstrom	I_C	1		A
Basisstrom	I_B	0,1		A
Verlustleistung bei $T_U = 25^\circ\text{C}$ bei $T_G = 45^\circ\text{C}$	P_{tot}	0,75		W
	P_{tot}	3,7		W
Sperrschichttemperatur	T_i	175		$^\circ\text{C}$
Lagerungstemperaturbereich	T_S	-55... + 175		$^\circ\text{C}$

Kennwerte bei $T_j = 25^\circ\text{C}$		BC 140-6	BC 140-10	BC 140-16
		BC 141-6	BC 141-10	BC 141-16
Kollektor-Basis-Stromverhältnis bei $U_{CE} = 1\text{ V}, I_C = 0,1\text{ mA}$ bei $U_{CE} = 1\text{ V}, I_C = 100\text{ mA}$ bei $U_{CE} = 1\text{ V}, I_C = 1\text{ A}$	B	28	40	90
	B	63	100	160
	B	(40...100)	(63...160)	(100...250)
	B	15	20	30
Kollektor-Sättigungsspannung bei $I_C = 1\text{ A}, I_B = 100\text{ mA}$	U_{CEsat}	0,6 (< 1)		V
Basis-Emitter-Spannung bei $U_{CE} = 1\text{ V}, I_C = 1\text{ A}$	U_{BE}	1,2 (< 1,8)		V

Der erste Buchstabe kennzeichnet das Halbleitermaterial. Es bedeuten:

- A Germanium
- B Silicium
- C Gallium-Arsenid.

Der zweite Buchstabe kennzeichnet den Verwendungszweck, für den das Halbleiter-Bau-
element in erster Linie entwickelt wurde:

- A Signaldiode
- B Kapazitätsdiode
- C Transistor für kleine Leistungen ($R_{th} \geq 15\text{ K/W}$) für niedere und mittlere Frequenzen
- D Leistungstransistor ($R_{th} < 15\text{ K/W}$) für niedere und mittlere Frequenzen
- E Tunneldiode
- F Transistor zur Anwendung im Hochfrequenzbereich ($R_{th} \geq 15\text{ K/W}$)
- L Leistungstransistor für Hochfrequenz ($R_{th} < 15\text{ K/W}$)
- N Optokoppler
- P Fotohalbleiter (Fotodiode, Fototransistor, Fotothyristor)
- Q Leuchtdiode
- R Thyristor-Tetrode
- S Schalttransistor
- T Thyristor
- U Leistungsschalttransistor
- X Guneffektelemente
- Y Leistungsdiode (Gleichrichter)
- Z Z-Diode

Typen für professionelle Anwendungen sind mit einem dritten Buchstaben gekennzeichnet, der keine standardisierte Aussage hat.

Die meist dreistellige Ordnungszahl hat keine technische Bedeutung, Halbleiter mit aufeinanderfolgender Ordnungszahl müssen nicht unbedingt ähnliche Eigenschaften haben.