



Musterlösung für das Praxisskript

der Projektwerkstatt DK0TU



WiSe 2015/16

Technische Universität Berlin
Fakultät IV – Elektrotechnik und Informatik
Institut für Hochfrequenz- und Halbleiter-Systemtechnologien
Fachgebiet Hochfrequenztechnik

Impressum

Titel: Das kleine Handbuch für die Projektwerkstatt DK0TU

Autor: Christian Stoll

1. Auflage Juni 2016

Erschienen im :

Fachgebiet Hochfrequenztechnik

Institut für Hochfrequenz- und Halbleiter-Systemtechnologien

Fakultät IV - Elektrotechnik und Informatik

Sekr. HFT 4

Raum HFT 307

Einsteinufer 25

D-10587 Berlin

Leitung: Prof. Dr. Klaus Petermann

Abbildung: Helios Voltmeter (CC0 1.0) ([Helios](#), 2013)

Aktuelle Informationen der Projektwerkstatt finden Sie unter:

<http://www.dk0tu.de>

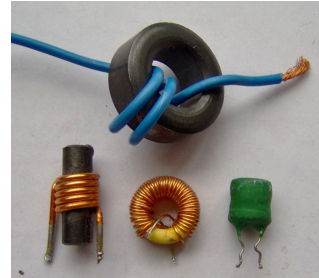
Die vorliegende Fassung des Handbuches wurde sorgfältigst auf Fehler hin überprüft. Um das Handbuch dennoch laufend verbessern zu können, würden wir uns über Hinweise auf etwaig vorhandene Fehler sowie Verbesserungsvorschläge sehr freuen. Wenden Sie sich dazu bitte an die Tutor_innen der Projektwerkstatt.

Inhaltsverzeichnis

1	Die Spule	4
1.1	Theorie- und Prüfungsfragen	4
1.2	Praktische Anwendung	6
2	Der Schwingkreis	7
2.1	Theorie- und Prüfungsfragen	7
2.2	Praktische Anwendung	8
3	Die Diode	10
3.1	Theorie- und Prüfungsfragen	10
4	Der Bipolar-Transistor	13
4.1	Theorie- und Prüfungsfragen	13
4.2	Praktische Anwendung	14
4.2.1	Der Bipolar-Transistor als Schalter	14
4.2.2	Der Bipolar-Transistor als Sensor	14
4.2.3	Der Bipolar-Transistor als Verstärker	15
	Literaturverzeichnis	15
	Abbildungsverzeichnis	17

1 Die Spule

1.1 Theorie- und Prüfungsfragen



- 1 Wie lässt sich die Induktivität einer Spule berechnen?
- 2 Wie lautet die magnetische Feldkonstante μ_0 ?
- 3 Wie lautet die relative Permeabilität μ_r für Luft?
- 4 Berechne die Induktivität der Zylinderspule mit folgender Bemaßung: 25 Windungen, Durchmesser von 8mm, Länge 1cm, relative Permeabilität von Luft
- 5 **TB402** Wie nennt man das Feld im Innern einer langen Zylinderspule beim Fließen eines Gleichstroms?
 - a Homogenes elektrisches Feld
 - b Zentriertes magnetisches Feld
 - c Konzentrisches Magnetfeld
 - d Homogenes magnetisches Feld
- 6 **TC302** Wie ändert sich die Induktivität einer Spule von $12\mu H$, wenn die Wicklung auf dem Wickelkörper bei gleicher Windungszahl auf den doppelten Wert auseinander gezogen wird?
 - a Die Induktivität sinkt auf $3\mu H$.
 - b Die Induktivität sinkt auf $6\mu H$.
 - c Die Induktivität steigt auf $24\mu H$.
 - d Die Induktivität steigt auf $48\mu H$.
- 7 **TC303** Wie kann man die Induktivität einer Spule vergrößern?
 - a Durch Auseinanderziehen der Spule (Vergrößerung der Spulenlänge).
 - b Durch Einführen eines Kupferkerns in die Spule.
 - c Durch Stauchen der Spule (Verkürzen der Spulenlänge).
 - d Durch Einbau der Spule in einen Abschirmbecher.

$$i) L = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot A \cdot N^2}{l} \quad (1.1)$$

$$ii) \mu_0 = 1,2566 \cdot 10^{-6} \frac{H}{m} \quad (1.2)$$

$$iii) \mu_{r,Luft} = 1 + 4 \cdot 10^{-7} \quad (1.3)$$

$$iv) L = 3,9 \mu H \quad (1.4)$$

5 d

6 b

7 c

1.2 Praktische Anwendung

Spule wickeln

Für den ersten Versuch soll eine Spule mit insgesamt 25 Windungen und vier Anzapfungen gewickelt werden. Als Wickelkörper soll ein 8 mm dickes und 3 cm langes Stück eines Trinkhalmes verwendet werden. Zwei Löcher im Abstand 1 cm helfen die Drahtenden zu fixieren. Es werden dann jeweils 5 Windungen gewickelt, eine Schlaufe verdrillt und die folgenden Windungen aufgetragen. Die fertige Spule wird an einen Abschnitt Pfostenstecker mit sechs Kontakten gelötet.



2 Der Schwingkreis

2.1 Theorie- und Prüfungsfragen

- 1 Skizziere die Schaltung eines Reihenschwingkreises.
- 2 Skizziere die Schaltung eines Parallelschwingkreises.
- 3 Was ist die Resonanzfrequenz und wie lässt sie sich berechnen?
- 4 Berechne die theoretische Resonanzfrequenz der Schwingkreise bei Verwendung eines 50Ω Widerstandes, eines $10pF$ Kondensators und einer Spule mit $270H$.
- 5 **TD204** Wie ändert sich die Resonanzfrequenz eines Schwingkreises, wenn 1. die Spule weniger Windungen erhält, 2. die Länge der Spule durch Zusammenschieben der Drahtwicklung verringert wird, 3. ein Ferritkern in das Innere der Spule gebracht wird?
 - a Die Resonanzfrequenz wird bei 1. und 2. kleiner und bei 3. größer.
 - b Die Resonanzfrequenz wird bei 1. kleiner und bei 2. und 3. größer.
 - c Die Resonanzfrequenz wird bei 1. und 2. größer und bei 3. kleiner.
 - d Die Resonanzfrequenz wird bei 1. größer und bei 2. und 3. kleiner.

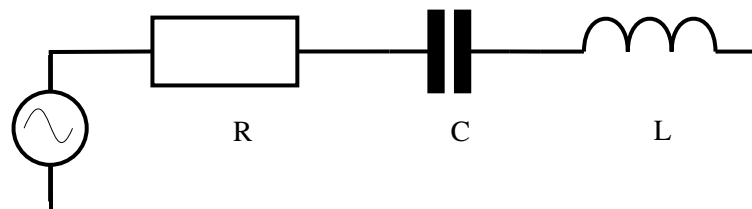


Bild 2.1: 1 Reihenschwingkreis

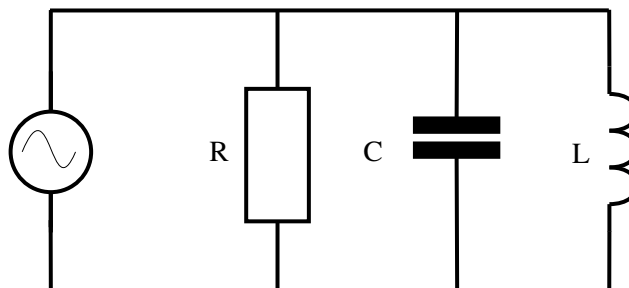


Bild 2.2: 2 Parallelschwingkreis

- 3 Die Resonanzfrequenz eines Schwingkreises, ist die Frequenz, bei der die Wechselspan-

2 Der Schwingkreis

nungswiderstände der Kapazität(X_C) und der Induktivität(X_L) gleich groß sind ($X_C = X_L$).

$$f_g = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$4 \quad f_g = 5033 \text{ Hz}$$

5 d

2.2 Praktische Anwendung

Reihenschwingkreis

- Baue die Schaltung des Reihenschwingkreises auf. Verwende hierfür eine Spule mit 270 H , einen 50Ω Widerstand und einen 10 pF Kondensator.
- Lege nun eine Wechselspannungsquelle bzw. einen Frequenzgenerator an die Schaltung an. Verwende eine sinusförmige Wechselspannung mit einer konstanten Amplitude zwischen 1 V und 3 V .
- Erhöhe nun Schrittweise die die Frequenz von 1 kHz bis 10 kHz . Messen Sie für 10 Frequenzwerte den Strom der durch die Schaltung fließt.
- Zeichnen Sie die Werte in ein Diagramm ein. Lege die Frequenz auf die X-Achse und den Strom auf die Y-Achse.
- Was lässt sich aus dem Diagramm ablesen?

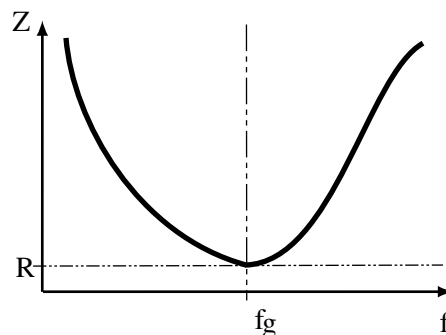


Bild 2.3: Impedanz eines Reihenschwingkreises in Abhängigkeit von der Frequenz

Parallelschwingkreis

- Baue die Schaltung des Parallelschwingkreises auf. Verwende hierfür eine Spule mit 270 H , einen 50Ω Widerstand und einen 10 pF Kondensator.
- Lege nun eine Wechselspannungsquelle bzw. einen Frequenzgenerator an die Schaltung an. Verwenden eine sinusförmige Wechselspannung mit einer konstanten Amplitude zwischen 1 V und 3 V .
- Erhöhe nun Schrittweise die die Frequenz von 1 kHz bis 10 kHz . Messen Sie für 10 Frequenzwerte den Strom der durch die Schaltung fließt.

- Zeichne die Werte in ein Diagramm ein. Lege die Frequenz auf die X-Achse und den Strom auf die Y-Achse.
- Was lässt sich aus dem Diagramm ablesen?

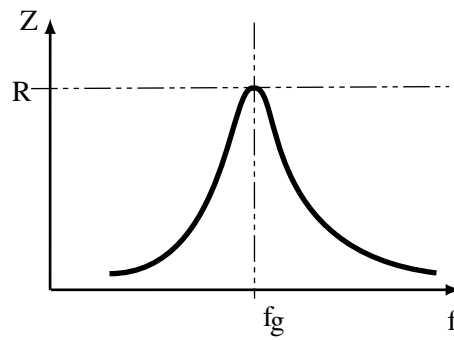
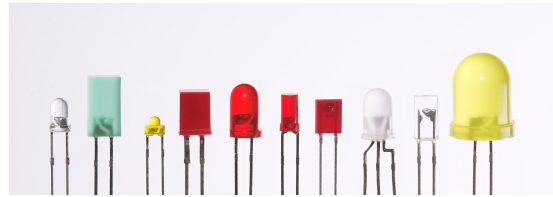


Bild 2.4: Impedanz eines Parallelschwingkreiseses in Abhängigkeit von der Frequenz

3 Die Diode



3.1 Theorie- und Prüfungsfragen

Dotierung

- 1 Was bedeutet der Begriff Dotierung?
- 2 **TB105** Was verstehen Sie unter Halbleitermaterialien? Einige Stoffe wie z.B. ...
 - a Silizium, Germanium sind in reinem Zustand gute Isolatoren. Durch geringfügige Zusätze von geeigneten anderen Stoffen werden sie jedoch zu Leitern.
 - b Silizium, Germanium sind in reinem Zustand gute Isolatoren. Durch geringfügige Zusätze von geeigneten anderen Stoffen nimmt jedoch ihre Leitfähigkeit ab.
 - c Indium oder Magnesium sind in reinem Zustand gute Isolatoren. Durch geringfügige Zusätze von geeigneten anderen Stoffen werden sie jedoch zu Leitern.
 - d Silizium, Germanium sind in trockenem Zustand gute Elektrolyten. Durch geringfügige Zusätze von Wismut oder Tellur kann man daraus entweder N-leitendes oder P-leitendes Material für Anoden bzw. Katoden von Halbleiterbauelementen herstellen.
- 3 **TC501** P-dotiertes Halbleitermaterial ist solches, das mit einem zusätzlichen Stoff versehen wurde, der
 - a mehr als vier Valenzelektronen enthält.
 - b genau vier Valenzelektronen enthält.
 - c weniger als vier Valenzelektronen enthält.
 - d keine Valenzelektronen enthält.
- 4 **TC502** N-leitendes Halbleitermaterial ist gekennzeichnet durch
 - a Überschuss an freien Elektronen.
 - b das Fehlen von Dotierungsatomen.
 - c das Fehlen von Atomen im Gitter des Halbleiterkristalls.
 - d das Fehlen von Atomen im Gitter des Halbleiterkristalls.
- 5 **TC503** Ein in Durchlassrichtung betriebener PN-Übergang ermöglicht
 - a den Stromfluss von N nach P.
 - b den Stromfluss von P nach N.
 - c keinen Stromfluss.
 - d den Elektronenfluss von P nach N.

1 **Dotierung** bezeichnet in der Halbleitertechnik das einbringen von Fremdatomen in ein Grundmaterial zur Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit.

2 a

3 c

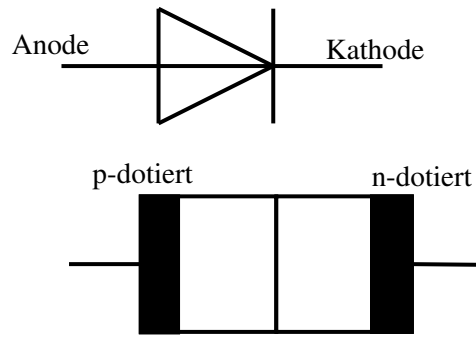
4 a

5 b

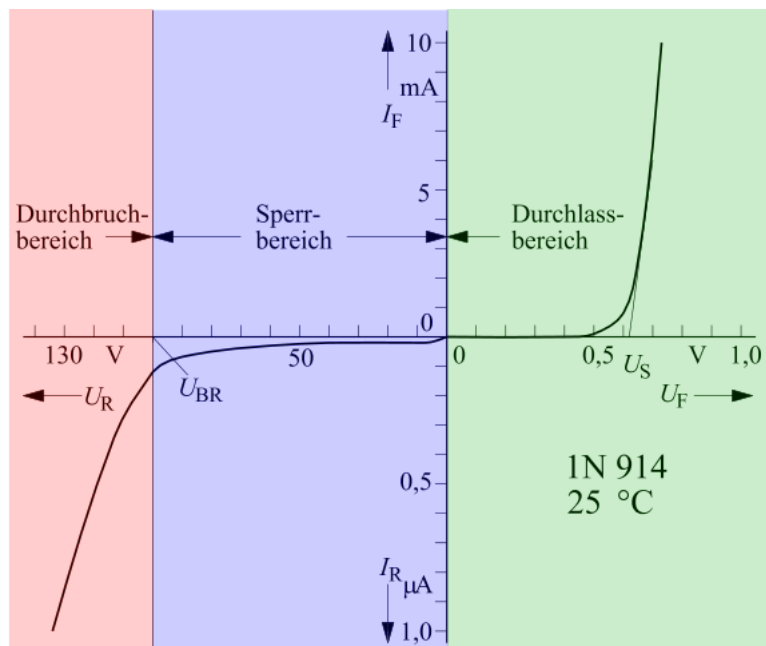
Die Diode

- 6 Skizziere das Schaltzeichen einer Diode und markieren die Anode und die Kathode und die jeweilige Dotierung.
- 7 Skizziere die Strom-Spannungskennlinie und markieren den Durchlassbereich, den Sperrbereich und den Durchbruchbereich.
- 8 Skizziere das Schaltzeichen einer Zener-Diode?
- 9 Skizziere eine Schaltung mit deren Hilfe eine Spannungsstabilisierung durchgeführt werden kann.

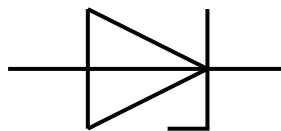
3 Die Diode



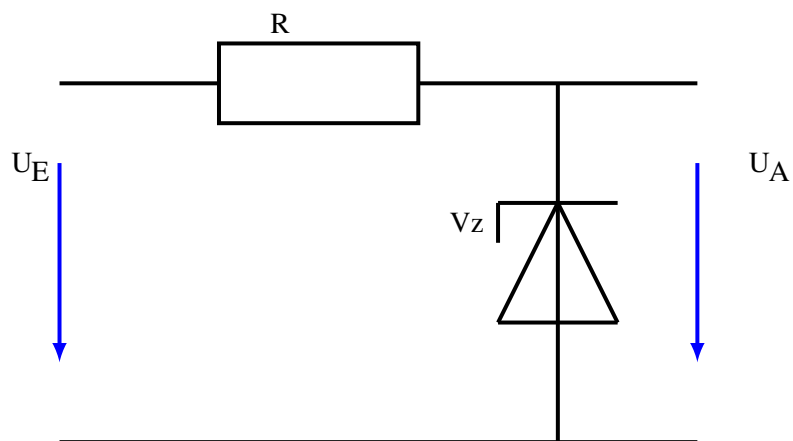
(a) 6



(b) 7

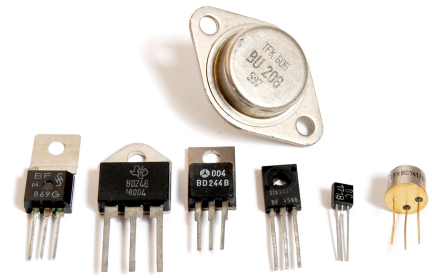


(c) 8



(d) 9

4 Der Bipolar-Transistor



4.1 Theorie- und Prüfungsfragen

- 1 Skizziere die Schaltzeichen eines NPN- und eines PNP-Transistors. Beschrifte entsprechend die Anschlüsse.
- 2 Zeichne das Ersatzschaltbild aus zwei Dioden für den NPN- und den PNP-Transistor.
- 3 **TC605** Welche Kollektorspannungen haben NPN- und PNP-Transistoren?
 - a NPN- und PNP-Transistoren benötigen negative Kollektorspannungen.
 - b PNP-Transistoren benötigen positive, NPN-Transistoren negative Kollektorspannung.
 - c PNP- und NPN-Transistoren benötigen positive Kollektorspannungen.
 - d NPN-Transistoren benötigen positive, PNP-Transistoren negative Kollektorspannungen.
- 4 **TC602** Das Verhältnis von Kollektorstrom zum Basisstrom eines Transistors liegt üblicherweise im Bereich von
 - a 1 zu 50 bis 1 zu 100.
 - b 10 zu 1 bis 900 zu 1.
 - c 1000 zu 1 bis 5000 zu 1.
 - d 1 zu 100 bis 1 zu 500.

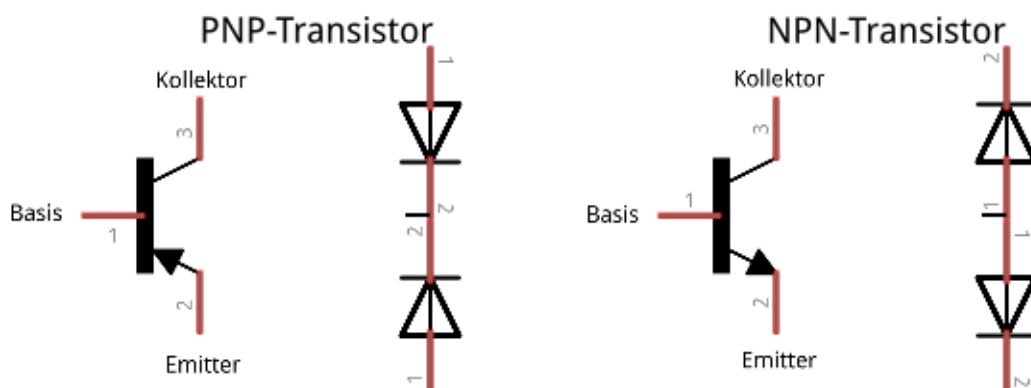


Bild 4.1: 1 und 2 - NPN- und PNP-Transistor

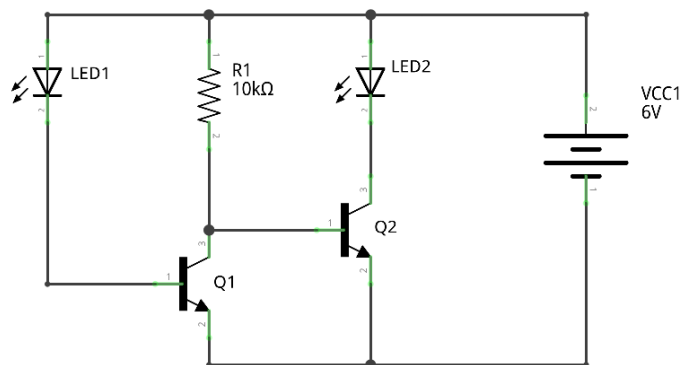
3 d

4 b

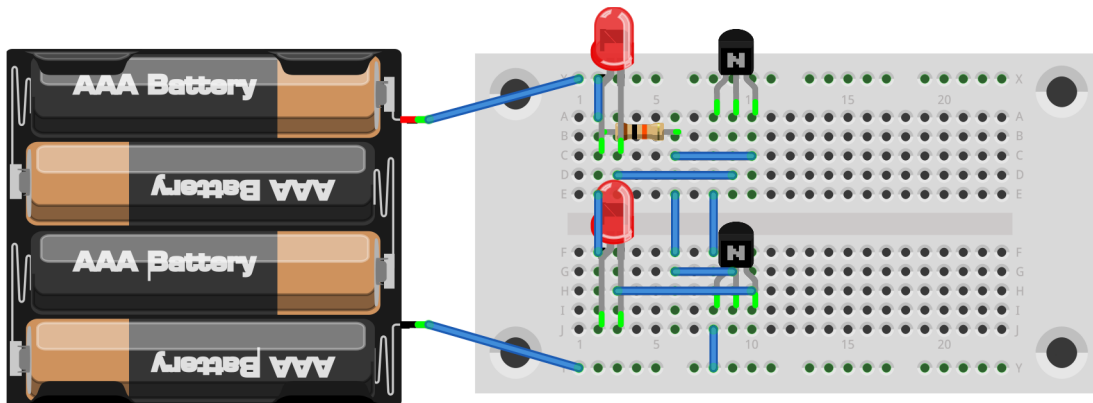
4.2 Praktische Anwendung

4.2.1 Transistorschaltung 01 - Der Bipolar-Transistor als Schalter

- Schaue dir den Bipolar-Transistor als Bauteil an und ordne die Bezeichnungen Kollektor, Basis und Emmitter den einzelnen Beinchen zu.
- Baue folgende Transistor-Schaltung auf (Abbildung 4.2).
- Lege die Versorgungsspannung an die Schaltung an.
- Entferne unter Last die Leuchtdiode 1. Welche Auswirkungen hat das auf die Schaltung und warum?



(a) Schaltplan



(b) Mögliche Breadboard-Ansicht

Bild 4.2: Transistorschaltung 01 - Der Bipolar-Transistor als Schalter

4.2.2 Transistorschaltung 02 - Der Bipolar-Transistor als Sensor

- Baue folgende Transistor-Schaltung auf (Abbildung 4.3).
- Lege die Versorgungsspannung an die Schaltung an.

- Berühre die Basis des Transistors Q1 mit dem Finger. Was passiert und warum?
- **Zusatz:** Ersetze die Led durch einen Lautsprecher? Was passiert und warum?

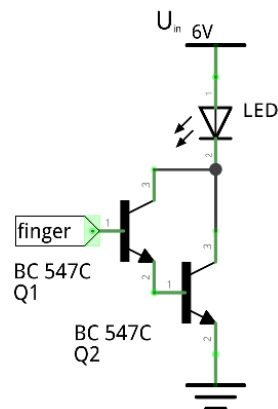


Bild 4.3: Transistorschaltung 02 - Der Bipolar-Transistor als Sensor

4.2.3 Transistorschaltung 03 - Der Bipolar-Transistor als Verstärker

- Baue folgende Transistor-Schaltung auf (Abbildung 4.4).
- Lege die Versorgungsspannung an die Schaltung an.
- Lege ein Audiosignal an den Eingang der Schaltung an. Was passiert und warum?

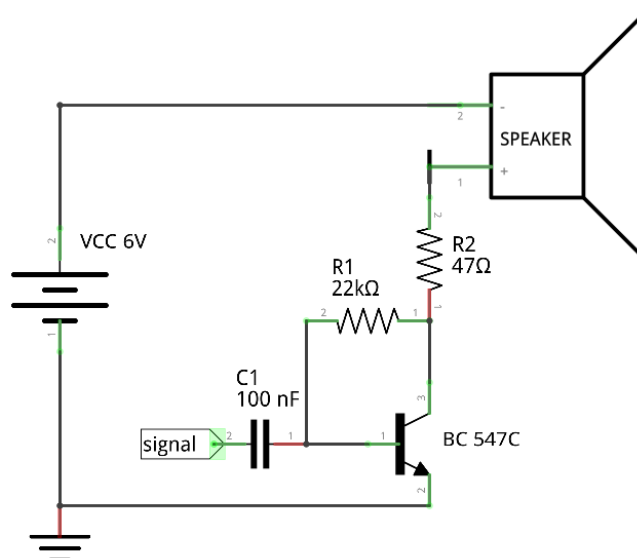


Bild 4.4: Transistorschaltung 03 - Der Bipolar-Transistor als Verstärker

Literaturverzeichnis

[Helios 2013] HELIOS: *Historisches Wechselspannungs-Voltmeter der Firma Helios in Köln Ehrenfeld*. wikimedia, 2013. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Helios_Voltmeter.jpg. – 09.07.2013, 21.00

Abbildungsverzeichnis

2.1	1 Reihenschwingkreis	7
2.2	2 Parallelschwingkreis	7
2.3	Impedanz eines Reihenschwingkreises in Abhängigkeit von der Frequenz . . .	8
2.4	Impedanz eines Parallelschwingkreises in Abhängigkeit von der Frequenz . .	9
4.1	1 und 2 - NPN- und PNP-Transistor	13
4.2	Transistorschaltung 01 - Der Bipolar-Transistor als Schalter	14
4.3	Transistorschaltung 02 - Der Bipolar-Transistor als Sensor	15
4.4	Transistorschaltung 03 - Der Bipolar-Transistor als Sensor	15