Überbetrieblicher Kurs „Messtechnik“

Grundlagen-Ausbildung der Physiklaboranten

ETH Zürich
Jessica Gmür, Sevi Zimmermann und Cornel Andreoli
9. – 19. August 2021

OC Oerlikon Balzers AG
Damian Loher
18. August – 3. September 2021

Version 6.0.2

Überbetrieblicher Kurs „Messtechnik“

Grundlagen-Ausbildung der Physiklaboranten

Dieser Kurs befasst sich mit:

- Elektronische Bauteilekunde wie
  - passive Bauteile (Widerstand, Kondensator, Spule)
  - diskrete Halbleiter (Dioden, Transistor)
  - integrierte Schaltkreise (Spannungsregler, Operationsverstärker, Timer)
- Mess- und Versuchsaufbauten mit elektronischen Bauteilen
- Einsatz geeigneter Messmittel
- Arbeitssicherheit mit Netzspannung

Der überbetriebliche Kurs wird Anfang des 2. Lehrjahres durchgeführt und dauert 9 Tage.

Den Kurs und weitere Informationen gibt es auf der Moodle-Plattform der Physiklaboranten

1 EINFÜHRUNG IN DIE MESSTECHNIK 8

1.1 Lerninhalte üK 3 „Messtechnik“ 8
1.1.1 Bauteilekunde 8
1.1.2 Mess- und Versuchsaufbauten 8
1.1.3 Einsatz geeigneter Messmittel 8
1.1.4 Arbeitssicherheit mit Netzspannung 8

2 DOCKINGSTATION UND MODULE 9

2.1 Module 9

3 DAS ELEKTRISCHE SCHEMA 10

3.1 Einführung 10

3.2 Schaltzeichen 10

3.3 Netze 10

3.4 Erde, Masse Ground, Minus und was alles noch...? 11
3.4.1 Erde 11
3.4.2 Masse 11
3.4.3 Ground (GND) 11
3.4.4 Minus 11

3.5 Bauteilkennzeichnung 11

3.6 Anschlüsse IC 11

3.7 Software 11

4 DER ELEKTRISCHE WIDERSTAND (RESISTOR) 12

4.1 Einführung 12

4.2 Farbcodierung der Widerstände 12

4.3 E-Reihe 13

4.4 Bauform 14

4.5 Schaltzeichen 14

4.6 Schaltung von Widerständen 15
4.6.1 Die Serie-Schaltung von Widerständen 15
4.6.2 Die Parallel-Schaltung von Widerständen 16

4.7 Modul 1 „Widerstände und Kondensatoren“ 17

4.8 Potentiometer, Trimmer 21

4.9 Spezielle Widerstände 22
4.9.1 NTC-Widerstand (negativ temperatur coefficient) 22
4.9.2 PTC-Widerstand (positiv temperatur coefficient) 23
4.9.3 LDR-Widerstand (light dependent resistor) 24
4.9.4 Messung des Widerstand-Wertes 24

5 DER KONDENSATOR (CAPACITOR) 26

5.1 Einführung 26

5.2 Bauformen von Kondensatoren 27

5.3 Schaltzeichen für Kondensatoren 28

5.4 Schaltung von Kondensatoren 29
5.4.1 Serie-Schaltung von Kondensatoren 29
5.4.2 Parallel-Schaltung von Kondensatoren 29

5.5 Lade- und Entladekurve eines Kondensators 30

6 DIE DIODE (DIODE) 31

6.1 Einführung 31

6.2 Modul 2 „Dioden“ 32

6.3 Arten von Dioden 35
6.3.1 Gleichrichterdioden 35
6.3.2 Zener-Diode 38
6.3.3 Leuchtdioden (LED light emitting diode) 40
6.3.4 Photodioden 42
6.3.5 Schaltzeichen von Dioden 43
6.3.6 Weitere Dioden 43

7 DER SPANNUNGSREGLER (VOLTAGE REGULATORS) 44

7.1 Festspannungsregler 44

7.2 Typische Schaltung für +12V 45

7.3 Einstellbarer Spannungsregler 47

7.4 Typische Schaltung für eine variable Spannung 48

7.5 Verlustleistung am Spannungsregler 49

7.6 Pinbelegung der Spannungsregler 49

8 DER TRANSISTOR (TRANSISTOR) 50

8.1 Einführung 50

8.2 NPN-Transistor 50

50

8.3 Modul 3 „Transistor“ 51

8.4 Der NPN-Transistor als Schalter 54

8.5 PNP-Transistor als Schalter 55
55

8.6 Verlustleistung des Transistors 56

8.7 Anwendungen von Transistoren 56

8.8 Schaltgeschwindigkeit eines Transistors 57

8.9 Einige Kennwerte von bekannten Transistoren 57

9 DER OPERATIONSVERSTÄRKER (OPERATIONAL AMPLIFIERS) 58

9.1 Einführung 58

9.2 Der ideale Operationsverstärker 58

9.3 Modul 4 „Operationsverstärker“ 59

9.4 OP-Grundschaltungen 61
9.4.1 Invertierender Verstärker 61
9.4.2 Nicht-invertierender Verstärker 62

9.5 Einstellbarer nicht-invertierender Verstärker 63

9.6 Der Impedanzwandler 63

9.7 Weitere OP-Schaltungen 64
9.7.1 Addierer 64
9.7.2 Komparator 65
9.7.3 Komparator mit einstellbarer Schaltschwelle 66

10 TIMER NE555 67

10.1 Einführung 67

10.2 Blockschaltbild NE555 67

10.3 Modul 5 „Timer NE555“ 68

10.4 Timer NE-555 Schaltungen 70
10.4.1 Astabile Kippstufe (Multivibrator) 70
10.4.2 Monostabile Kippstufe (Monoflop) 71
10.4.3 Bistabile Kippstufe (Flipflop) 72
10.4.4 Pulsweitenmodulation (PWM) 73

11 SICHERHEIT MIT DER NETZSPANNUNG (230 V) 74

11.1 Einführung 74

11.2 Montage 230 V Stecker 74

12 MODUL 0 „DEMOBAUTEILE“ 76

13 INFORMATIONEN & LINKS 77

13.1 Widerstand und Kondensator 77

13.2 Dioden 77

13.3 Transistoren 77

13.4 Operationsverstärker 78

13.5 Timer NE555 78

14 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS 78

15 ABBILDUNGSVERZEICHNIS 78

16 NOTIZEN UND FRAGEN 79

1 Einführung in die Messtechnik

In diesem überbetrieblichen Kurs 3 „Messtechnik“ beschäftigen wir uns mit der Messtechnik. Du lernst die grundlegenden elektronischen Bauteile kennen und kannst einfache Schaltungen aufbauen. Der üK 3 gibt dir eine Einführung in die Messtechnik bzw. Elektronik.
Sensoren, Messaufbauten und die Datenerfassung beinhalten vielfältige elektronische Komponenten. Es ist deshalb wichtig, dass ein Physiklaborant versteht, was zwischen dem Sensor und der Anzeige mit dem Messsignal passiert. In diesem ük 3 sollst du eine Ahnung erhalten was alles in der Messtechnik möglich ist. Mit Experimenten wird die Theorie in die Praxis umgesetzt.

1.1 Lerninhalte üK 3 „Messtechnik“

1.1.1 Bauteilekunde

In der Elektronik gibt es viele verschiedene elektronische Bauteile. Die Bauteile können eingeteilt werden in:

- Passive Bauteile (Widerstand, Kondensator, Spule)
- Diskrete Halbleiter (Dioden, Transistor)
- Integrierte Schaltkreise (Spannungsregler, Operationsverstärker, Timer, etc.)

eingeteilt werden. Die oben genannten elektronischen Bauteile wirst du in diesem überbetrieblichen Kurs kennen lernen.

1.1.2 Mess- und Versuchsaufbauten

Die elektronischen Bauteile werden immer in einer elektronischen Schaltung verwendet (z.B. Verstärkerschaltung für ein Sensorsignal). In diesem üK wirst du einige Grundschaltungen in der Messtechnik kennen lernen. Es soll dir eine Vorstellung geben, was alles mit einer elektronischen Schaltung machbar ist.

1.1.3 Einsatz geeigneter Messmittel

Die meisten Messmittel kennst du bereits aus dem überbetrieblichen Kurs 1 „Messmethoden“. In diesem üK wirst du einige Messmittel noch etwas besser kennen lernen.

1.1.4 Arbeitssicherheit mit Netzspannung

In der Messtechnik werden meistens niedrige Gleichspannungen (5V, ±15V, etc.) verwendet. Oft werden in der Messtechnik aber auch 230V angesteuert. Es werden grundlegende Kenntnisse für sicheres Arbeiten mit der Netzspannung vermittelt.

2 Dockingstation und Module

Für den überbetrieblichen Kurs „Messtechnik“ wurde eine Dockingstation und diverse Module entwickelt. Die einzelnen Module kannst du in die Dockingstation stecken. Mit jedem Modul wirst du ein oder mehrere elektronische Bauteile kennen lernen.

Abb. 1: Dock mit Modul 4

2.1 Module

Folgende Module wirst du in diesem überbetrieblichen Kurs einsetzten:

- Modul 0 Bauteile löten (siehe Seite 75)
- Modul 1 Widerstand und Kondensator
- Modul 2 Dioden
- Modul 3 Transistor
- Modul 4 Operationsverstärker
- Modul 5 Timer NE555
- Modul 6 Breadboard

Abb. 2: Modul 1 „Widerstand & Kondensator“

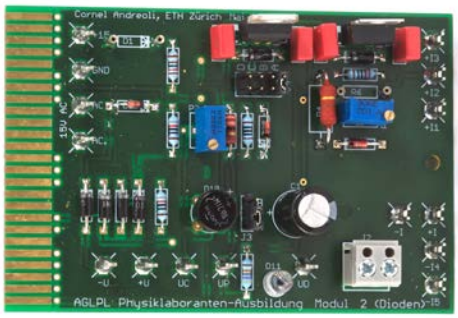


Abb. 3: Modul 2 „Dioden“

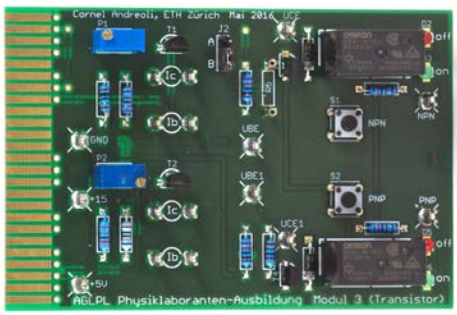


Abb. 4: Modul 3 „Transistor“

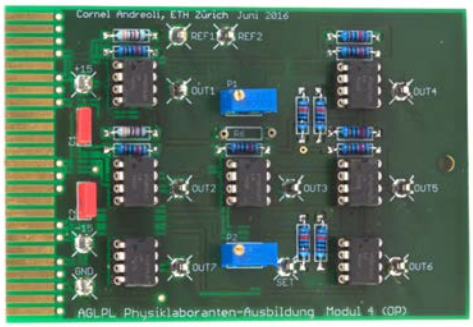


Abb. 5: Modul 4 „Operationsverstärker"

Bitte stecke die Module ***vorsichtig*** in die Federbuchse. Die Bauteile sind ***immer oben***!

3 Das elektrische Schema

3.1 Einführung

Das elektrische Schema ist der „Bauplan“ jeder elektrischen Schaltung. Nur mit einem elektrischen Schema kann eine Schaltung gemessen, geprüft oder repariert werden. Für jedes Bauteil gibt es normierte Schaltzeichen. Das Schema muss möglichst übersichtlich gezeichnet werden. Typischerweise ist auf der linken Seite der Eingang der Schaltung und auf der rechten Seite der Schaltungsausgang. Die geometrische Anordnung der Bauteile im Schema und auf dem Elektronikboard muss nicht zwingend identisch sein. Die elektrischen Verbindungen der einzelnen Bauteile müssen für die korrekte Funktion der Schaltung stimmen.

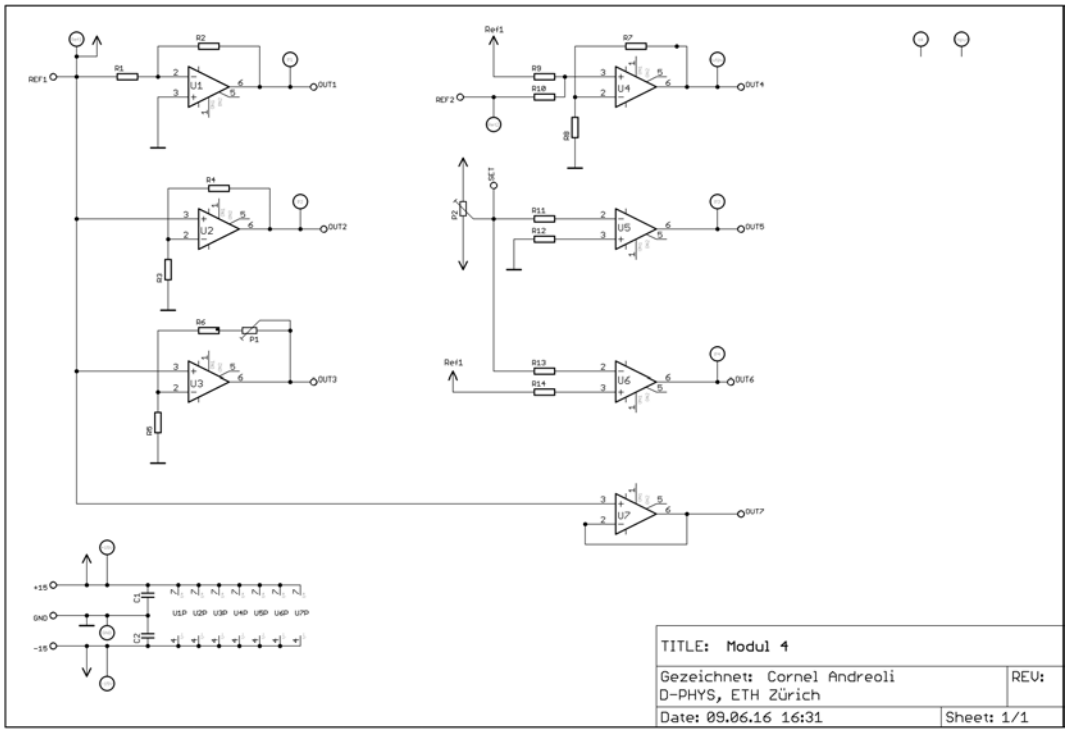


Abb. 6: Schema

3.2 Schaltzeichen

Die wichtigsten Schaltzeichen für die Bauteile werden bei den einzelnen Modulen gezeigt. Wie so oft gibt es eine europäische und amerikanische Norm.

3.3 Netze

Für ein elektrisches Schema ist es sehr wichtig, dass es übersichtlich bleibt. Versorgungsspannungen und Masse/Ground-Leitungen gibt es immer sehr viele in einer elektronischen Schaltung. Damit das Schema übersichtlich bleibt, werden deshalb Netze verwendet. Die Software weiss, dass die einzelnen Netze auf dem Board elektrisch verbunden sind.

Positive Spannung

GND

Negative Spannung

Lötfähnchen auf Print

3.4 Erde, Masse Ground, Minus und was alles noch...?

In der Elektronik und Elektrotechnik werden häufig Begriffe wie Masse, Erde, Geräteerde, Ground und Minus verwendet. Oft werden diese Begriffe leider auch durcheinandergebracht.

3.4.1 Erde

Das Potential des Erdbodens wird Erde genannt. Die Erdung ist eine Form der Masse (-verbindung). Die Erde hat ein Potential von 0V.

3.4.2 Masse

Die Masse ist das Bezugspotential zu einer Spannung. Jede Spannung benötigt ein Bezugspotential. Die Masse kann geerdet werden, muss aber nicht. Die Masse kann auf einem Potential liegen. Es gibt dann eine Spannung zwischen Erde und Masse und eine Spannung zwischen Masse und der anliegenden Spannung.

3.4.3 Ground (GND)

Ground, oft auch nur GND, ist die englische Bezeichnung für Masse.

3.4.4 Minus

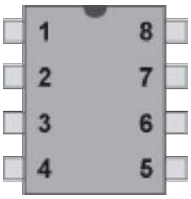
Der elektrische Minuspol (–) der speisenden Spannung ist oft mit der Masse verbunden. Bei der Speisung von Operationsverstärkern werden erdsymetrische Spannungen ($\pm U_s$) benötigt.

3.5 Bauteilkennzeichnung

In einem Schema müssen die einzelnen Bauteile bezeichnet werden (R1, R2, etc.). Oft werden auch nur die Werte angeschrieben, z.B. 10k.

Bauteil	***Bezeichnung***	***Wert***	***Wert***
Widerstand	R	10k	10kΩ = 10’000Ω
Widerstand	R	2k2	2.2kΩ = 2.200Ω
Kapazität	C	4n7	4.7 nF
Potentiometer	R	202	20 00 = 2kΩ

3.6 Anschlüsse IC



Das IC muss natürlich ***richtig*** in den Sockel eingesetzt werden!

3.7 Software

Elektrische Schemas werden mit speziellen Software-Tools gezeichnet. Ich kann das Programm „Eagle“ empfehlen. Für Hobby-Anwendungen gibt es eine gratis Version auf www.autodesk.com/. Eine Alternative ist „Sprintlayout“ von Abacom (https://www.electronic-software-shop.com)

4 Der elektrische Widerstand (Resistor)

4.1 Einführung

Der elektrische Widerstand R wird auch ohmscher Widerstand genannt. In der Elektronik ist der elektrische Widerstand ein wichtiges Bauteil. Mit dem Widerstand können Ströme begrenzt, Spannungen geteilt und Ströme in Spannungen gewandelt werden. Die Masseinheit ist Ω (Ohm). Jeder Widerstand ist temperaturabhängig. Dieser Effekt wird bei speziellen Widerständen (Pt100, NTC/PTC) zur Temperaturmessung genutzt. Es gibt Draht- und Schichtwiderstände. Die Drahtwiderstände werden meistens mit Manganin (CuMn12Ni) oder Konstantan (CuNi44) gewickelt. Schichtwiderstände sind aus einer Kohlenschicht oder einer Metalloxid-Schicht gefertigt.

4.2 Farbcodierung der Widerstände

Mit Farbringen ist der ohm'sche Wert des Widerstandes codiert. Die Metallfilmwiderstände haben 5 oder 6 Farbringe. Bei den (ungenaueren) Kohlenschichtwiderstände sind es 4 Farbringe.

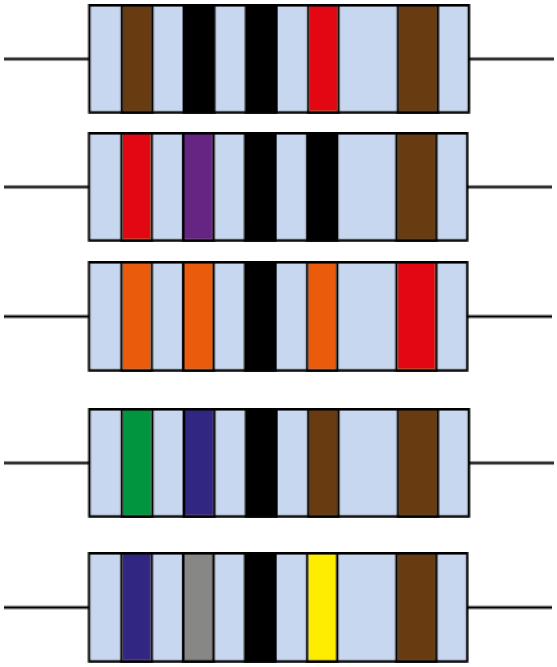
Aufgabe: Farbcode Metallfilm-Widerstand

Fülle die Tabelle mit den Werten für den Farbcode aus.

Farbe	1. Ring (1.Ziffer)	2.Ring (2.Ziffer)	3.Ring (3.Ziffer)	4.Ring (Multipl.)	5.Ring (Toleranz)	6.Ring (Temp.koeff.)
silber						
gold						
schwarz						
braun						
rot						
orange						
gelb						
grün						
blau						
violett						
grau						
weiss						

Aufgabe: Widerstands-Werte

Bestimme den ohmschen Wert der Widerstände.



_____

_____

_____

_____

_____

4.3 E-Reihe

Die Widerstände sind in E-Reihen normiert. Die Zahl hinter dem E gibt an, wie viele Widerstands-Werte pro Dekade enthalten sind. Verbreitete E-Reihen sind die E-12 und E-24. Wir arbeiten mit der E12-Reihe. In dieser Reihe hat es pro Dekade 12 Werte.

Aufgabe: Werte der E12-Reihe

Fülle die Tabelle mit den entsprechenden Werten der E12-Reihe aus.

E12											

Aufgabe: E-Reihe

Was gibt es alles für E-Reihen?

.....

.....

4.4 Bauform

Ein Widerstand ist durch seinen ***ohm'schen Wert*** und seine maximal zulässige ***Leistung*** bestimmt. Die Leistung beeinflusst die Grösse und die Bauform. Erhältlich sind auch Widerstand-Arrays (mehrere Widerstände in einem Gehäuse) oder SMD-Widerstände. (surface mounted device)

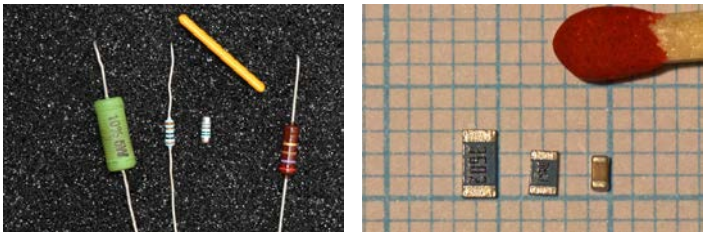
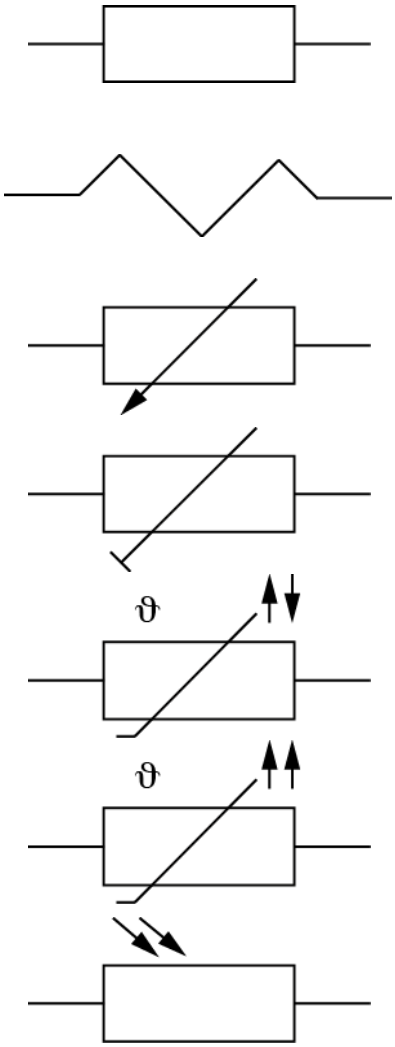


Abb. 7: Diverse Bauformen

Je grösser der Widerstand ist ***desto grössere*** Leistungen sind zulässig!

4.5 Schaltzeichen

Für Schaltpläne gibt es normierte Schaltzeichen für die Widerstände.



Widerstand, Europa

Widerstand, USA

Potentiometer

Trimmer

NTC-Widerstand

PTC-Widerstand

LDR-Widerstand

4.6 Schaltung von Widerständen

Widerstände können in Serie oder parallel geschalten werden. Aus dem Elektrotechnik-Unterricht weisst du, wie man die Werte berechnet.

4.6.1 Die Serie-Schaltung von Widerständen

Aufgabe: Serie-Schaltung

Repetiere im 2'er Team die Eigenschaften der Serie-Schaltung und notiere.

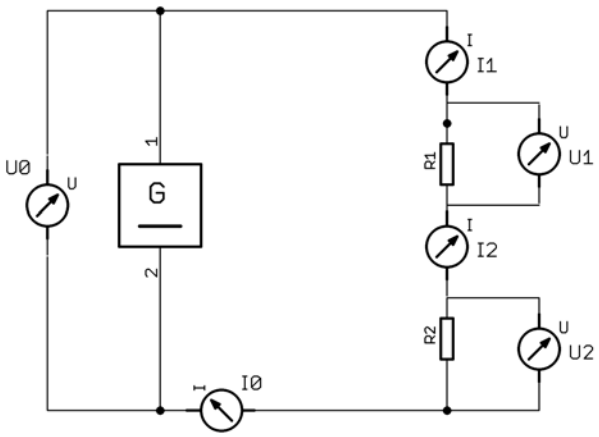


Abb. 8: Serieschaltung

Ströme:

Spannungen:

Widerstände:

Die Ströme in der Serie-Schaltung sind ***gleich*** gross!

4.6.2 Die Parallel-Schaltung von Widerständen

Aufgabe: Parallel-Schaltung

Repetiere im 2'er Team die Eigenschaften der Parallel-Schaltung und notiere.

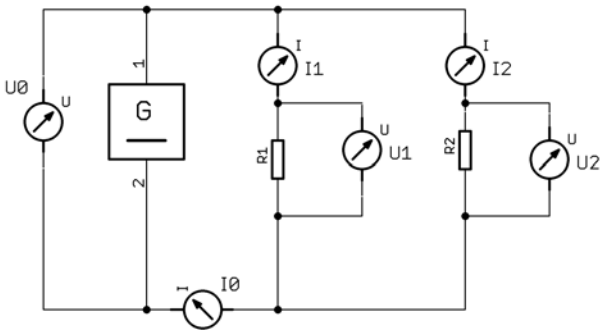


Abb. 9: Parallel-Schaltung

Ströme:

Spannungen:

Widerstände:

Die Spannungen in der Parallel-Schaltung sind ***gleich*** gross!

4.7 Modul 1 „Widerstände und Kondensatoren“

Mit dem Modul 1 kannst du die Theorie in der Praxis überprüfen. Nimm eine Dockingstation und stecke das Modul 1 ***vorsichtig*** in die Federbuchse. Verkable nun die Versorgungsspannung mit dem Powersupply und schalte es ein.

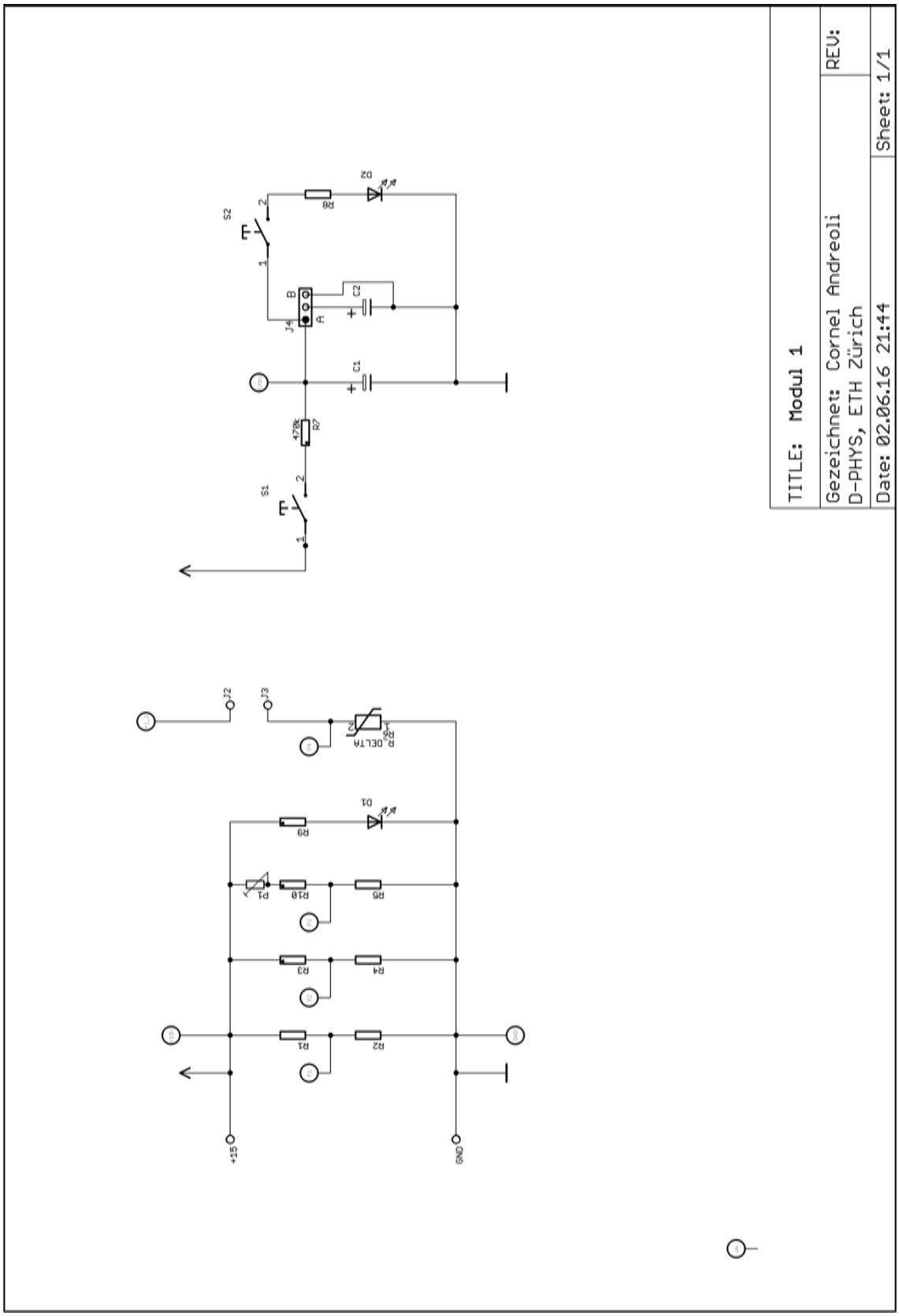


Abb. 10: Schema Modul 1

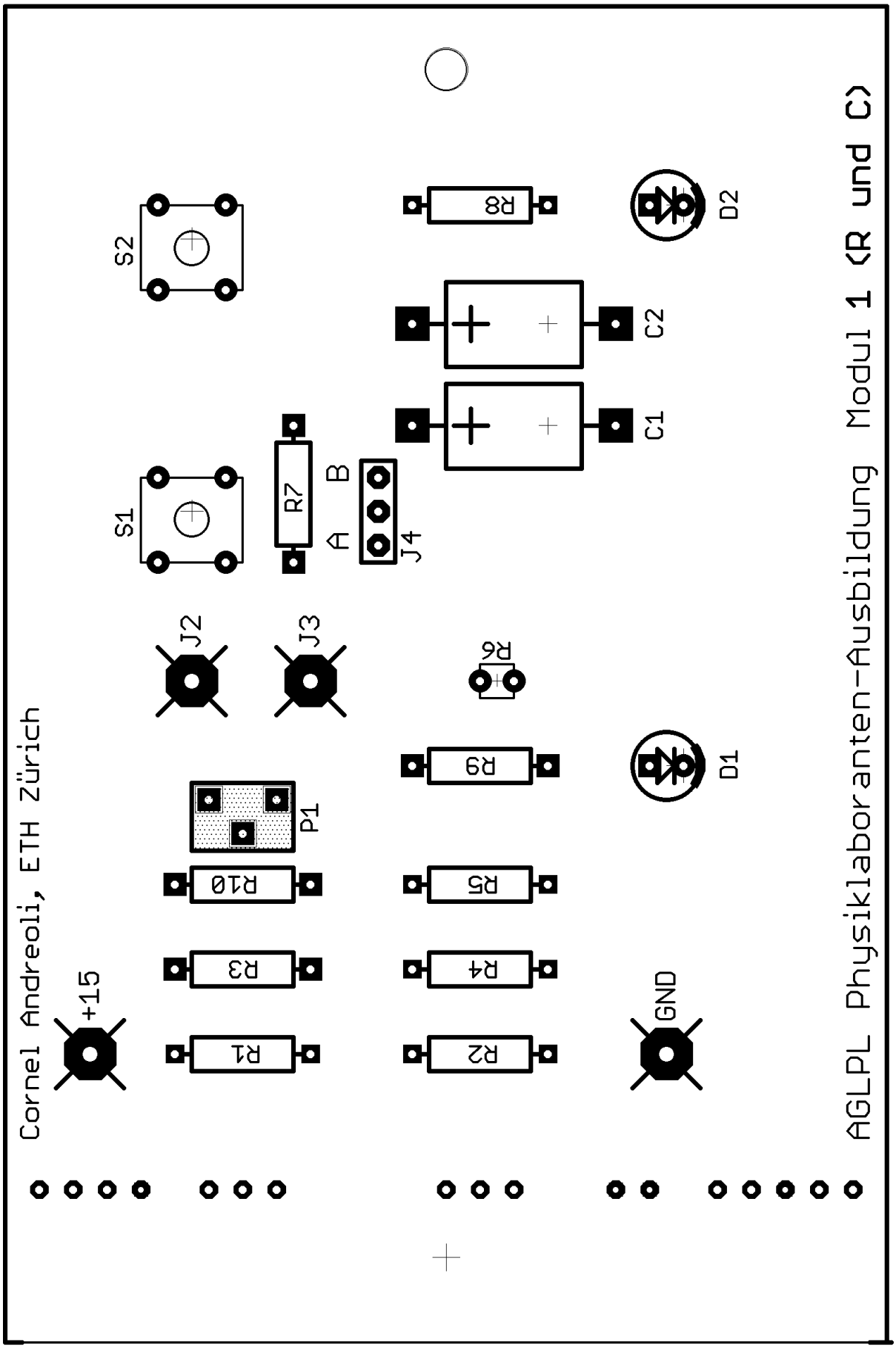


Abb. 11: Bestückungslayer Modul 1

Aufgabe: Spannungsteiler

1. Bestimme die beiden Widerstände R1 und R2 mit dem Farbcode.

   R1= _____ R2= _____

2. Was erwartest du für eine Spannung an der Buchse P1?

   U_{P1}= _____

3. Miss nun die Spannung an der Buchse P1 mit dem Multimeter

   U_{P1}= _____

4. Stimmt der Wert überein?

Falls nicht, weshalb nicht?

.....

.....

.....

.....

Aufgabe: Spannungsteiler dimensionieren

Bei dieser Aufgabe möchtest du an der Buchse P2 möglichst genaue 5V erhalten. Der Widerstand R4 hat einen Wert von 10 kΩ.

1. Dimensioniere den Widerstand R3

   R3= _____

2. Stecke ihn auf den entsprechenden Platz

3. Miss mit dem Multimeter an der Buchse P2

   U_{P2}= _____

Hast du genaue 5.000V erhalten? Falls nicht, weshalb nicht? Was könntest du ändern?

.....

.....

.....

.....

Aufgabe: Genaue Spannungseinstellung

Mit einem Potentiometer kannst du eine Spannung sehr genau einstellen.
Bei dieser Schaltung kannst du an der Buchse P3 die Spannung messen. Dimensioniere den Widerstand R10.

1. Drehe am Poti P1 solange, bis du an der Buchse P3 möglichst genau π (3.141 V) erhältst.

   U_{P3}= _____

Wie genau konntest du π V einstellen?
Wie könntest du die Schaltung ändern, damit du die Spannung noch feiner trimmen kannst?

.....

.....

.....

.....

Aufgabe: Vorwiderstand einer LED

Wähle eine LED aus, berechne den Vorwiderstand und setzte die LED und der berechnete Widerstand am richtigen Ort auf dem Modul 1 ein. Die Theorie zur LED findest du auf der Seite 37.

.....

.....

.....

.....

4.8 Potentiometer, Trimmer

Ein Potentiometer ist ein einstellbarer Widerstand. Bei einem Potentiometer kann von „aussen“ der ohm’sche Wert von Hand eingestellt werden. Ein Trimmer ist wie ein Potentiometer. Der Trimmer ist jedoch auf dem Print verlötet und wird zum definitiven Abgleich der Schaltung verwendet.

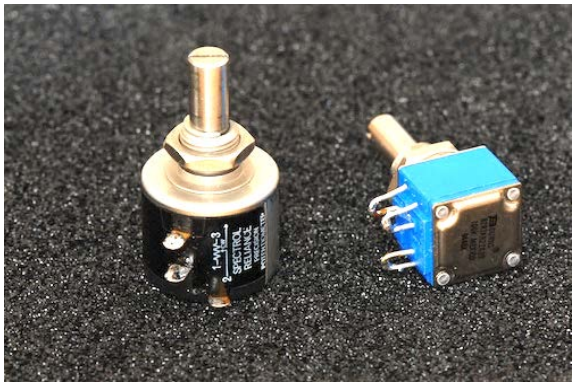


Abb. 12: Potentiometer

Abb. 13: Trimmer

Ein Potentiometer ist ein Widerstand mit einem Mittelabgriff. Dieser Teilt den Gesamtwiderstand in zwei Teilwiderstände. Je nach geometrischer Stellung verändern sich die Werte von P1und P1’. Der Wert P1+P1’ ist immer gleich gross.

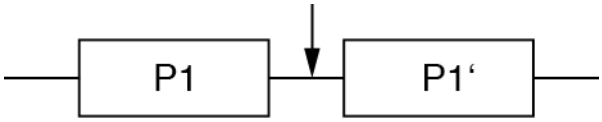


Abb. 14: Ersatzschaltung Potentiometer

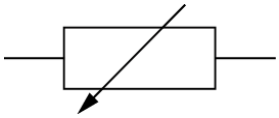


Abb. 15: Potentiometer

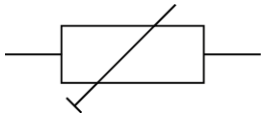


Abb. 16: Trimmer

Ein Potentiometer ist ein ***mechanisch veränderbarer*** Widerstand.

Aufgabe: Potentiometer

Wo hast du schon Potentiometer (oder Trimmer) an deinem Arbeitsplatz angetroffen?

.....

.....

.....

.....

4.9 Spezielle Widerstände

Im überbetrieblichen Kurs 1 „Messmethoden“ hast du bereits Widerstände kennen gelernt, welche den ohm’schen Wert ändern, z.Bsp. je nach Temperatur. Mit solchen Widerständen werden sehr oft Messungen gemacht. In der Messtechnik werden die Messsignale aufbereitet.

4.9.1 NTC-Widerstand (negativ temperatur coefficient)

Beim ***Heissleiter*** (NTC) nimmt der Widerstand mit der Temperatur _____.

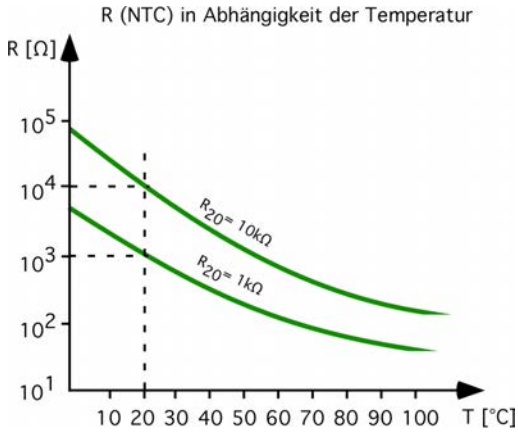


Abb. 17: Temperaturabhängigkeit NTC

Abb. 18: Typischer NTC

Silizium hat einen ***negativ temperatur coefficient*** (NTC).

Silizium hat ein typisches NTC-Verhalten. Was kann dies für Probleme geben?

.....

.....

.....

.....

4.9.2 PTC-Widerstand (positiv temperatur coefficient)

Beim Kaltleiter (PTC) nimmt der Widerstand mit der Temperatur _____.

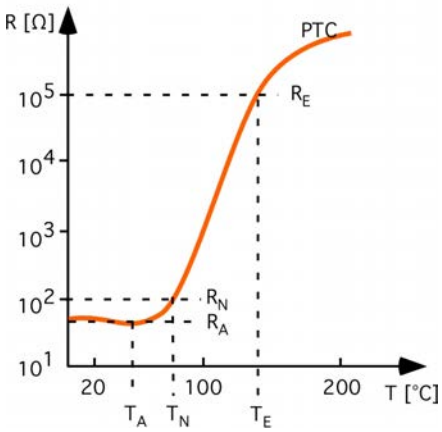


Abb. 19: Temperaturabhängigkeit PTC

Abb. 20: Temperaturabhängigkeit PTC

Alle Metalle haben einen ***positiv temperatur coefficient*** (PTC)

Was für PTC-Widerstände kennst du bereits?

.....

.....

.....

.....

Aufgabe: Skizziere eine Pt100-Kennlinie

Skizziere eine typische Pt100-Kennlinie, mit den dir bekannten Werten.

4.9.3 LDR-Widerstand (light dependent resistor)

Der LDR-Widerstand ist abhängig vom eintreffenden Licht. Je mehr Licht auf den Widerstand trifft, desto kleiner wird der elektrische Widerstand. Der LDR wird oft zur Lichtmessung eingesetzt. Der LDR ist im Vergleich zur Photodiode sehr träge.

Abb. 21: Typische Form eines LDR-Widerstandes

Ein LDR ist ein ***lichtabhängiger*** Widerstand.

4.9.4 Messung des Widerstand-Wertes

Der ohm'sche Wert kann im einfachsten Fall mit einem Digitalmultimeter gemessen werden. Möchte man jedoch eine Spannung, welche proportional zum ohm'schen Widerstand ist, dann benötigt man ein Konstantstrom-Quelle als Hilfsmittel

Aufgabe: Widerstandsmessung

Erarbeite und skizziere im 2'er Team eine mögliche Schaltung, um einen Widerstand zu messen. Du möchtest den Widerstand mit dem LabJack messen. Da der LabJack nur Spannungen messen kann, benötigst du eine Spannung, welche zum ohm'schen Wert proportional ist.

Skizze:

Aufgabe: PTC, NTC und LDR Messung

Auf dem Modul 1 kannst du die Widerstände messen. Miss zusätzlich den konstanten Strom an den Lötfähnchen J2 und J3 damit du den Widerstand berechnen kannst.

1. Stecke ein PTC, NTC, LDR ***nacheinander*** bei R6 ein
2. Miss die Spannung bei der Buchse P4
3. Berechne den ohm'schen Wert
4. Wiederhole die Messung

Strom (J2–J3): _____ mA

Bedingung	***PTC***	***NTC***	***LDR***
RT [°C]			X
„heiss" [°C]			X
Raumlicht	X	X	
„hell"	X	X	
„dunkel"	X	X	

Aufgabe: DemoBauteile

Auf dem Modul 0 „DemoBauteile" kannst du die entsprechenden Widerstände einlöten. Eine genaue Beschreibung findest du auf Seite 76 (Abb. 97).

Stückliste:

R1, R2:	22 kΩ
R3:	470 Ω
R4:	1.5 kΩ
R5:	2.7 Ω / 1W
R6:	0.1 Ω / 5W
R7:	SMD 1206
R8:	SMD 0805
R9:	SMD 0603

5 Der Kondensator (Capacitor)

5.1 Einführung

Der Kondensator ist ein passives, elektrisches Bauteil. Mit einem Kondensator kann man in einem Gleichspannungskreis elektrische Ladung bzw. elektrische Energie speichern. Die gespeicherte Energie kann der Kondensator wieder abgeben. Die Kapazität C ist die Eigenschaft eines Bauteils eine elektrische Energie zu speichern. Die Einheit der Kapazität ist Farad [F].

$$C = \frac{Q}{U}$$

C: Kapazität [F]
Q: Ladung [C]
U: Spannung [V]

Ein Kondensator besteht aus 2 Platten mit einem isolierenden Dielektrikum dazwischen. Die Kapazität eines Kondensators wird durch seine geometrische Grösse und die Dielektrizitätszahl ε_r bestimmt.

$$C = \varepsilon_0 * \varepsilon_r * \frac{A}{d}$$

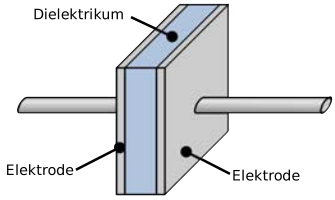


Abb. 22: Kondensator, schematisch

C: Kapazität
ε_0: 8.85 * 10^{-12} As/Vm
ε_r: Dielektrizitätszahl
A: Fläche
d: Abstand der beiden Flächen

Je ***grösser*** die Fläche, desto ***grösser*** die Kapazität.

Der Abstand der beiden Platten und das Dielektrikum bestimmen die maximale Spannung, welche an den Kondensator angelegt werden kann.

Bei Wechselspannung ist der Kondensator wie ein Frequenz-abhängiger Widerstand. Je grösser die Frequenz, desto kleiner wird der *kapazitive Blindwiderstand*. In diesem überbetrieblichen Kurs werden wir den Kondensator nur mit Gleichspannung betreiben. Mehr über den Kondensator an einer Wechselspannung wirst du in der Berufsfachschule erfahren.

5.2 Bauformen von Kondensatoren

Es gibt ganz viele unterschiedliche Bauformen von Kondensatoren. Man kann sie in Gleichspannungs- und Wechselspannungskondensatoren einteilen. Je nach gewünschter Kapazität und maximaler Betriebsspannung wählt man den geeigneten Kondensator aus. Kondensatoren gibt es mit Anschlussdrähten wie auch als SMD-Version. Die wichtigsten Kondensatoren sind:

- Folienkondensator
- Keramikkondensator
- Metall-Papierkondensator
- Aluminium-Elektrolytkondensator
- Tantal-Elektrolytkondensator
- Dreh- und Trimmkondensator
- .... und viele weitere Typen

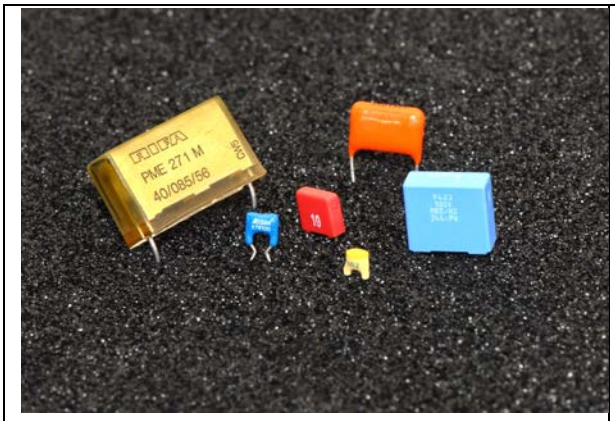


Abb. 23: ungepolte Kondensatoren

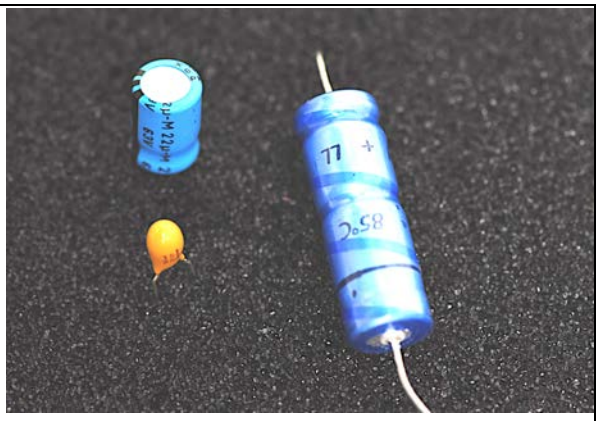


Abb. 24: gepolte Kondensatoren

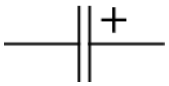
Beim Kondensator muss auf die ***maximal*** Spannung geachtet werden!

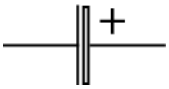
Beim Elektrolyt-Kondensator muss auf die ***Polarität*** geachtet werden!

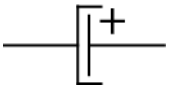
5.3 Schaltzeichen für Kondensatoren

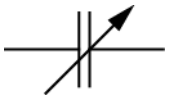
Für Schaltpläne gibt es normierte Schaltzeichen für die Kondensatoren. Hier die wichtigsten Schaltzeichen.

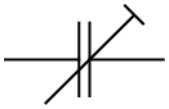
Kondensator, allgemein


Kondensator, gepolt


Elektrolytkondensator


Elektrolytkondensator


Drehkondensator


Trimmkondensator

Aufgabe: Kondensator

Je nach Kondensator-Bauart ändert sich die Kapazität und die Nennspannung. Suche im 2'er Team typische Werte und fülle folgende Tabelle aus.

Kondensator	***Kapazität ... bis ...***	***Max. Spannung***	***Baugrösse (klein ... gross)***
Keramikkondensator			
Folienkondensator			
Aluminium-Elektrolyt			
Tantal-Elektrolyt			

5.4 Schaltung von Kondensatoren

Kondensatoren können in einer elektronischen Schaltung in Serie oder parallel geschaltet werden.

5.4.1 Serie-Schaltung von Kondensatoren

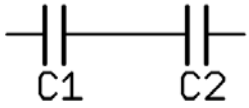


Abb. 25: Kondensator in Serie

Die Gesamtkapazität C_0 ist:

$$\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

5.4.2 Parallel-Schaltung von Kondensatoren

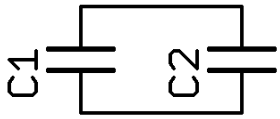


Abb. 26: Kondensator Parallel

Die Gesamtkapazität C_0 ist:

$$C_0 = C_1 + C_2$$

Bei parallel geschalteten Kondensatoren werden die einzelnen Kapazitäten ***addiert***!

Aufgabe: DemoBauteile

Auf dem Modul 0 „DemoBauteile“ kannst du die entsprechenden Kondensatoren einlöten. (s. Abb. 97)

C1: 47 nF / 100 V
C2: 10 μF / 100 V

5.5 Lade- und Entladekurve eines Kondensators

Ein Kondensator kann mit Gleichspannung geladen werden.
Auf dem Modul 1 ist folgende Schaltung bereits aufgebaut.

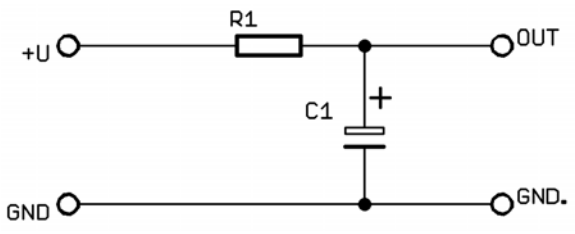


Abb. 27: Schema Lade- und Entladekurve

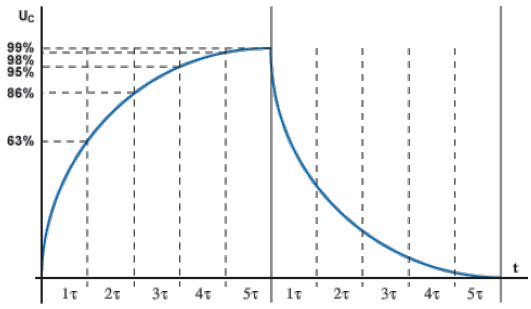


Abb. 28: Messungen Lade- und Entladekurve

In der Abbildung 28 siehst du eine typische Lade- und Entladekurve der Schaltung in Abbildung 27.

Bei einem T (Tau) ist der Kondensator zu 63% geladen, bei 5 T ist er zu 99% geladen. Die Einheit von Tau ist Sekunde!

$$\mathbf{T} = \boldsymbol{R} * \boldsymbol{C}$$

Bei ***1*** **T** ***(Tau)*** ist der Kondensator zu ***63%*** geladen!

Aufgabe: Tau-Messung

Auf dem Modul 1 kannst du einen Kondensator aufladen und die Ladespannung messen.

1. Kontrolliere, dass der Jumper auf Position „B“ steckt
2. Setzte für R7 einen Widerstand mit 220 kΩ ein
3. Drücke die Taste S1 und beobachte die Spannung an „Out“ und entscheide, nach welcher Zeit du 5 T erreicht hast.
4. Drücke die Taste S2 und beobachte die LED D2
5. Entscheide dich für eine sinnvolle „sampling rate“ und miss noch einmal bis 5 T
6. Drücke noch einmal die Taste S2 und beobachte die LED D2
7. In dem du den Jumper auf „A“ steckst, kannst du die Kapazität verdoppeln
8. Wiederhole die Punkte 2 bis 5
9. Erstelle in Excel die beiden Ladekurven (s. Abb. 28) und schreibe ein Messprotokoll

Aufgabe: Bestimme Tau

Wähle einen Widerstand so gross, dass du ein Tau von 60 s. erhältst. Setze deinen Widerstand anstelle von R7 ein und überprüfe dein Tau mit einer Messung.

6 Die Diode (Diode)

6.1 Einführung

Die Diode ist das einfachste bipolare Halbleiterbauelement. Sie besteht aus zwei Zonen desselben Materials, welche unterschiedlich dotiert sind. Die Kathode ist die n-dotierte Zone, die Anode die p-dotierte.
Die Diode leitet den Strom, sofern ein Spannungsunterschied von 0.7 V zwischen Anode und Kathode besteht. Ist die Diode umgekehrt angeschlossen, so sperrt sie. Die Diode kann man sich auch als „Ventil für Strom“ vorstellen.

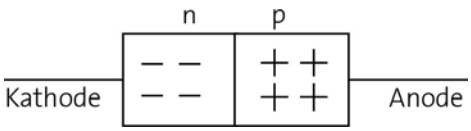


Abb. 29: Schematischer Aufbau einer Diode

Mit einer Kennlinie kann das Verhalten einer Diode charakterisiert werden. Nachfolgend ein typisches U-I Diagramm für eine Silizium-Diode.

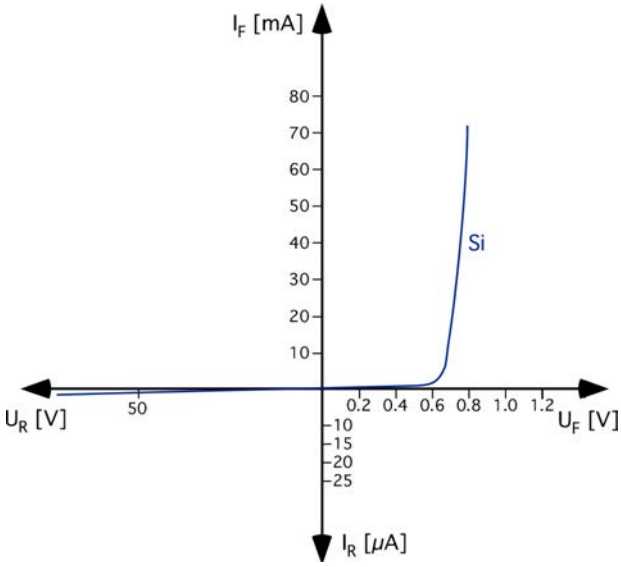


Abb. 30: Kennlinie einer Si-Diode

Die Silizium-Diode wird ab 0.6...0.7 V leitend. Dieser Wert wird auch Schwellwert genannt und ist typisch für eine Si-Diode. Polt man die Diode um, so fliesst nur ein kleiner Leckstrom (einige 10 μA).

Aufgabe: Wo könnte man Dioden einsetzen?

Besprich im 2’er Team wo man Dioden einsetzten könnte, bzw. wofür du Dioden bereits gebraucht hast.

.....

.....

.....

.....

6.2 Modul 2 „Dioden“

Mit dem Modul 2 kannst du die Theorie in der Praxis überprüfen. Nimm eine Dockingstation und stecke das Modul 2 ***vorsichtig*** in die Federbuchse. Verkable nun die Versorgungsspannung mit dem Powersupply und schalte es ein.

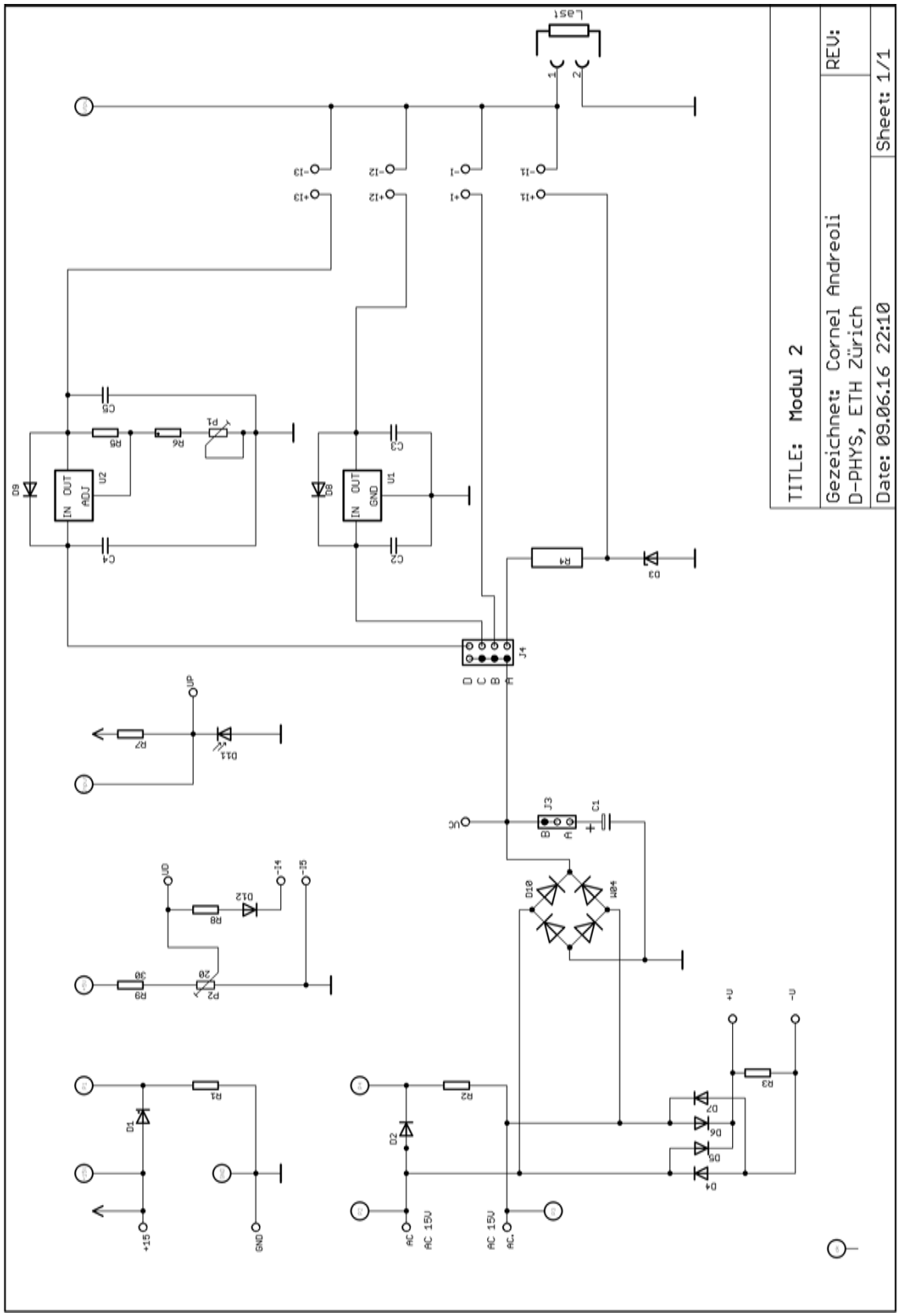


Abb. 31: Schema Modul 2

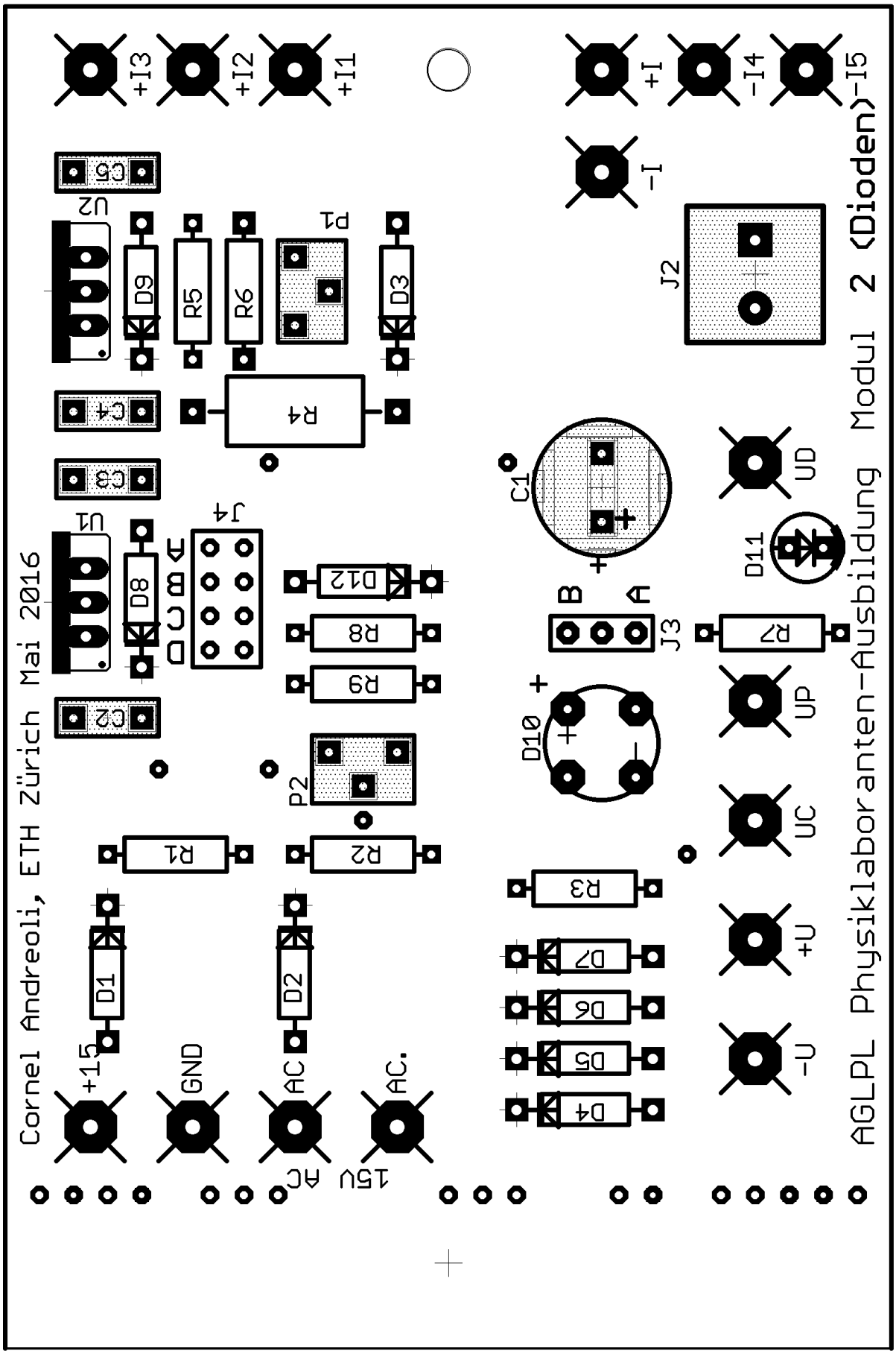


Abb. 32: Bestückungslayer Modul 2

Aufgabe: U-I Kennlinie einer Silizium-Diode

Auf dem Modul 2 „Dioden“ ist die Schaltung, mit welcher du die U-I Kennlinien aufnehmen kannst, bereits aufgebaut. Verbinde das Modul 2 mit der Dockingstation und schalte das Powersupply ein. Den Diodenstrom kannst du an den Lötfähnchen (-I4 und -I5) messen. Den Spannungsabfall misst du mit den Digitalmultimeter bei der Anode der Diode und GND.

1. Miss am Lötfähnchen U_D die Spannung und drehe das Poti bis 0V
2. Drehe langsam am Poti und beobachte U_D, die Spannung über der Diode und den Diodenstrom
3. Stelle nun die Spannung U_D wieder auf 0 V, bestimme die einzelnen Messschritte (ΔU)
4. Miss die U-I Kennlinie und stelle sie in Excel dar
5. Erstelle ein Protokoll deiner Messung

Eine Silizium-Diode wird ab einer Spannung von 0.7 V ***leitend***!

Aufgabe: Diode in Sperr- und Durchlassrichtung

1. Setze eine Diode (1N4005) auf dem Modul 2 „Dioden“ bei der Diode D1 ein
2. Miss mit dem Digitalmultimeter die Spannung an der Buchse P1
3. Drehe die Diode und miss noch einmal an der Buchse P1

Was fällt dir auf?

.....

.....

.....

.....

6.3 Arten von Dioden

Es gibt viele verschiedene Dioden-Arten. In diesem überbetrieblichen Kurs lernst du nur die wichtigsten Dioden kennen.

6.3.1 Gleichrichterdioden

Typische Gleichrichterdioden haben Sperrspannungen von einigen 100 bis 1000V. Bei richtiger Kühlung können sie bis zu einigen zehn Ampere bewältigen. Je nach Verlustleistung (0.7 V * Strom) muss die Diode gekühlt werden, damit die Sperrschichttemperatur nicht zu hoch wird. Gleichrichterdioden werden häufig als Brücken- /Grätzgleichrichtern verwendet.

Abb. 33: Gleichrichter- und Zenerdioden

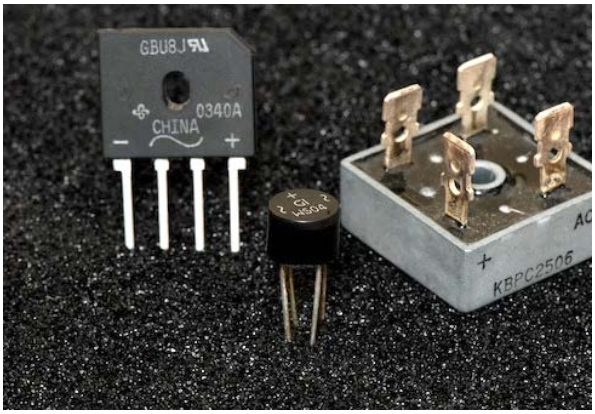


Abb. 34: Brücken- /Grätzgleichrichter

Mit einer Gleichrichterdiode kannst du aus einer Wechselspannung eine Gleichspannung machen. Die Netzspannung (230V) ist eine Sinusspannung mit 50 Hz. Nach dem Transformator hast du eine Wechselspannung von 15 V (AC). Ab 0.7 V wird die Diode leitend und lässt den Strom „durch“.

- ***1-Weg Gleichrichter***

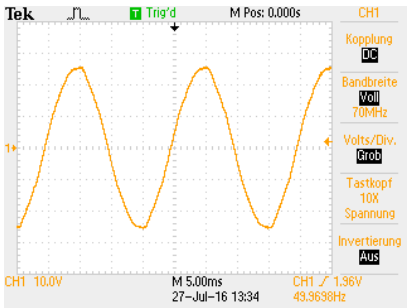


Abb. 35: Wechselspannung

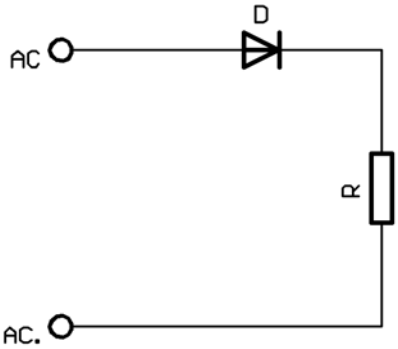


Abb. 36: Schema 1-Weg Gleichrichter

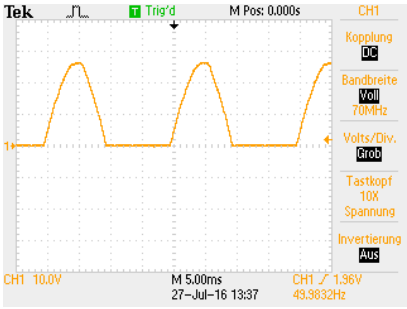


Abb. 37: Spannung nach der Diode

Aufgabe: 1-Weg Gleichrichter

Bei dieser Aufgabe kannst du die Funktion einer Diode an der Wechselspannung nachmessen. Verbinde dazu den Trafo mit den beiden Buchsen „AC“.

1. Messe nun mit dem Digitalspeicheroszilloskop (DSO) zwischen der Buchse P4 und P3 (oder direkt am Widerstand R2.

2. Speichere das Bild auf dem DSO und verwende es später für dein Protokoll

- ***2-Weg Gleichrichter (Grätzgleichrichter)***

Beim 2-Weg oder Grätzgleichrichter werden beide Sinus-Halbwellen verwendet. Diese Schaltung ist auf dem Modul 2 vorhanden. Grätzgleichrichter kannst du aus 4 einzelnen Dioden aufbauen oder du kaufst den Grätzgleichrichter in einem Gehäuse (s. Abb: 34).

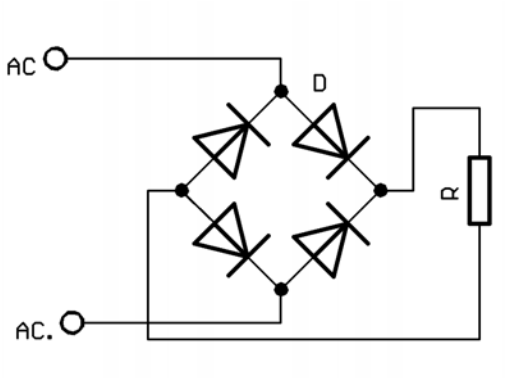


Abb. 38: Schema Gleichrichter

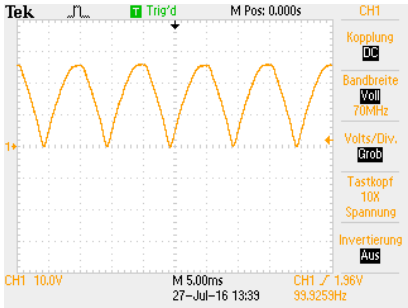


Abb. 39: Spannung nach dem Grätzgleichrichter

Aufgabe: 2-Weg Gleichrichter

Bei dieser Aufgabe kannst du die Eigenschaften des Grätzgleichrichters nachmessen.

1. Miss mit dem Digitalspeicheroszilloskop (DSO) am Lötfähnchen +U (und -U)

2. Speichere das DSO-Bild und verwende es für dein Protokoll

3. Schreibe ein Protokoll deiner beiden Messungen

4. Zeichne beim Schema (Abb. 38: Schema Gleichrichter) den Stromfluss der beiden Halbwellen mit 2 Farben ein

- ***2-Weg Gleichrichter mit Glättungs-Kondensator***

Nach dem Grätzgleichrichter erhalten wir eine pulsierende Spannung. In der Elektronik wird sehr oft eine stabile Gleichspannung benötigt. Mit einem Glättungskondensator wird das pulsieren der Spannung gedämpft. Je grösser der Kondensator ist, desto besser (weniger Rippel / Brummen) ist der Gleichspannung überlagert.

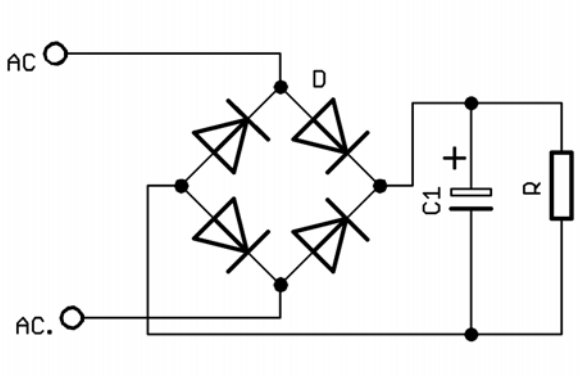


Abb. 40: Schema Gleichrichter

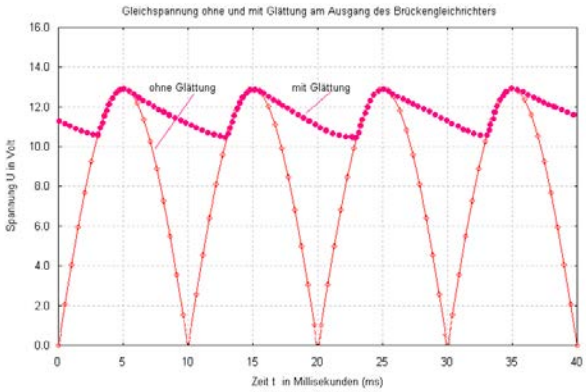


Abb. 41: Brummspannung

Aufgabe: Messen der Brummspannung

Auf dem Modul 2 ist die Schaltung bereits aufgebaut. Stecke den Jumper J4 auf die Position „B“ und miss mit dem Digitalmultimeter den Strom bei +I und –I.

1. Verbinde als Last-Widerstand einen 820 Ω / 1W Widerstand bei der Schraubklemme J2
2. Miss nun am Widerstand die Spannung mit dem DMM und die Brummspannung mit dem DSO
3. Wechsle den Lastwiderstand aus und verwende nacheinander folgende Widerstände:
   - 330 Ω / 1W
   - 150 Ω / 2W
   - 100 Ω / 2 W
4. Erstelle in Excel eine Grafik mit: U_{Brumm}= f(I) und U=f(I)

Was fällt dir auf?

.....

.....

.....

.....

6.3.2 Zener-Diode

Wie du bei deiner Messung bestimmt gemerkt hast, nimmt die Ausgangsspannung bei steigendem Laststrom ab. Oft möchte man in der Elektronik jedoch eine stabile Ausgangsspannung haben, welche möglichst unabhängig vom Laststrom ist. Mit einer Zener-Diode kann man eine einfache Spannungs-Stabilisierschaltung bauen.

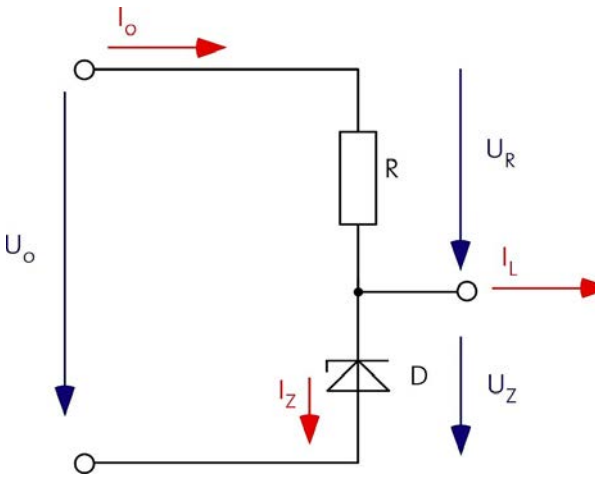


Abb. 42: Z-Diode Stabilisierung

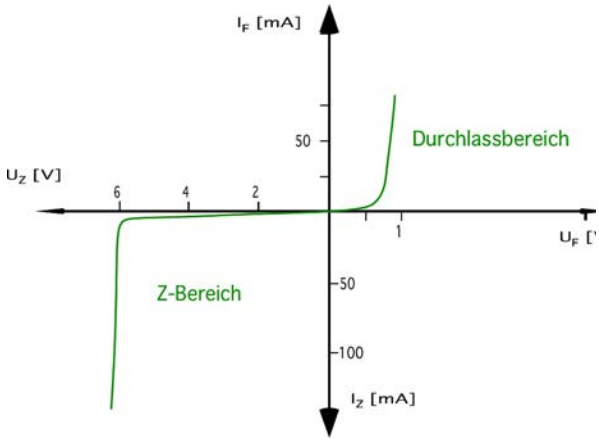


Abb. 43: Kennlinie einer Z-Diode

Eine Diode sperrt bis zur Zener-Spannung U_Z (s. Kennlinie in Abb: 43). Mit der Dotierungsstärke wird die Zener-Spannung U_Z angepasst. Von den Herstellern gibt es Zener-Dioden von 1.5V bis 200V. Die Z-Diode wird vor allem zur Spannungsstabilisierung verwendet und sie wird in Sperrrichtung betrieben.
Wird eine Z-Diode zur Spannungsstabilisierung verwendet muss ein Vorwiderstand den Strom begrenzen. Ohne diesen Vorwiderstand wird die Z-Diode zerstört. Die Dimensionierung sei nachfolgend erklärt.

Strom $I_0=I_Z+I_L$
U_0 sollte ca. 1.5 * U_Z sein

$$I_{Zmax} = \frac{P_Z}{U_Z}$$

$$I_{Zmin} = 0.1 * I_{Zmax}$$

Vorwiderstand R_V wird wie folgt berechnet:

$$R_V = \frac{U_0 - U_Z}{I_{Zmin} + I_L}$$

Die Spannungsstabilisierung mit einer Z-Diode kann einen maximalen Strom I_L von 90% I_{ZMax} liefern. I_0 ist immer gleich gross, entweder fliesst er über die Z-Diode oder er fliesst an die Last.

Eine Zener-Diode wird immer in ***Sperrichtung*** betrieben!

Ohne Last wird die Z-Diode am ***heissesten***!

Aufgabe: Dimensionierung einer Z-Stabilisierschaltung

Dimensioniere den Vorwiderstand R_V für eine Z-Stabiliserschaltung.
Hier die notwendigen Angaben:

U_0=15V
Z-Diode, 9.1V, 1W
I_L=50 mA

Dimensioniere R_V:

.....

.....

.....

.....

Aufgabe: Ausmessen der Z-Stabilisierschaltung

Auf dem Modul 2 befindet sich eine Zener-Stabilisierschaltung. Stecke den Jumper J4 auf Position „A“ und miss den Strom (+I1 und –I1).

1. Verbinde als Last-Widerstand ***nacheinander*** folgende Widerstände:
   - 820Ω / 1W
   - 330Ω / 1W
   - 150Ω / 2W
   - 100Ω / 2W

2. Miss nun an der Buchse „Output“ oder über dem Last-Widerstand die Spannung

3. Erstelle in Excel eine Grafik U=f(I)

4. ***Option***: Miss auch die Brummspannung U_{Brumm}
   Erstelle eine Grafik U_{Brumm}= f(I)

Was fällt dir auf?

.....

.....

.....

.....

6.3.3 Leuchtdioden (LED light emitting diode)

Die LED ist eine Diode, welche Licht aussendet. Je nach Halbleiter und Dotierung leuchtet sie in den Farben rot, gelb, grün, blau oder „weiss“. LEDs werden heute in ganz verschiedenen Anwendungen gebraucht. Die LED wird in Durchlassrichtung geschaltet. Unsere LED benötigen einen Strom I_{LED} von 1...20 mA. Die Sperrspannung einer LED ist sehr tief. Wird diese Spannung überschritten, z.B. duch Falschpolung, dann wird die LED zerstört. Um eine LED zu betreiben, wird immer ein Vorwiderstand R_V, welcher den Strom begrenzt, benötigt. Für die blaue LED gab es 2014 den Nobelpreis in Physik für drei Japaner. (Isamu Akasaki, Hiroshi Amano und Shuji Nakamura)

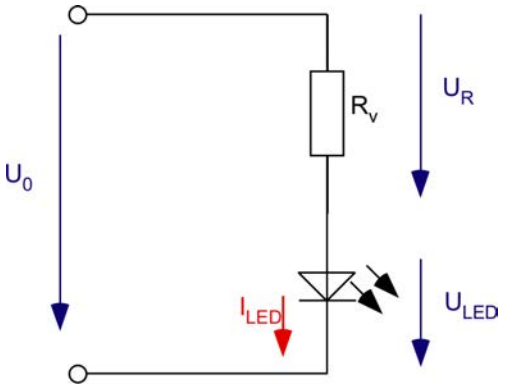


Abb. 44: LED mit Vorwiderstand

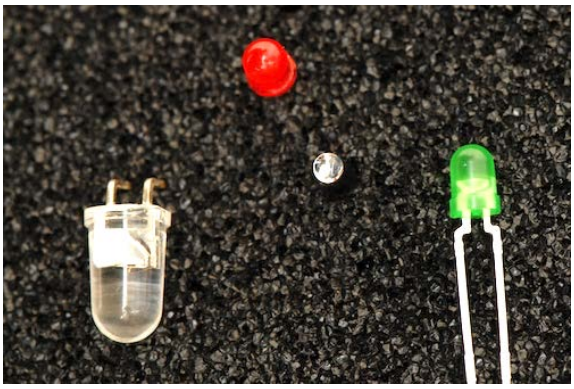


Abb. 45: Diverse LED

Abb. 46: LED Schaltbild

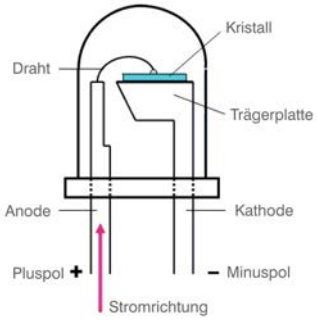


Abb. 47: LED Aufbau

Abb. 48: Anschluss LED

Anode: - längerer Anschluss,
- feines Drahtstück

Kathode: - Trägerplatte

Wo hast du schon LEDs gesehen?

.....

.....

.....

Wie funktioniert eine weisse LED??

.....

Durchlassspannungen verschiedener LEDs

Farbe	***Wellenlänge [nm]***	***U_F [V]***
Infrarot		
Rot		
Orange		
Grün		
Blau		

Die Leuchtdioden, welche wir verwenden, betreiben wir mit Strömen von ca. 10... 20 mA.

Wie wird nun der Vorwiderstand berechnet?

$$R_V = \frac{U_0 - U_F}{I_{LED}}$$

Aufgabe: Dimensionierung eines LED-Vorwiderstandes

Dimensioniere den Vorwiderstand R_V für eine LED. Die Farbe deiner LED kannst du selber bestimmen. Rechne mit einem Strom I_{LED} =10...20 mA.

1. Setzte Modul 1 in die Dockingstation ein
2. Setze deinen dimensionierten Widerstand bei R9 ein
3. Setze auch deine LED bei D1 ein

Leuchtet deine LED? Was ändert wenn du einen grösseren Widerstand nimmst?

.....

.....

.....

.....

Bei einer LED ist das ***längere*** Anschlussbeinchen die ***Anode***!

6.3.4 Photodioden

Mit einer Photodiode kann man Licht messen. Wird die Photodiode in Sperrichtung betrieben, so ist der Sperrstrom ein Mass für die Beleuchtungsstärke. Der pn-Übergang ist für das Licht zugänglich. Bei einfallendem Licht werden die Elektronen aus ihren Kristallbindungen gelöst und leiten den Strom. In der Sperrschicht werden Elektronen und Löcher, also freie Ladungsträger erzeugt und der Sperrstrom steigt an. Je nach Halbleitermaterial haben Photodioden eine unterschiedliche spektrale Empfindlichkeit. Die maximale Empfindlichkeit liegt zwischen 550 nm und 1500 nm. Eine Silizium-Photodiode hat eine maximale Empfindlichkeit bei 830 nm, also bereits im Infrarot-Bereich.

Auf dem Modul 2 „Dioden“ befindet sich eine Photodiode (D11).

Aufgabe: Lichtmessung mit der Photodiode

Bei diesem Experiment werden wir eine qualitative Lichtmessung mit der Photodiode machen. Das heisst, für uns ist nur die Beobachtung der Änderung wichtig.

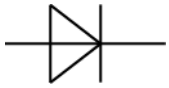
1. Schliesse ein Digitalmultimeter an das Lötfähnchen „UP“ an
2. Miss nun bei verschiedenen Helligkeiten die Spannung

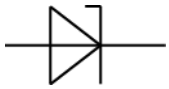
Helligkeit	***Spannung [V]***	***Bemerkung***
Daumen auf Photodiode		
Raumlicht		
Handy-Licht		
_____		
_____		

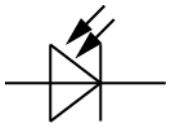
Je mehr Licht auf eine Photodiode trifft, umso besser ***leitet*** sie!

6.3.5 Schaltzeichen von Dioden

Die wichtigsten Schaltzeichen von Dioden in folgender Tabelle.







Aufgabe Schaltzeichen diverser Dioden

Welches Schaltzeichen ist für welche Diode? Fülle die Tabelle aus.

6.3.6 Weitere Dioden

Es gibt noch viele weitere Dioden wie zum Beispiel

- Kapazitätsdiode
- Suppressordiode
- Schottkydiode
- ....

Auf diese Dioden werden wir jedoch in diesem überbetrieblichen Kurs nicht näher eingehen.

Aufgabe: DemoBauteile

Auf dem Modul 0 „DemoBauteile“ kannst du die entsprechenden Dioden einlöten. (s. Abb. 97)

D2: 1N4005
LED1: LED grün, SMD
LED2: LED rot, SMD

Achtung: Die beiden LEDs „LED1“ und „LED2“ dürfen nicht vertauscht werden!

7 Der Spannungsregler (voltage regulators)

Wie du bestimmt bei deinen Messungen gemerkt hast, kann man mit einer Z-Stabilisierung eine stabile Ausgangsspannung bauen. Leider ist der Ausgangsstrom aber sehr begrenzt.
Für höhere Ströme eignen sich spezielle Spannungsstabilisatoren besser. Es gibt vor allem 2 Arten, die Festspannungsstabilisatoren und die Spannungsstabilisatoren mit einstellbarer Ausgangsspannung.

7.1 Festspannungsregler

Typische Vertreter sind die LM78xx- und LM79xx- Spannungsregler.

Spannung [V]	***Positiv***	***Negativ***
5	LM7805	LM7905
12	LM7812	LM7912
15	LM7815	LM7915

Aufgabe: Festspannungsregler

1. Für welche Spannungen gibt es auch noch Festspannungsregler?

Spannung [V]	***Positiv***	***Negativ***

2. Wie gross sind die maximalen Lastströme I_L?

Spannungsregler	***Gehäuse***	***Max. Laststrom***
LM78xx	TO-220	
LM78Lxx	TO-92	

Aufgabe: Messung am Festspannungsregler LM7812

Auf dem Modul 2 befindet sich eine Schaltung mit dem LM7812 für eine stabile Ausgangsspannung. Stecke den Jumper J4 auf Position „C“ und miss den Strom (+I2 und –I1).

1. verbinde als Last-Widerstand ***nacheinander*** folgende Widerstände:
   - 820Ω / 1W
   - 330Ω / 1W
   - 150Ω / 2W
   - 100Ω / 2W

2. Miss nun an der Buchse „Output“ oder über dem Last-Widerstand die Spannung

3. Erstelle in Excel eine Grafik U=f(I)

4. ***Option***: Miss auch die Brummspannung U_{Brumm}
   Erstelle eine Grafik U_{Brumm}= f(I)

Was fällt dir auf?

.....

.....

.....

.....

7.2 Typische Schaltung für +12V

Hier eine typische, einfache Schaltung mit welcher man eine stabile +12V-Gleichspannung erzeugen kann.

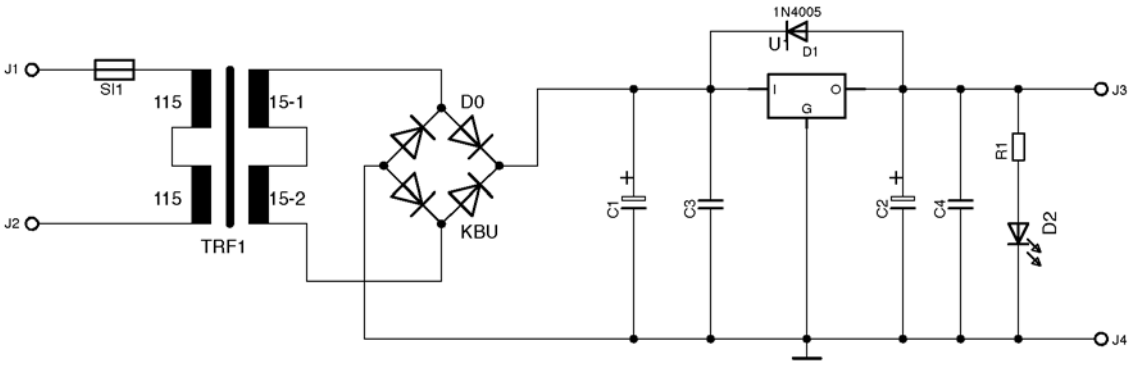


Abb. 49: Positive Spannungsstabilisierung

Der Spannungsregler benötigt immer eine ***kleine Last***!

Welches Bauteil ist die Last in der Schaltung?

.....

Aufgabe: Schaltung Spannungsstabilisierung

Wofür sind die einzelnen Bauteile?

Bauteil	***Bezeichnung***	***Verwendung***
Sicherung	S1	
Trafo	TRF1	
Grätzgleichricher	D0	
Elektrolyt-Kondensator	C1	
Kondensatoren C3 und C4	C3, C4	
Kondensator C2	C2	
Widerstand	R1	
Diode	D1	
LED	D2	
Spannungsregler	U1	

Der Spannungsregler ***LM78xx*** ist für ***positive*** Spannungen!

7.3 Einstellbarer Spannungsregler

Es gibt auch Spannungsregler, bei welchen du die Ausgangsspannung über ein Widerstandsverhältnis einstellen kannst. Typische Vertreter dieser Spannungsregler sind der LM317 (positiv) und LM337 (negativ).
Mit dem LM317 kannst du eine maximale Spannung auf 1.25...37 V herunterregeln. Negative Spannungen kannst du mit dem LM337 bereitstellen.

Aufgabe: Messung am Spannungsregler LM317

Auf dem Modul 2 befindet sich eine Schaltung mit dem LM317 für eine stabile Ausgangsspannung. Stecke den Jumper J4 auf Position „D“ und miss den Strom (+I3 und –I1).

1. Berechne den Widerstand R6, so dass du am Ausgang 12.5 V erhältst. (R5 typ. 240 Ω)
2. Setze dein berechneter Widerstand bei R6 auf dem Modul ein
3. Miss die minimale und maximale Ausgangsspannung
4. Drehe am Poti P1 bis du möglichst genaue +12.5 V hast (Buchse „Output“ – GND)
5. Verbinde als Last-Widerstand ***nacheinander*** folgende Widerstände:
   - 820Ω / 1W
   - 330Ω / 1W
   - 150Ω / 2W
   - 100Ω / 2W
6. Miss nun an der Buchse „Output“ oder über dem Last-Widerstand R_L die Spannung
7. Erstelle in Excel eine Grafik U=f(I)
8. ***Option***: Miss auch die Brummspannung U_{Brumm}
   Erstelle eine Grafik U_{Brumm}= f(I)
9. Erstelle ein Protokoll

Was fällt dir auf?

.....

.....

.....

.....

7.4 Typische Schaltung für eine variable Spannung

Du kannst eine stabile, definierbare Spannung sehr einfach mit einem LM317 herstellen. Hier eine typische Schaltung:

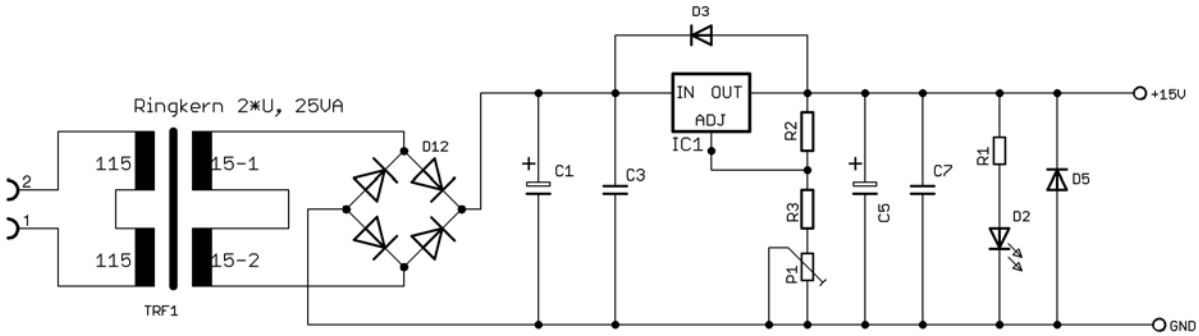


Abb. 50: Positive, einstellbare Spannung

Die Ausgansspannung ist über die beiden Widerstände R2 und R3 definiert. R2 ist typischerweise 240Ω. Die Referenzspannung an R2 beträgt 1.25 V. Es fliesst so ein Strom von ca. 5 mA. Dieser Strom reicht für eine gute Spannungsregelung aus. Die Ausgangsspannung bestimmt man wie folgt:

$$U_{Out} = U_{Ref} * (1 + \frac{R_3}{R_2}) = 1.25 * (1 + \frac{R_3}{240})$$

Wie gross muss der Widerstand R3 für folgende Spannung sein?

Widerstand R2 [Ω]	***Widerstand R3 [Ω]***	***U_{out} [V]***
240		10
240		12
240		15
240		18

Möchtest du die Ausgangsspannung sehr genau einstellen können, dann verwendest du in Serie zu R3 ein Potentiometer.

Mit dem ***LM317*** kannst du sehr einfach ***positive, stabile*** Spannungen erzeugen!

Der Spannungsregler LM317 (LM337) benötigt immer eine ***kleine Last***!

7.5 Verlustleistung am Spannungsregler

Wie du bestimmt gemerkt hast, werden die beiden Spannungsregler warm bzw. schon ziemlich heiss.
Der Spannungsregler „verheizt“ die überschüssige Spannung * Strom der fliesst.
Die Verlustleistung des Spannungsreglers kannst du wie folgt berechnen:

$$P_V = (U_{Inp} - U_{Out}) * I_L$$

Laut Datenblatt benötigen beide Spannungsregler eine minimale Eingangsspannung von 2...3 V mehr als die Ausgangsspannung. Diese Spannung heisst im Datenbaltt U_{Drop}.

Sobald höhere Lastströme benötigt werden, musst du den Spannungsregler kühlen. Das Berechnen des Kühlkörpers wird in diesem überbetrieblichen Kurs nicht besprochen. Ich verweise auf entsprechende Unterlagen auf meinem Server.

$$U_{Drop} = U_{Inp} - U_{Out} = ca. 2 \ldots 3V$$

Es gibt spezielle ***Low Drop-Out*** Spannungsregler!

7.6 Pinbelegung der Spannungsregler

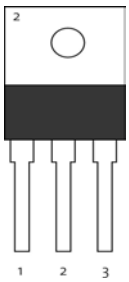


Abb. 51: Gehäuse TO-220

Pin	***LM78xx***	***LM79xx***	***LM317***	***LM337***
1	Input	GND	Adjust	***Adjust***
2	GND	Input	Output	***Input***
3	Output	Output	Input	***Output***

Die Kühlfahne ist ***immer*** mit Pin 2 ***elektrisch*** verbunden!

8 Der Transistor (Transistor)

8.1 Einführung

Abb. 52: Der erste Transistor

Die amerikanischen Forscher John Bardeen (1908-1992), Walter H. Brattain (1902-1987) und William B. Shockley (1910-1989) entwickelten im Jahre 1948 in den Bell-Laboratories den Transistor. 1956 erhielten sie dafür den Nobelpreis in Physik. Der Transistor ist heute das meist hergestellte technische Bauteil. Ein Intel Skylake Prozessor enthält ca. 2 Milliarden Transistoren (14 nm). Im Bild rechts sieht man einen Nachbau des ersten Transistors. Bipolare Transistoren bestehen (meistens) aus Silizium. Jeder bipolare Transistor besteht aus drei dünnen Halbleiterschichten, welche übereinander gelegt sind. Die mittlere Schicht ist sehr dünn im Vergleich zu den beiden anderen Schichten. Die einzelnen Schichten sind mit metallischen Anschlüssen versehen, welche nach aussen führen. Es gibt 2 Arten von Transistoren. (NPN und PNP). In diesem überbetrieblichen Kurs werden wir vor allem den NPN-Transistor genauer anschauen.

8.2 NPN-Transistor

Liegt an der Basis eine positive Spannung (>0.7V) an, dann wird der Transistor leitend. Der Transistor verstärkt den „kleinen“ Basisstrom I_B. Es kann ein Strom I_{CE} zwischen Collector und dem Emitter fliessen. Der Strom I_{CE} ist proportional zum Basisstrom I_B.

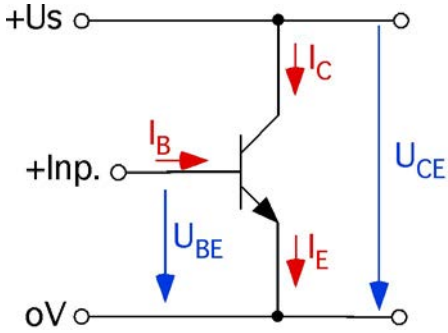


Abb. 53: Spannungen und Ströme

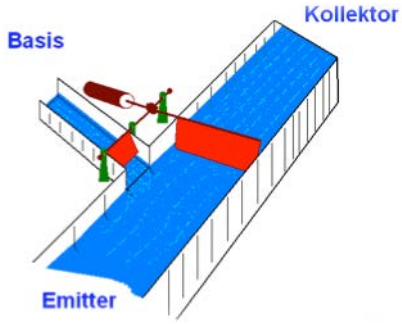


Abb. 54: Illustration Transistor

Der Kollektorstrom I_C ist um ein Vielfaches (20...10'000) grösser als der Basisstrom I_B. Der Transistor ist ein ***Stromverstärker***.

Die Stromverstärkung B

$$B = \frac{I_C}{I_B}$$

Ein Transistor wird ab 0.6...0.7 V Basisspannung ***leitend***!

8.3 Modul 3 „Transistor“

Mit dem Modul 3 kannst du die Theorie in der Praxis überprüfen. Nimm eine Dockingstation und stecke das Modul 3 ***vorsichtig*** in die Federbuchse.

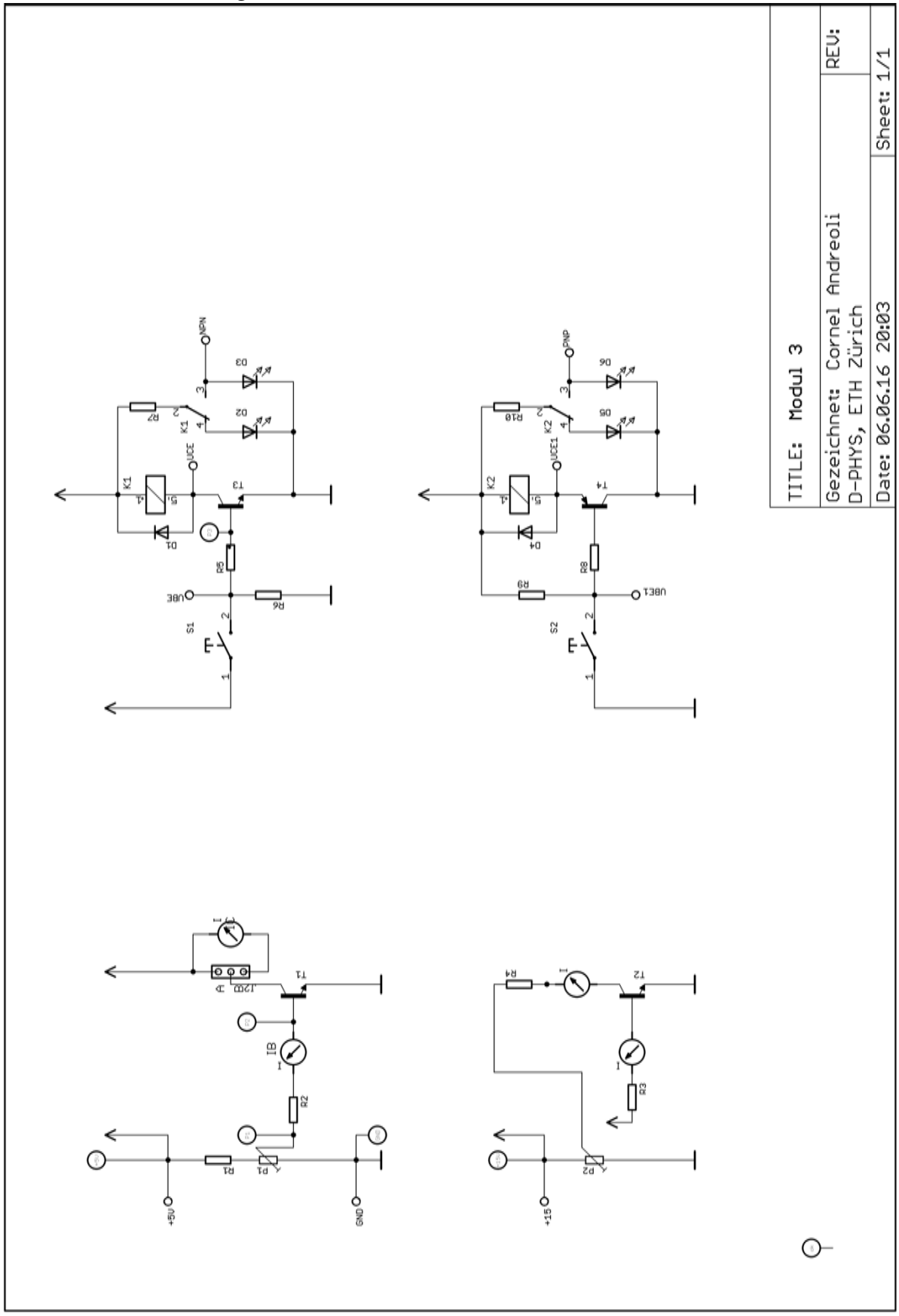


Abb. 55: Schema Modul 3

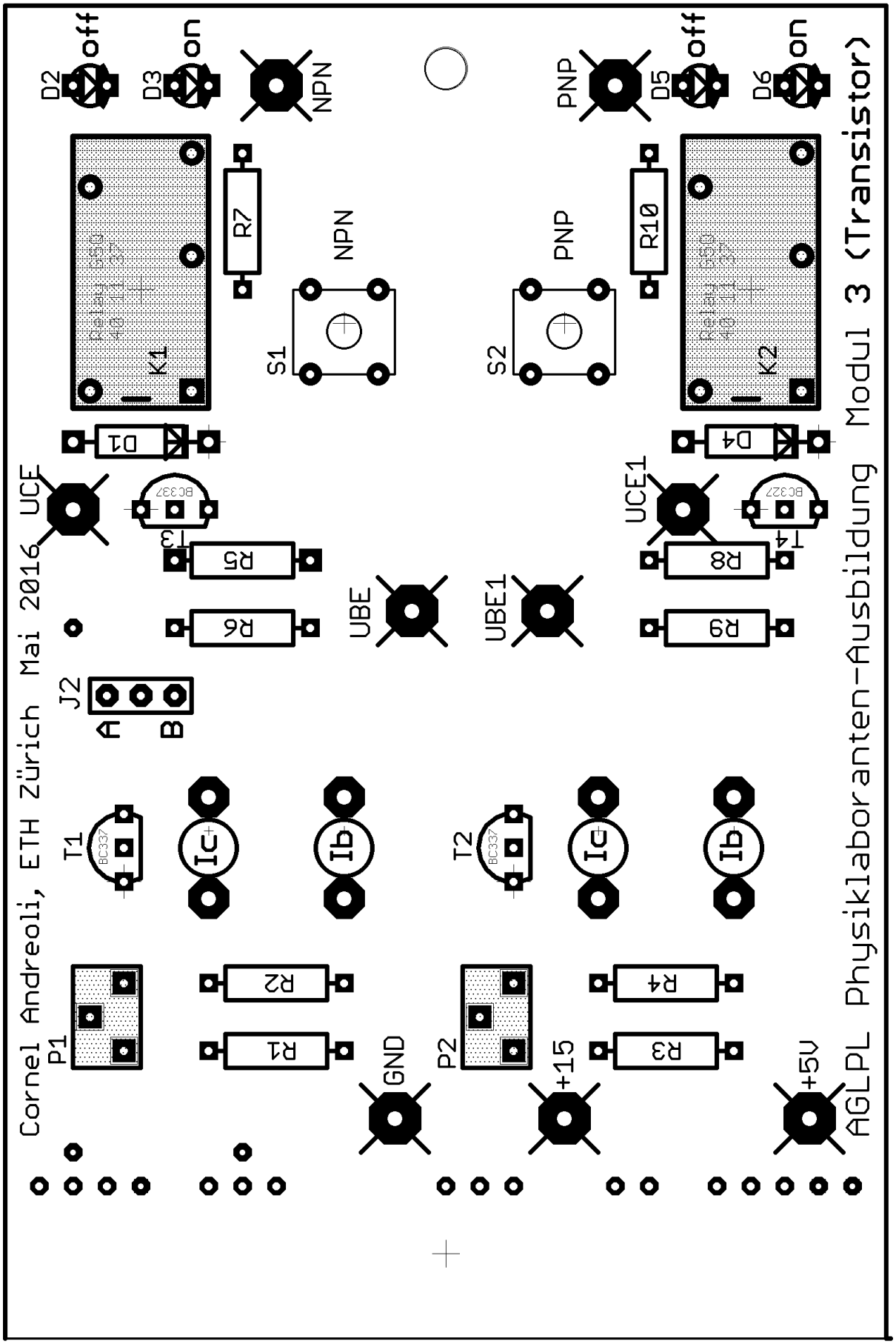


Abb. 56: Bestückungslayer Modul 3

Aufgabe: Eingangs- und Stromsteuerungskennlinie des Transistors messen

Auf dem Modul 3 „Transistor“ befindet sich eine Schaltung, mit welcher du den Transistor T1 ausmessen kannst. Setze den Jumper J2 auf die Position „A“.
ACHTUNG: für eine genaue Messung musst du die Messwerte ***sehr schnell*** aufnehmen.

1. Verbinde ein empfindliches Digitalmultimeter mit den Lötfähnchen Ib
2. Verbinde ein DMM mit Punkt P2 und drehe das Poti P1 auf 0V
3. Drehe das Poti höher und miss U_{BE} und I_B
4. Drehe das Poti P1 auf 0V und schalte die Versorgungsspannung ab
5. Erstelle in Excel die Grafik $I_B=f(U_{BE})$
6. Setzte den Jumper J2 nun auf die Position „B“
7. Verbinde nun ein weiteres DMM mit den Lötfähnchen Ic
8. Drehe das Poti noch einmal hoch und miss U_{BE}, I_B und I_C
9. Berechne die Stromverstärkung B und erstelle eine Grafik $I_C=f(I_B)$

Du hast die Eingangskennline und die Stromsteuerungskennlinie des Transistors BC337 gemessen. In der nächsten Übung wirst du die Ausgangskennlinie des BC337 messen.

Aufgabe: Ausgangskennlinie des Transistors

Miss die Ausgangskennlinie des Transistors T2 (BC337). Verbinde ein empfindliches DMM mit Ib und ein zweites DMM mit Ic. Miss zusätzlich die Spannung U_{CE} mit einem DMM.

1. Drehe das Poti P2 langsam nach oben
2. Miss I_B, I_C und U_{CE}
3. Erstelle eine Grafik $I_C=f(U_{CE})$
4. Schreibe ein Protokoll zu deinen Messungen

Welche Aussagen kannst du nach deinen Messungen über den Transistor machen??

.....

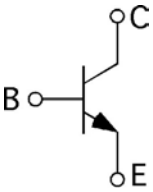
.....

.....

.....

.....

8.4 Der NPN-Transistor als Schalter



Oft wird der Transistor als elektronischer Schalter benötigt. Ein kleiner Strom schaltet einen grossen Strom. Möchtest du zum Beispiel mit dem LabJack eine Heizung einschalten, dann kann der LabJack nicht genug Strom liefern (max. 20 mA). Mit dem LabJack könntest du ein Transistor ansteuern, welcher ein Relais schaltet. Mit diesem Relais wird deine Heizung angesteuert.

Abb. 57: NPN-Transistor

Wichtig ist immer, dass die beiden Ströme I_B und I_C mit Widerständen begrenzt sind. Für das sichere Schalten, wird der Transistor in der Sättigung betrieben. Der Übersteuerungsfaktor ü ist in der Praxis zwischen 2...5.

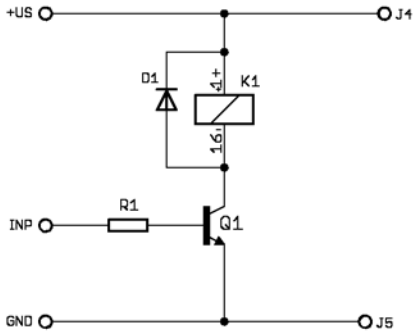


Abb. 58: NPN-Transistor als Schalter

Dimensionierung von R1:

$$I_B = ü \frac{I_C}{B_{min.}}$$

$$R_1 = \frac{(U_{INP} - 0.7) * B_{min}}{ü * I_c}$$

Aufgabe: Dimensionierung Vorwiderstand

Auf dem Modul 3 befindet sich bereits ein Transistor T3 (BC337), welcher das Relais schalten kann. Dimensioniere den Vorwiderstand R5 und setze ihn im Modul ein.

Benötigst du noch weitere Angaben?

.....

.....

.....

.....

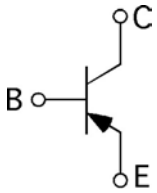
Wozu wird die Diode D1 benötigt?

.....

.....

Mit einem Transistor kann man ***grosse*** Ströme schalten!

8.5 PNP-Transistor als Schalter



Der PNP-Transistor funktioniert genau gleich wie der NPN-Transistor. Beim PNP werden jedoch negative Spannungen verwendet. Folgende Schaltung ist sehr ähnlich wie die vorhergehende Schaltung. Bei dieser Schaltung wird ein PNP-Transistor benützt. Das Relais schaltet bei negativer Spannung oder Spannungen, welche <0.7 V sind. Liegt am Eingang 0V an, so schaltet das Relais!

Abb. 59: PNP-Transistor

Auch bei dieser Schaltung müssen die beiden Ströme I_B und I_C begrenzt werden. I_C wird durch die Spule des Relais begrenzt, der Strom I_B durch den Widerstand R1.

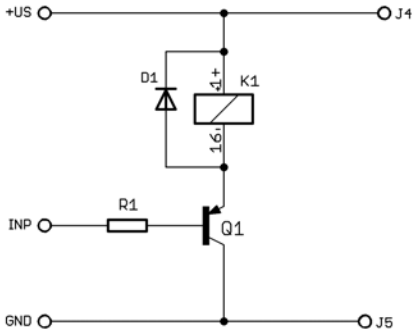


Abb. 60: PNP-Transistor als Schalter

Aufgabe: PNP-Transistor

Überprüfe ob dies auch wirklich funktioniert!

.....

.....

.....

Wie wählst du den Transistor aus?

.....

.....

.....

.....

.....

Der PNP-Transistor schaltet bei ***negativen*** Spannungen und bis +0,7 V!

8.6 Verlustleistung des Transistors

Unser Transistor in der Schaltung wird warm. Er hat eine Verlustleistung P_V. Die Verlustleistung P_V kann wie folgt berechnet werden:

$$P_V = (U_{BE} * I_B) + (U_{CE} * I_C)$$

$$P_V = (U_{CE} * I_C)$$

Da I_B im Vergleich zu I_C sehr klein ist, kannst du den ersten Term weglassen.

U_{CE} beträgt ca. 0.2V

Die maximale Verlustleistung P_V darf ***nie*** überschritten werden. Je nach Verlustleistung muss der Transistor mit einem Kühlkörper gekühlt werden. Für die Berechnung des Kühlkörpers lies in der Doku „Der Kühlkörper“ nach. Diese Doku befindet sich auf meinem Server.

Schaltet der Transistor, so wechselt sein Arbeitspunkt im Kennlinienfeld. Kurzzeitig durchquert er den verbotenen, roten Bereich $P_{Vmax.}$. Bräuchte der Transistor zulange, so würde er zerstört.

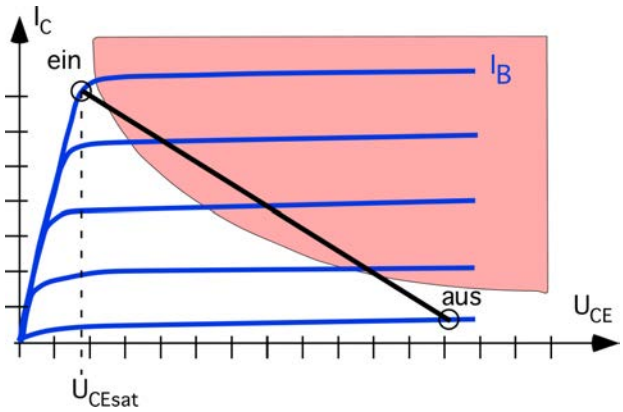


Abb. 61: Arbeitspunkt beim Schalten

8.7 Anwendungen von Transistoren

Die Transistoren werden in folgenden Anwendungen gebraucht:

- Transistor als Schalter
- Transistor als Pegelwandler
- Transistor als Wechselspannungsverstärker
- Transistor als Konstantstromquelle

Der Transistor ist ein ***sehr universelles*** Bauteil!

Aufgabe: DemoBauteile

Auf dem Modul 0 „DemoBauteile“ kannst du die entsprechenden Transistoren einlöten. (s. Abb. 97)

8.8 Schaltgeschwindigkeit eines Transistors

Wie schnell schaltet eigentlich ein Transistor?
Die Schaltgeschwindigkeit ist sehr abhängig vom verwendeten Transistor.

Aufgabe: Schaltgeschwindigkeit BC337

Wie würdest du die Schaltgeschwindigkeit des BC337 messen? Erarbeite im 2'er Team eine Lösung und miss.

1. Erarbeite eine mögliche Lösung
2. Miss die Schaltgeschwindigkeit
3. Schreibe ein Messprotokoll

8.9 Einige Kennwerte von bekannten Transistoren

Abb. 62: TO-92

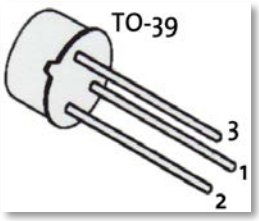


Abb. 63: TO-39

Abb. 64: TO-126

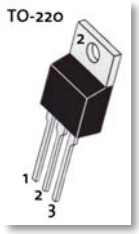


Abb. 65: TO-220

Aufgabe: Transistor-Daten

Fülle im 2'er Team folgende Tabelle aus.

Bezeichnung	Typ	Gehäuse	B	I_C [A]	U_{CE} [V]	P_V [W]	Anschluss 1 2 3
2N3904							
2N3906							
BC337-25							
BC327-25							
BC141-16							
BC161-16							
BD237							
BD238							

9 Der Operationsverstärker (Operational amplifiers)

9.1 Einführung

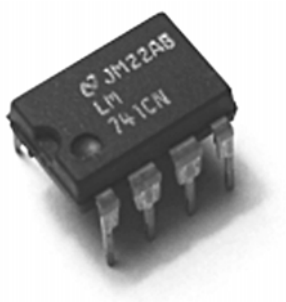


Abb. 66: OP LM741

Der Operationsverstärker (OP, OPV oder auch Opamp) ist ein sehr universelles Bauteil in der Analogelektronik. Er kann Gleich- und Wechselspannungen verstärken, Signale addieren/subtrahieren, logarithmieren und integrieren. Den Operationsverstärker kann man jedoch auch als Schwellwertschalter (Komparator) einsetzen. Durch seine universelle Verwendbarkeit ist er in der analogen Elektronik überall im Einsatz, sei es um Sensorsignale zu verstärken, in der Mess- und Regelungstechnik oder auch als Leistungstreiber. 1962 wurde bei Fairchild Semiconductor von Rober Widlar der erste Operationsverstärker (µA702) als integrierter Schaltkreis (IC) entwickelt. Der uns bekannte und vielfach bewährte LM741 wurde 1968 entwickelt. Für einfache, universelle Anwendungen ist der LM741 eine gute Wahl. Für uns ist der Operationsverstärker eine „black-box“. Die Abbildung 67 zeigt das „Innenleben“ des LM741. Für eine genaue Beschreibung des „Innenlebens“ sei auf entsprechende Literatur verwiesen. Die Abbildung 68 zeigt die Anschlüsse des LM741.

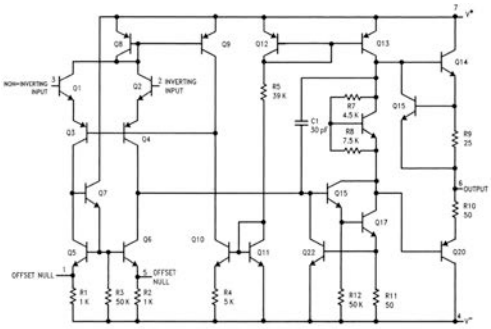


Abb. 67: Schaltung LM741

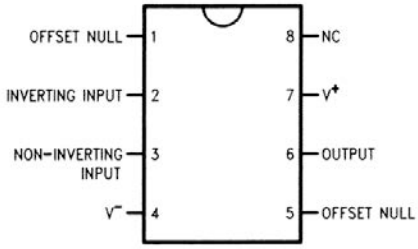


Abb. 68: Pinbelegung LM741

Jeder Operationsverstärker benötigt eine Versorgungsspannung (V- und V+). In den meisten Fällen muss sie erdsymmetrisch sein, d.h. die Versorgungsspannung ist z.Bsp ±15V. Die maximale Versorgungsspannung eines Operationsverstärkers ist im Datenblatt angegeben. Jeder Operationsverstärker hat einen invertierenden Eingang (Pin2), einen nicht invertierenden Eingang (Pin 3) und einen Ausgang (Pin 6).

Die Versorgungsspannung (±15V) wird im Schema ***nicht*** eingezeichnet!

9.2 Der ideale Operationsverstärker

Der ideale Operationsverstärker dient uns als Modell fürs Verständnis. Er kann technisch nur annähernd hergestellt werden!

	Idealer Operationsverstärker	***LM741***
Eingangsimpedanz	∞ Ω	
Eingangsstrom	0	
Offset-Spannung	0	
Ausgangsstrom	∞ A	
Grenzfrequenz	∞ HZ	
Anstiegszeit	∞ V/µsec	

9.3 Modul 4 „Operationsverstärker“

Mit dem Modul 4 kannst du die Theorie in der Praxis überprüfen. Nimm eine Dockingstation und stecke das Modul 4 ***vorsichtig*** in die Federbuchse.

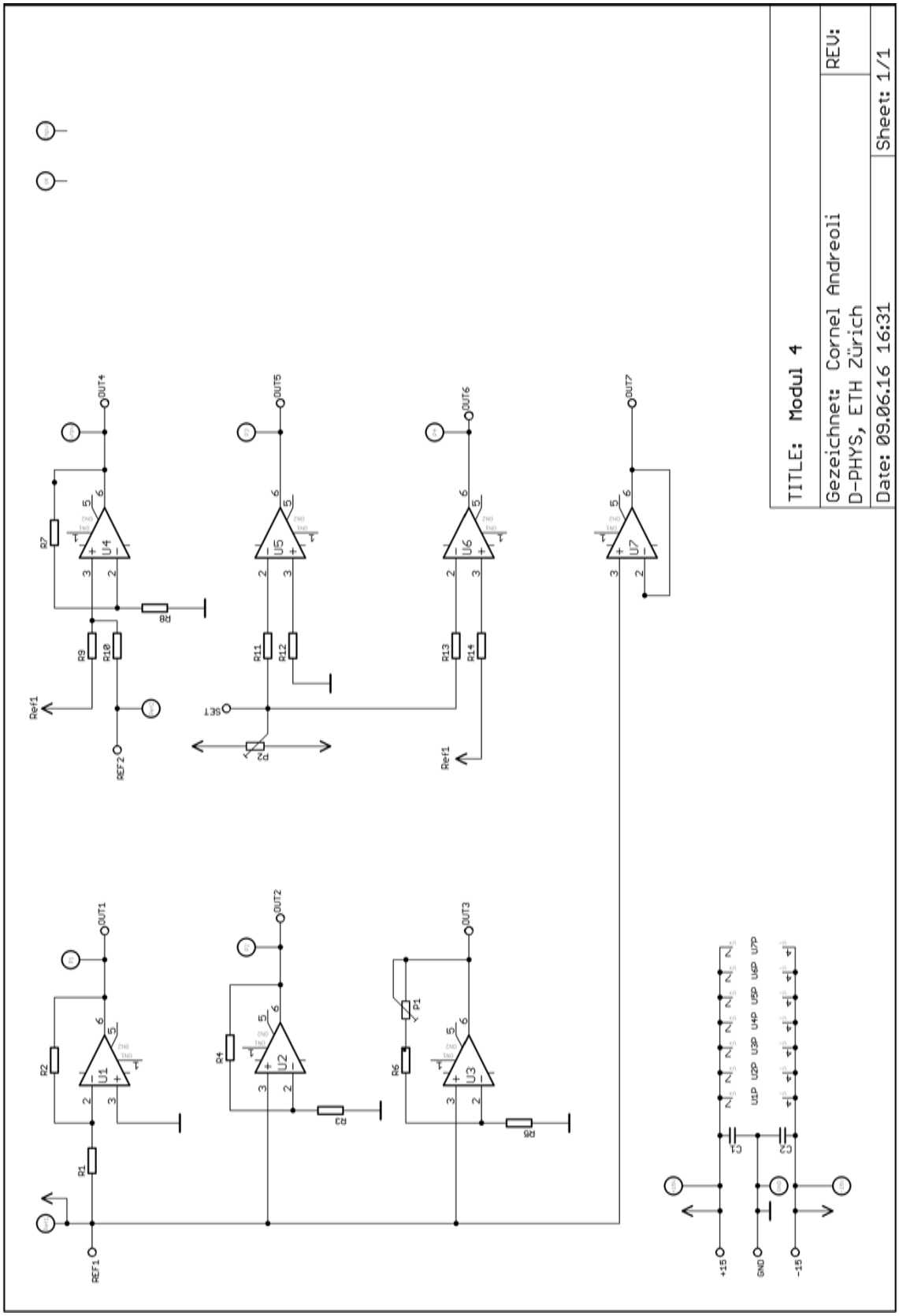


Abb. 69: Schema Modul 4

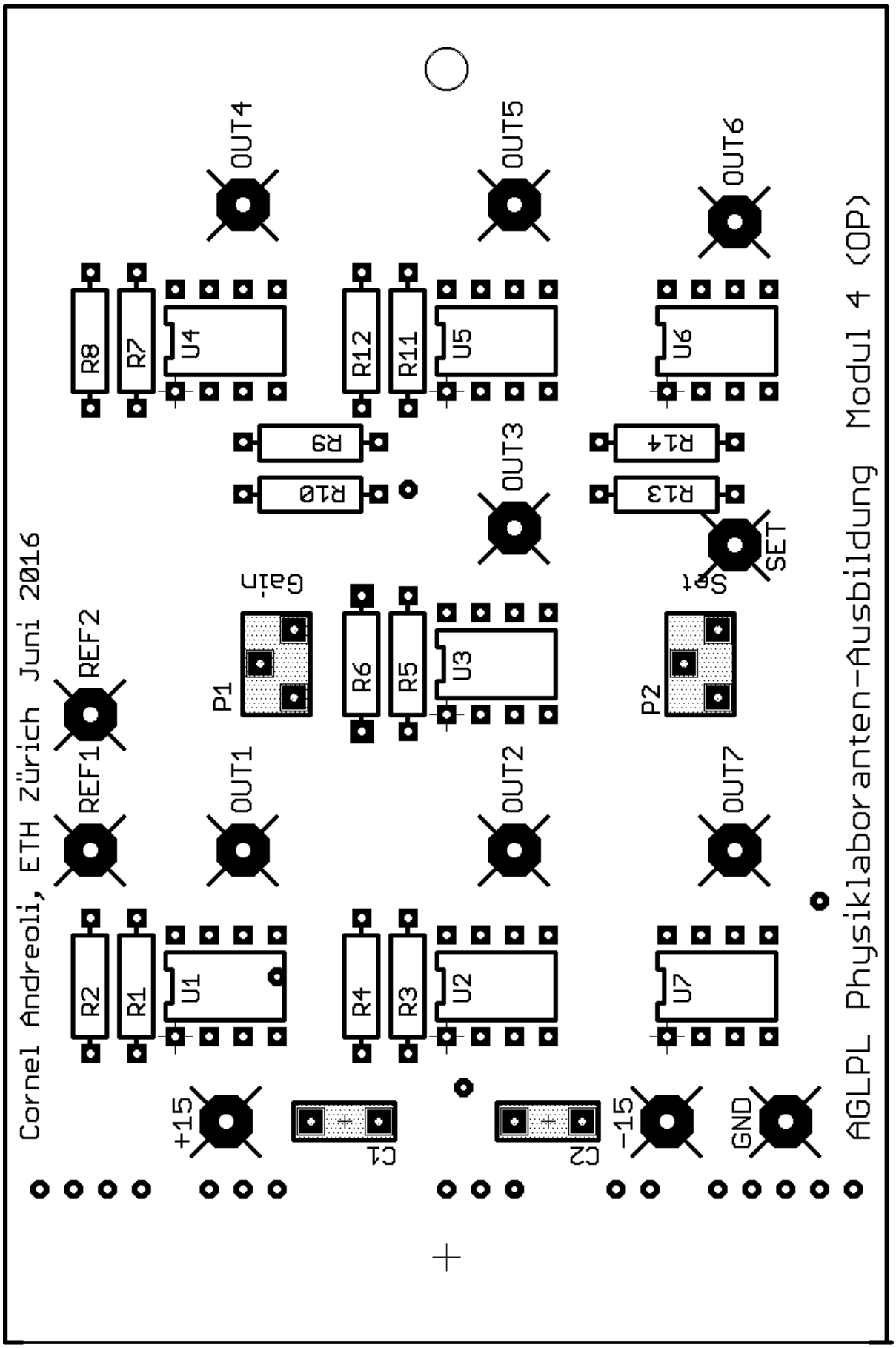


Abb. 70: Bestückungslayer Modul 4

9.4 OP-Grundschaltungen

Mit dem Operationsverstärker gibt es einige wichtige Grundschaltungen.

9.4.1 Invertierender Verstärker

Der invertierende Verstärker verstärkt das Eingangssignal und stellt es invertiert am Ausgang zur Verfügung.

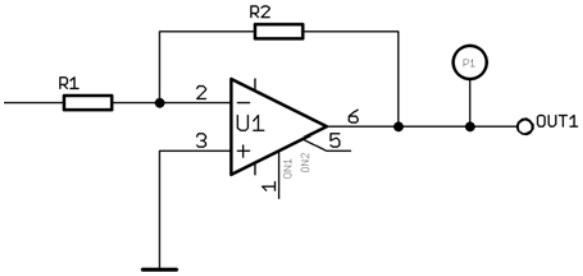


Abb. 71: Invertierender Verstärker

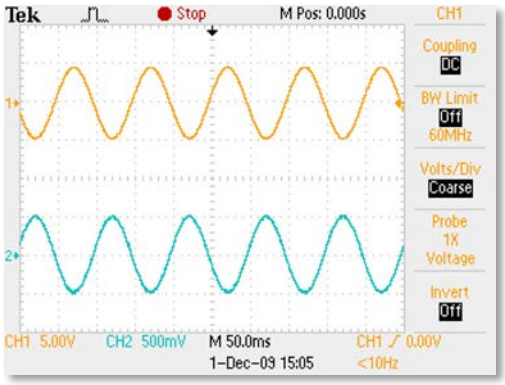


Abb. 72: Orange: Output, Grün: Input

Die Verstärkung (engl: gain) ist definiert über die beiden Widerstände R2 und R1. Das Signal wird immer invertiert.

$$Gain\ G = \frac{U_{Out}}{U_{Inp}} = -\frac{R_2}{R_1}$$

Aufgabe: Invertierender Verstärker

Auf dem Modul 4 ist ein invertierender Verstärker mit dem OP „U1“ und den Widerständen R1 und R2 realisiert. Die Referenzspannung Ref. 1 geht auf den (–) Eingang.

Welche Ausgangsspannung erwartest du am Ausgang Out1? (Buchse P1 oder Lötfähnchen Out1)

.....

.....

Miss mit verschiedenen Referenzspannungen:

Referenz Ref.1: [V]	Ausgang Out 1 [V]	Verstärkung

9.4.2 Nicht-invertierender Verstärker

Der nicht-invertierende Verstärker verstärkt das Eingangssignal und gibt es im Verhältnis der Widerstände (R2 und R1) an den Ausgang. Die Verstärkung ist immer >1! Bei diesem Verstärker hat das Ausgangssignal immer dieselbe Polarität wie der Eingang.

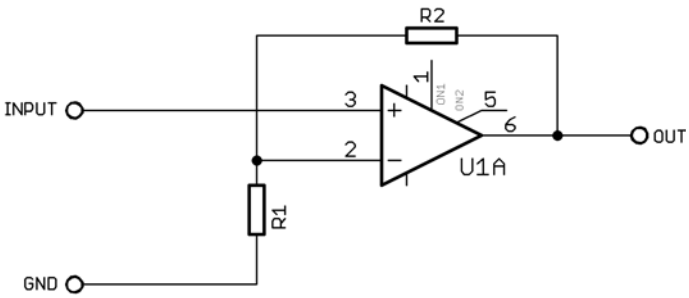


Abb. 73: Nicht-invertierender Verstärker

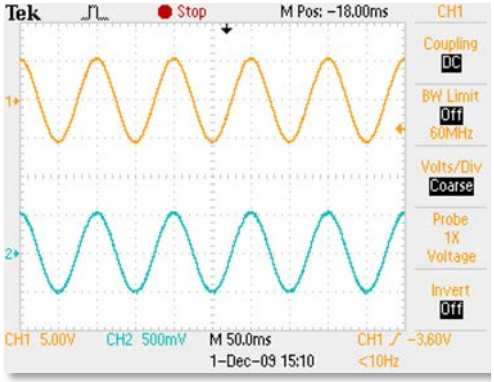


Abb. 74: Orange: Output, Grün: Input

Beim nicht-invertierenden Verstärker ist die Verstärkung:

$$\boldsymbol{Gain\ G = \frac{U_{Out}}{U_{Inp}} = 1 + \frac{R_2}{R_1}}$$

Aufgabe: Nicht-invertierender Verstärker

Auf dem Modul 4 ist ein nicht-invertierender Verstärker mit dem OP „U2“ und den Widerständen R3 und R4 realisiert. Auch bei dieser Schaltung geht die Referenzspannung Ref. 1 auf den Eingang.

Welche Ausgangsspannung erwartest du am Ausgang Out2? (Buchse P2 oder Lötfähnchen Out2)

.....

.....

Miss auch bei dieser Schaltung mit verschiedenen Referenzspannungen:

Referenz Ref.1: [V]	*Ausgang Out 2 [V]*	*Verstärkung*

Was machst du für eine Verstärkung von 10.00?

.....

.....

9.5 Einstellbarer nicht-invertierender Verstärker

Mit dem OP „U3“ befindet sich ein einstellbarer, nicht-invertierender Verstärker auf dem Modul 4. Mit dem Poti P1 kannst du die Verstärkung einstellen.

Aufgabe: Einstellbarer, nicht-invertierender Verstärker

Der (+) Eingang des Verstärkers ist die Referenzspannung Ref1. Justiere solange, bis du möglichst 1.00V hast. Nun miss am Ausgang „Out3“ mit dem Digitalmultimeter. Drehe am Poti P1 (10 kΩ) solange bis du eine Verstärkung von 10 hast. ***Bemerkung***: Widerstand R5: 10 kΩ.

Referenzspannung Ref1: _____ V Ausgangsspannung Out3: _____ V

Mit einem OP kannst du sehr einfach ***Verstärkerschaltungen*** aufbauen.

Die Verstärkung wird mit nur ***2 Widerständen*** bestimmt!

9.6 Der Impedanzwandler

Der Impedanzwandler, oder auch Spannungsfolger ist ein nicht-invertierender Verstärker mit einer Verstärkung von 1. Wie es seinen Namen sagt, wandelt er die Impedanz eines (hochohmigen) Signals in ein niederohmiges Signal um.

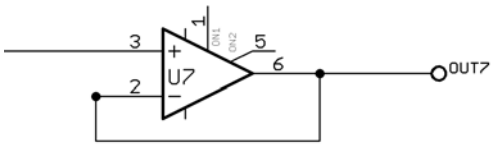


Abb. 75: Impedanzwandler

Aufgabe: Impedanzwandler

Ein Impedanzwandler befindet sich auf dem Modul 4 mit dem OP „U7“. Die Referenz Ref.1 geht auf den (+) Eingang. Miss am Ausgang „Out7“ das Signal bei verschiedenen Eingangsspannungen.

Referenz Ref.1: [V]	***Ausgang Out 7 [V]***	***Verstärkung***

9.7 Weitere OP-Schaltungen

Nun kennst du die Grundschaltungen, welche du mit dem Operationsverstärker realisieren kannst. Mit ihm kannst du weitere elektronische Schaltungen bauen. Hier weitere nützliche OP-Schaltungen.

9.7.1 Addierer

Mit dem Addiere (OP „U4“) kannst du Spannungen addieren. Auf dem Modul 4 addieren wir die beiden Referenzspannungen Ref.1 und Ref.2.

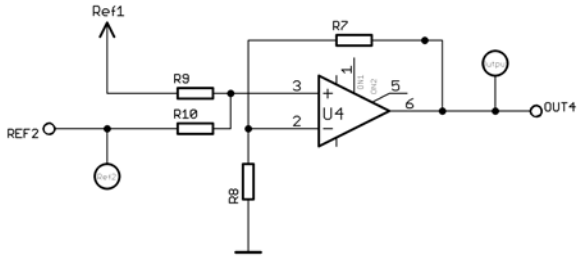


Abb. 76: Nicht-invertierender Addierer

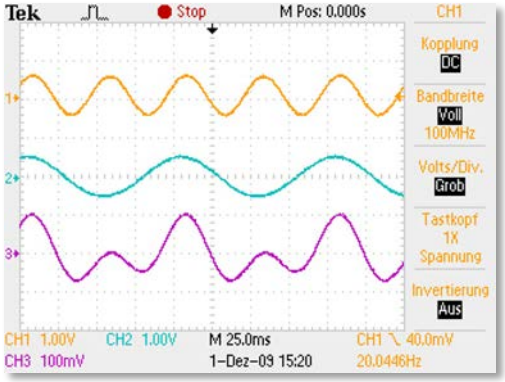


Abb. 77: Orange und Grün: Input-Signale, Violett: Ausgang

Aufgabe: Addierer

Addiere die beiden Referenzspannungen Ref. 1 und Ref. 2. Miss am Ausgang Out4 (Buchse Output oder am Lötfähnchen) die addierte Spannung.

Referenz Ref.1: [V]	Referenz Ref.2: [V]	Ausgang Out 4 [V]

Bemerkung: Für eine 1:1-Addition muss R1=R2=R3=R4 sein!

$$U_{Out} = U_{Inp_1} + U_{Inp_2}$$

9.7.2 Komparator

Mit dem Komparator werden die beiden OP-Eingangssignale verglichen und je nach den Werten schaltet der OP nach $+U_{Sat}$ oder zu $-U_{Sat}$. Folgende Schaltung ist mit dem OP „U5“ auf dem Modul 4 realisiert.

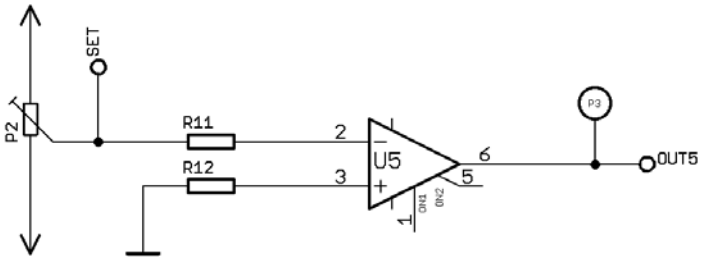


Abb. 78: Komparator (R12 nur zum Schutz)

Aufgabe: Komparator

Verbinde ein DMM am Lötfähnchen „SET“ und schliesse dein DSO am Ausgang des Operationsverstärkers „U5“ an.

1. Drehe am Potentiometer P2 langsam
2. Beobachte die Spannung „SET“ und der Ausgang Out5 (Buchse P3 oder Lötfähnchen)
3. Schreibe ein Protokoll inkl. DSO-Bilder

Was hast du beobachtet?

.....

.....

Bei dieser Komparatorschaltung ist die Schaltschwelle auf 0V bezogen. In der Praxis ist es oft nützlich, wenn man die Schaltschwelle auch einstellen kann.

Es gibt Bauteile, welche speziell als Komparator entworfen und produziert werden.

Der Komparator ***vergleicht*** die Eingangssignale und schaltet den Ausgang!

9.7.3 Komparator mit einstellbarer Schaltschwelle

Bei folgender Komparatorschaltung ist die Schaltschwelle einstellbar. Auf Modul 4 ist die Komparatorschaltung mit dem OP „U6“ realisiert. Als Schaltschwelle dient die Referenzspannung Ref.1. Das Signal ist wieder mit dem Poti P2 einstellbar.

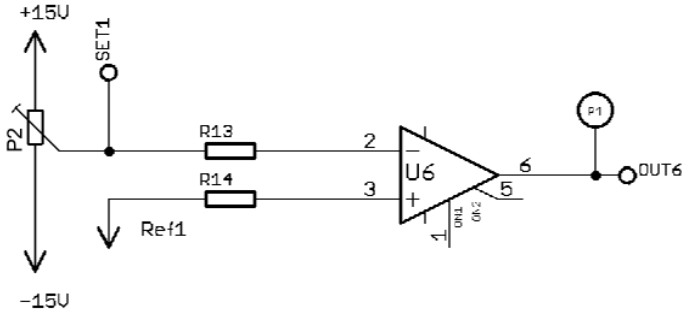


Abb. 79: Komparator mit einstellbarer Schaltschwelle

Aufgabe: Komparator mit einstellbarer Schaltschwelle

Verbinde ein DMM am Lötfähnchen „SET“ und schliesse dein DSO am Ausgang des Operationsverstärkers „U6“ an.

1. Stelle eine Referenzspannung Ref.1 ein und miss sie am Lötfähnchen „SET“
2. Drehe am Potentiometer P2 langsam
3. Beobachte die Spannung „SET“ und der Ausgang Out6 (Buchse P4 oder Lötfähnchen)
4. Schreibe ein Protokoll inkl. DSO-Bilder

Was hast du beobachtet?

.....

.....

Wofür könnte man diese Schaltung gebrauchen?

.....

.....

Aufgabe: DemoBauteile

Auf dem Modul 0 „DemoBauteile“ kannst du die entsprechenden ICs einlöten.

10 Timer NE555

10.1 Einführung

Abb. 80: NE555

Der NE555 ist ein universelles IC (integrated circuit) für Timer- und Oszillatorschaltungen. Er wird häufig für Blinklichter, Ein- oder Ausschaltverzögerungen, Frequenzgeneratoren, etc. verwendet. Mit ihm lassen sich Zeitglieder von μsec. bis einigen Stunden realisieren. Entwickelt wurde der 555'er um 1970/71 vom Schweizer Hans R. Camenzind. Im Jahr 2003 wurden vom NE 555 weltweit ca. 1 Milliarde Stück verkauft. Für uns ist auch der NE-555 eine „black-box".

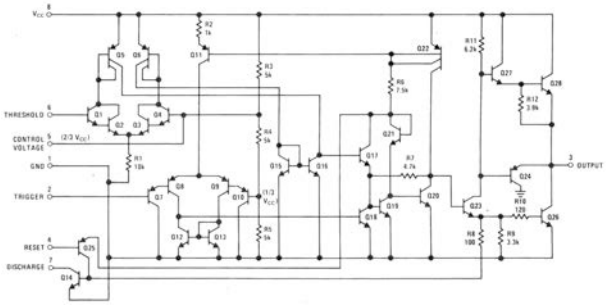


Abb. 81: Schaltung NE555

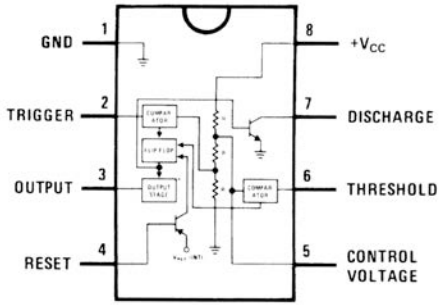


Abb. 82: Pinbelegung NE555

10.2 Blockschaltbild NE555

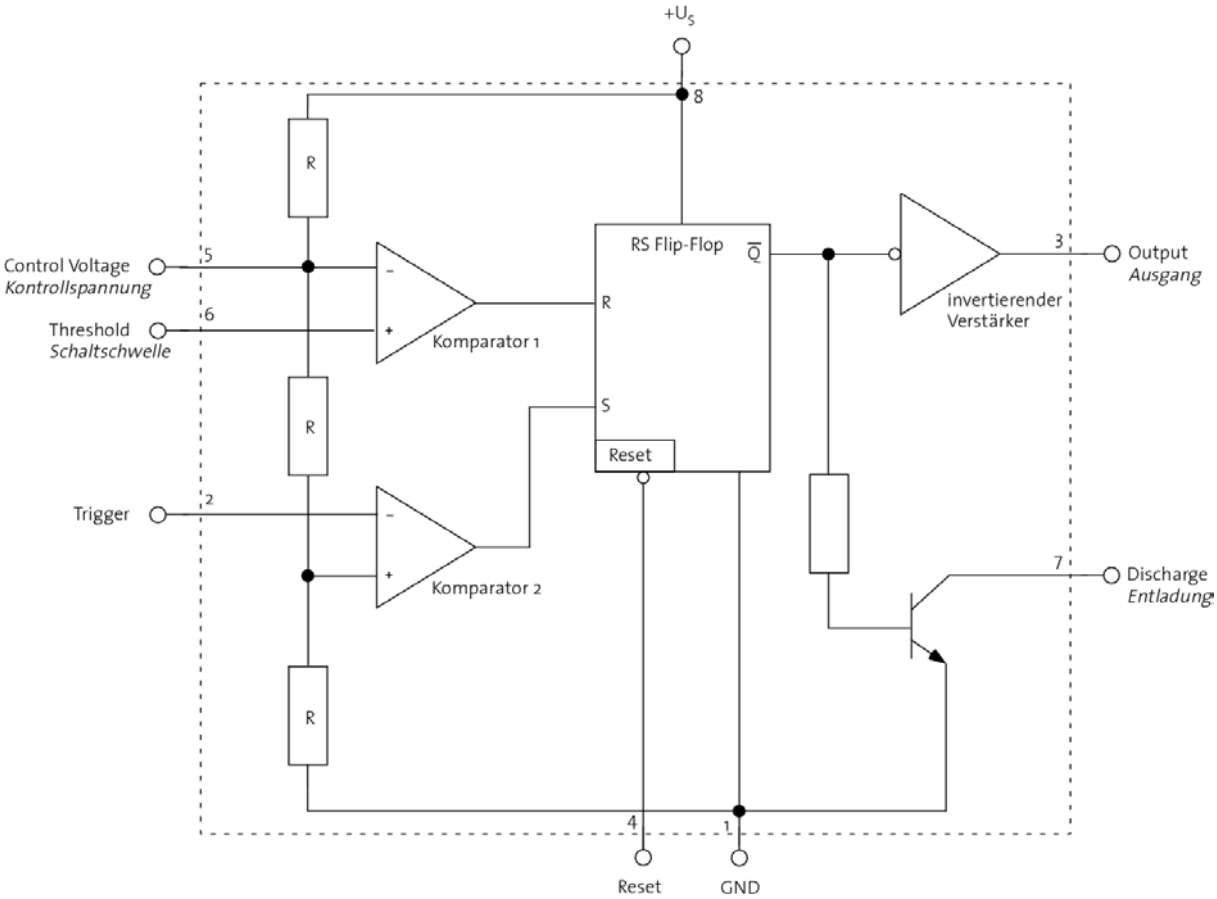


Abb. 83: Blockschaltbild NE555

10.3 Modul 5 „Timer NE555“

Mit dem Modul 5 kannst du die Theorie in der Praxis überprüfen. Nimm eine Dockingstation und stecke das Modul 5 ***vorsichtig*** in die Federbuchse.

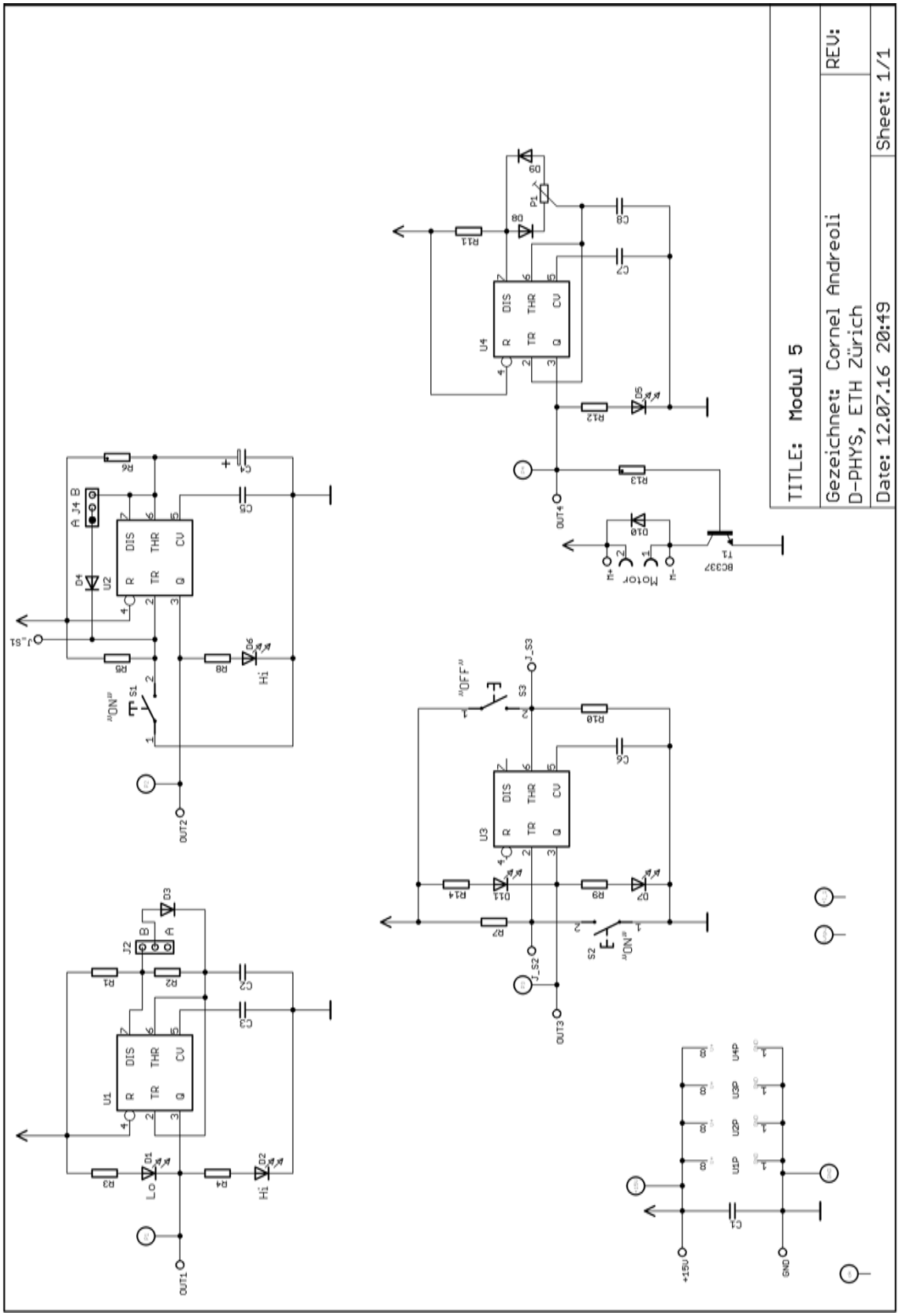


Abb. 84: Schema NE555

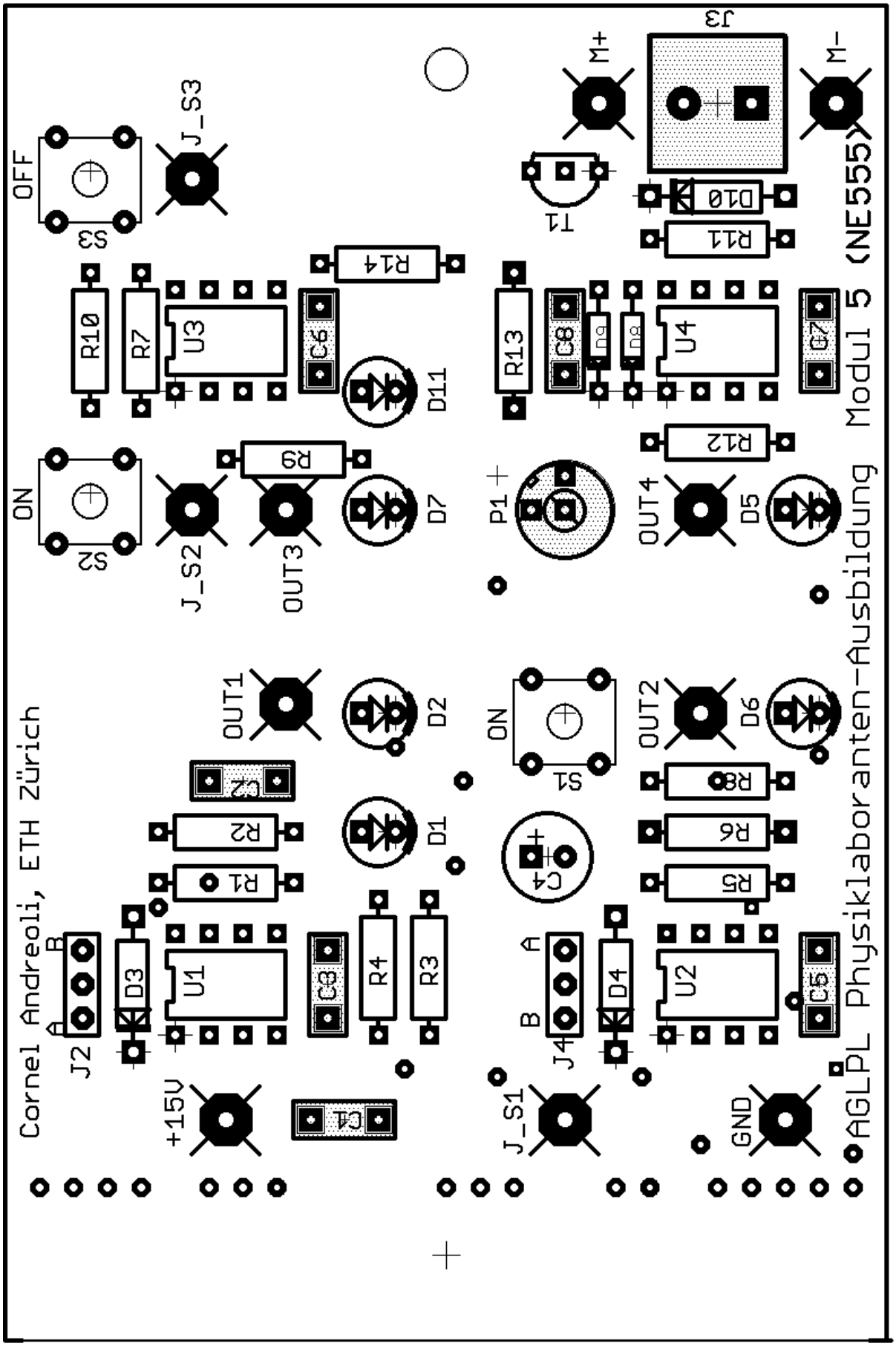


Abb. 85: Bestückungslayer Modul 5

10.4 Timer NE-555 Schaltungen

10.4.1 Astabile Kippstufe (Multivibrator)

Wird der NE555 als astabile Kippstufe beschaltet, so erhält man sehr einfach einen Rechteckgenerator. Die Frequenz wird über die Widerstände R1, R2 und den Kondensator C1 bestimmt.

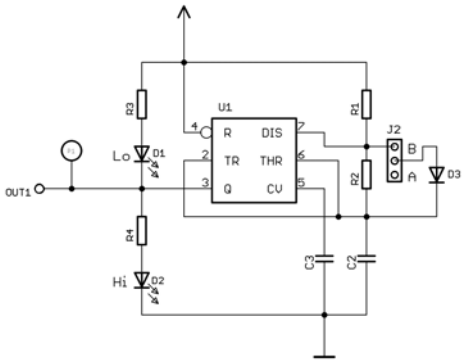


Abb. 86: Multivibrator

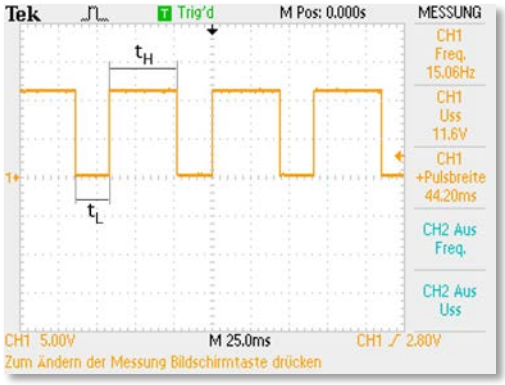


Abb. 87: Ausgang am Multivibrator

Aufgabe: Multivibrator

Auf dem Modul 5 befindet sich eine Multivibrator-Schaltung mit dem NE555 (IC U1)

- Stecke Jumper J2 auf die Position „A“
- Beobachte die beiden LED und miss mit dem DSO beim Ausgang (Buchse P1 oder Lötfähnchen Out1)
- Stecke nun den Jumper auf die Position „B“ und beobachte/miss wie oben
- Vergleiche die beiden Messungen anhand deiner DSO-Bilder

Einschaltzeit t_H:

$$t_H = 0.7 * (R_1 + R_2) * C_1$$

Ausschaltzeit t_L:

$$t_L = 0.7 * R_2 * C_1$$

Was ändert sich?

.....

.....

.....

.....

10.4.2 Monostabile Kippstufe (Monoflop)

Soll ein kurzer Impuls verlängert werden oder die Länge eines Impulses definiert werden, so eignet sich der NE-555 als monostabile Kippstufe. Diese Schaltung hat nur einen stabilen Zustand. Sie fällt früher oder später immer in diesen zurück.

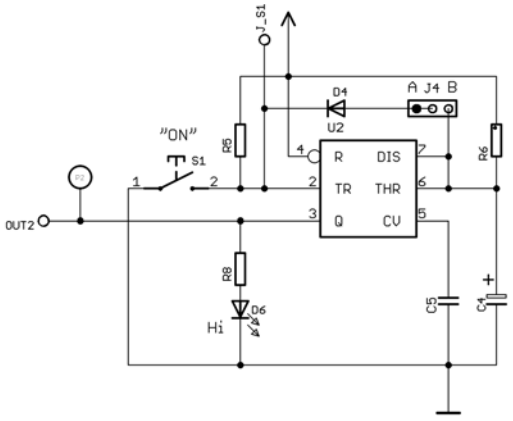


Abb. 88: Monoflop

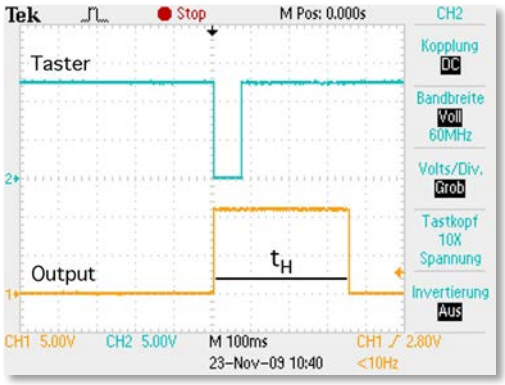


Abb. 89: Ausgang am Monoflop

Nach Betätigung des Tasters S1 wird am Ausgang des NE555 ein Puls der Länge t_H ausgegeben. Die Pulslänge ist definiert durch R2 und C1.

$$t_H = 1.1 * C_1 * R_2$$

Aufgabe: Monoflop

Auf dem Modul 5 befindet sich eine Monoflop-Schaltung mit dem NE555 (IC U2). Du hättest gerne eine Pulslänge von 1 Sekunde. Der Kondensator C1 beträgt 10µF.

- Berechne den Widerstand R6 und setzte ihn auf dem Modul bei R6 ein
- Der Jumper J4 ist auf der Position „A“
- Miss die Pulslänge mit dem DSO
- Stelle den Jumper auf Position „B“ und miss noch einmal
- Schreibe ein Protokoll

Wofür könnte man ein Monoflop gebrauchen?

.....

.....

.....

.....

10.4.3 Bistabile Kippstufe (Flipflop)

Das Flip-Flop hat zwei stabile Zustände. Der Ausgang wechselt erst, wenn von aussen eine Aktion stattfindet.

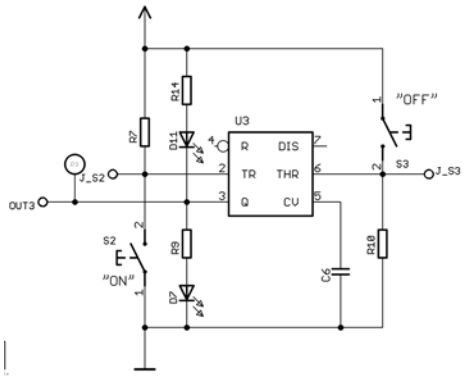


Abb. 90: Flipflop

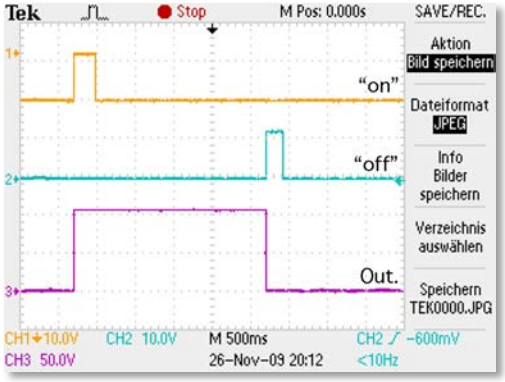


Abb. 91: Ausgang am Flipflop

Mit Taster „on“ wird das Flipflop gesetzt. Der Ausgang geht auf „high“. Der Ausgang bleibt auf „high“, bis mit Taster „off“ das Flipflop zurückgesetzt wird. Flipflop werden häufig in der Digitaltechnik verwendet um Taster zu entprellen.

Aufgabe: Flipflop

Eine Flipflop-Demoschaltung befindet sich ebenfalls auf dem Modul 5 (IC U3). Wir haben im überbetrieblichen Kurs nur Digitalspeicheroszilloskope mit 2 Kanälen. Du kannst also nicht, wie oben in Abb. 89, alle drei relevanten Signale aufzeichnen.

- Schliesse das DSO (Out3 und J_S2) an. Verwende ein DMM für J_S3
- Betätige mehrmals die beiden Taster und beobachte die Signale

Was fällt dir auf und wofür könnte man ein Monoflop gebrauchen?

.....

.....

.....

.....

Mit dem NE555 kann man sehr einfach ***definierte Signale*** erzeugen!

10.4.4 Pulsweitenmodulation (PWM)

Mit der Pulsweitenmodulation kann man über das Puls-/ Pausenverhältnis die Leistung bestimmen, welche auf die Last abgegeben wird. Mit einer PWM kann man zum Beispiel die Drehzahl eines Motors oder die Helligkeit einer Lampe / LED relativ einfach ändern. Die maximale Spannung bleibt gleich, mit dem PWM wird die Zeit gesteuert, bei welcher die Spannung anliegt (siehe Abb. 91).

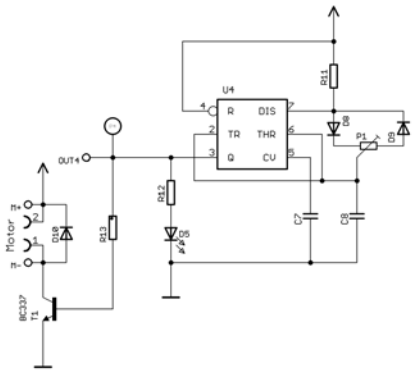


Abb. 92: Pulsweitenmodulation

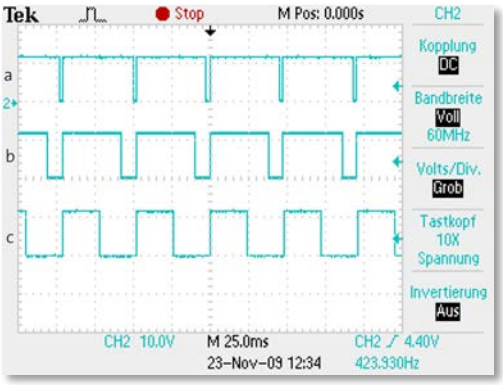


Abb. 93: Ausgang am PWM, je nach Poti

Aufgabe: Pulsweitenmodulation

Die PWM-Schaltung ist mit dem NE-555 (U4) realisiert.

- Schliesse das DSO am Lötfähnchen Out4 oder der Buchse P4 an
- Drehe am Poti 1 und messe mit dem DSO.
- Beobachte die LED D5

Was fällt dir auf?

.....

.....

.....

.....

Eine ***Drehzahlregelung*** kann man mit dem NE555 einfach realisieren!

Aufgabe: DemoBauteile

Auf dem Modul 0 „DemoBauteile“ kannst du die entsprechenden ICs einlöten.

U1: NE555

11 Sicherheit mit der Netzspannung (230 V)

11.1 Einführung

In der Berufsfachschule hast du schon alles über die Sicherheit beim Arbeiten mit 230 V gelernt.

Aufgabe: Sicherheit mit 230 V

Erarbeite im 2'er Team was es alles im Zusammenhang mit 230 V zu beachten gibt.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

11.2 Montage 230 V Stecker

In diesem überbetrieblichen Kurs werden wir zusammen ein Verlängerungskabel herstellen. Uns ist es wichtig, dass jeder Lernende die Stecker und die Buchse seriös und zuverlässig montiert.

Aufgabe: Herstellung Verlängerungskabel

1. Schneide vom 3-adrigen Netzkabel 1 bis 2 Meter ab.
2. Entferne vorsichtig die schwarze Kabelisolation mit einem Cutter.
   ACHTUNG: die einzelnen Kupfer-Litzen dürfen ***nicht verletzt*** werden!
3. Entferne die Isolation der einzelnen Litzen
4. Crimpe die Aderendhülsen auf die freiliegenden Litzen

Beim Arbeiten mit der 230 V-Netzspannung ist die ***Sicherheit das Wichtigste***!

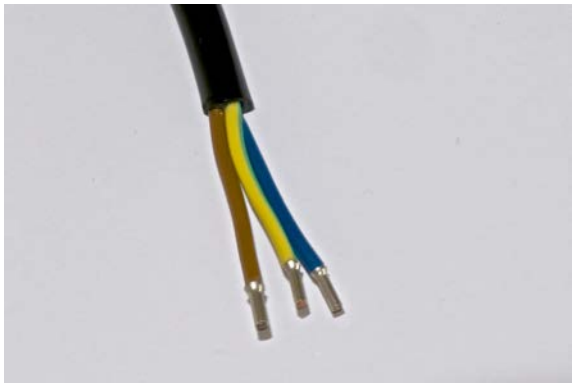


Abb. 94: Litzen mit Aderendhülsen

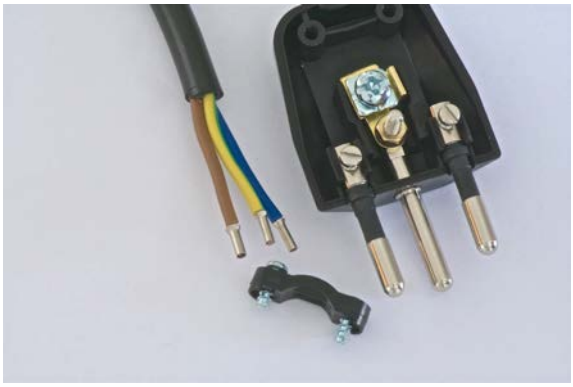


Abb. 95: Stecker inkl. Kabelzugentlastung

Die Litzen dürfen ***nicht verletzt*** werden!

5. ***Richtige Montage:***
   Nullleiter blau auf Position N,
   Leiter braun auf Position P
   Schutzleiter gelb-grün in die Mitte.

6. Schrauben gut anziehen, nicht überdrehen!

7. Montage der Kabelzugentlastung

8. Sauberes schliessen des Gehäuses

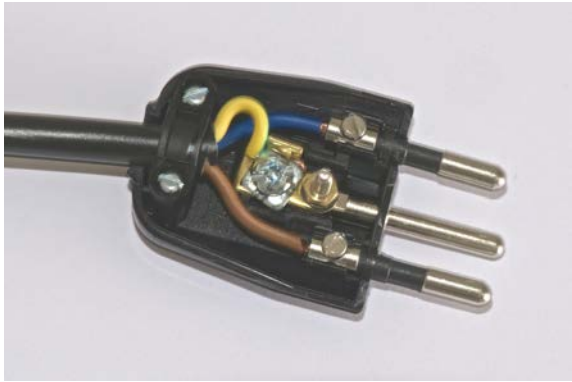


Abb. 96: Fertig montierter Stecker

Der Schutzleiter ist absichtlich länger gehalten im Steckergehäuse.
Wird das Kabel aus dem Stecker gerissen, dann bleibt der Schutzleiter am längsten verbunden!

Die Kabelzugentlastung muss ***immer*** montiert werden!

Aderendhülsen müssen verwendet werden!

Für den Schutzleiter darf nur die ***gelb-grüne Litze*** verwendet werden!

12 Modul 0 „DemoBauteile“

Der Print „DemoBauteile“ darfst du nach dem überbetrieblichen Kurs nach Hause nehmen. Der Print habe ich entwickelt, dass du viele unterschiedliche Bauteile und deren möglichen Formen sehen kannst. Es gibt natürlich noch viele weitere Bauteile und Formen. Hältst du eine 9 V-Batterie auf die Pads, dann blinken die beiden LEDs.

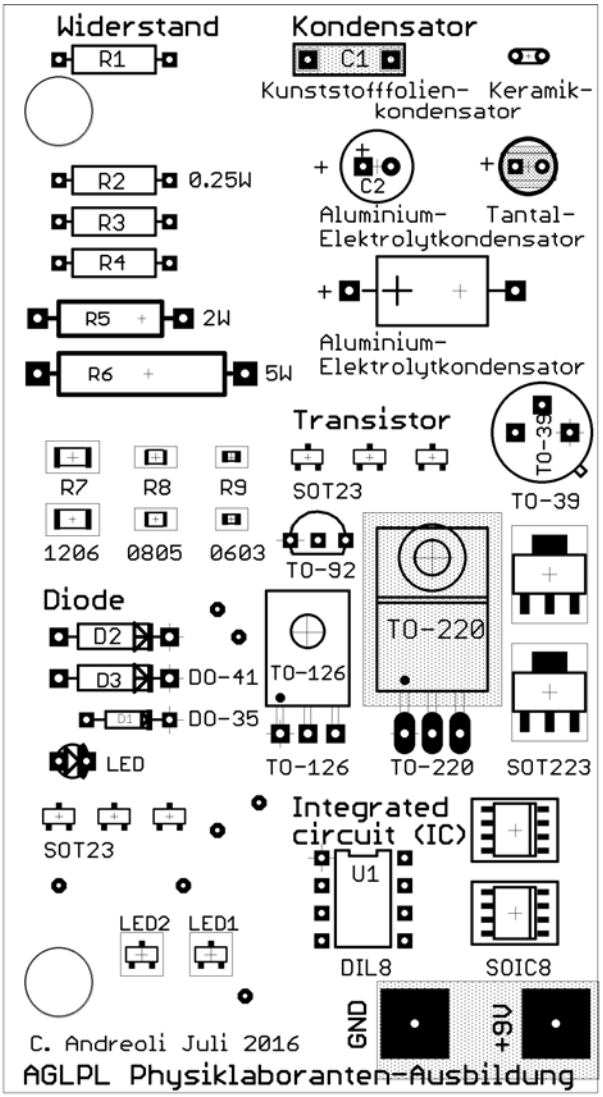


Abb. 97: Bestückungslayer Modul 0

R1, R2:	22k
R3:	470Ω
R4:	1k5
C1	47 nF/100 V
C2	10µF / 100 V
D2	1N4005
LED1	LED, grün SMD
LED2	LED, rot SMD

Löte die Bauteile ***vorsichtig*** ein oder lass dir helfen!

Aufgabe: Modul 0

Wie würdest du so eine Schaltung bauen?

.....

.....

Biegebalken für Bestückung bereitstellen!

13 Informationen & Links

13.1 Widerstand und Kondensator

- Fachkenntnisse Elektrotechnik Fachstufe 1 (Baumann, Betz, Beuth, et al.)
- Vogel-Fachbuch Elektronik 2, Bauelemente (Klaus Beuth)
- Elektrotechnik Grundbildung, Europa-Fachbuchreihe
- Elektronik Fibel (Patrick Schnabel)
- http://elektroniktutor.de/
- https://people.phys.ethz.ch/~andreoli/üK_3/Zusatz%20Info/ETH_Doku/

13.2 Dioden

- Elektrotechnik Grundbildung, Europa-Fachbuchreihe
- Vogel-Fachbuch Elektronik 2, Bauelemente (Klaus Beuth)
- Elektronik Fibel (Patrick Schnabel)
- http://www.elektronik-kompendium.de/sites/bau/0201113.htm
- http://www.vias.org/mikroelektronik/wrapnt5AC43B_dioden.html
- https://www.youtube.com/watch?v=MSncOmacDJ0
- https://people.phys.ethz.ch/~andreoli/üK_3/Zusatz%20Info/ETH_Doku/

13.3 Transistoren

- Elektrotechnik für berufsbildende Berufe, Horst Spanneberg, Handwerk und Technik Verlag
- Elektrotechnik Grundbildung, Europa-Fachbuchreihe
- Operationsverstärker, Martin Zirpel, Franzis Verlag, 3-7723-6136-6
- Elektronik-Fibel, Patrick Schnabel, 978-3-8311-4590-4
- Operationsverstärker, Jef Hay, Elektor-Verlag, 3-928051-14-8
- Die hohe Schule der Elektronik 1, P.Horowitz, W. Hill, Elektor-Verlag, 3-89576-024-2
- Understanding Operational Amplifier Specifications, Jim Karki, Texas Instruments, white paper
- http://www.elektronik-kompendium.de/sites/bau/0201291.htm
- http://www.vias.org/transistor_basics/
- https://www.youtube.com/watch?v=GjL9Nf0VYvE
- https://people.phys.ethz.ch/~andreoli/üK_3/Zusatz%20Info/ETH_Doku/

13.4 Operationsverstärker

- Elektrotechnik für berufsbildende Berufe, Horst Spanneberg, Handwerk und Technik Verlag
- Operationsverstärker, Martin Zirpel, Franzis Verlag, 3-7723-6136-6
- Elektronik-Fibel, Patrick Schnabel, 978-3-8311-4590-4
- Operationsverstärker, Jef Hay, Elektor-Verlag, 3-928051-14-8
- Die hohe Schule der Elektronik 1, P.Horowitz, W. Hill, Elektor-Verlag, 3-89576-024-2
- Understanding Operational Amplifier Specifications, Jim Karki, Texas Instruments, white paper
- http://www.elektronik-kompendium.de/sites/bau/0209092.htm
- http://de.wikipedia.org/wiki/Operationsverstärker
- http://www.vias.org/mikroelektronik/wrapnt_operationsverst_rker53.html
- https://people.phys.ethz.ch/~andreoli/üK_3/Zusatz%20Info/ETH_Doku/

13.5 Timer NE555

- Elektrotechnik Grundbildung (Klaus Tkotz), Europa Lehrmittel
- Fachkenntnisse Elektrotechnik Fachstufe 1 (Baumann, Betz, Beuth, et al.)
- Vogel-Fachbuch Elektronik 2, Bauelemente (Klaus Beuth)
- Elektronik Fibel (Patrick Schnabel)
- http://et-tutorials.de/elektronik/timerbaustein-ne555/
- http://electronicsclub.info/555timer.htm
- http://www.ferromel.de/tronic_14.htm
- http://www.elektronik-kompendium.de/sites/bau/0206115.htm
- http://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=NE555
- https://people.phys.ethz.ch/~andreoli/üK_3/Zusatz%20Info/ETH_Doku/

14 Abkürzungsverzeichnis

DSO	Digitalspeicheroszilloscop
DMM	Digitalmultimeter
GND	Chassis ground, für Masse
+Us	Positive Versorgungsspannung
V_{CC}	Positive Versorgungsspannung
-Us	Negative Versorgungsspannung
V_{EE}	Negative Versorgungsspannung
V_{SS}	identisch mit GND

15 Abbildungsverzeichnis

Abb. 22:	https://de.wikipedia.org/wiki/Kondensator_(Elektrotechnik)
Abb. 28:	https://www.elektronik-kompendium.de/sites/grd/0205301.htm
Abb. 41:	http://www.fremo-hemsbach.de/tech/Gl_Dioden_01.htm
Abb. 51:	https://de.wikipedia.org/wiki/Transistor
Abb. 54:	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Transistor_animation.gif
Abb. 81:	https://electronics.stackexchange.com/questions/25548/ne555-load-resistor
Abb. 82:	http://ladyelectronica13.blogspot.com/2013/03/555-explicacion.html

Alle anderen Schemas, Bilder und Grafiken sind von Cornel Andreoli, 2016...2019

16 Notizen und Fragen