

Eine (sehr) kleine Einführung in die Grundlagen der Elektrotechnik

Matthias Kranz
matthias.kranz@ifi.lmu.de

14. Oktober 2005

Zusammenfassung

Dieses Dokument ist eine sehr kleine Einführung in die Grundlagen der Elektrotechnik die dazu dienen soll, Informatik-Studenten einen kleinen Einblick zu vermitteln. Keinesfalls erhebt dieses Dokument Anspruch auf Vollständigkeit.

Ich habe dieses Dokument nach der Lektüre diverser Quellen (Fachbücher, Wikipedia, Formelsammlungen, etc.) erstellt, da ich keine entsprechenden Grundlagenvorlesungen während meines Studiums gehört hatte, aber das hier zusammengefasste Wissen dennoch benötigte.

Über Kritik, Anregungen freue ich mich.

1. Version: 18. Juni 2004

Letztes Update: 01. Februar 2005

Bitte das Dokument nur verlinken und nicht selbst zum Download anbieten. Die URL ist

<http://www.hcilab.org/documents/elektronik-einfuehrung.pdf>

Dieses Dokument steht unter der GNU freie Dokumentationslizenz.

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/GFDL>

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	3
1.1	Elektrizität und Strom	3
2	Grundlagen	5
2.1	Spannung U (in Volt (V))	5
2.1.1	Gleichspannung	6
2.1.2	Wechselspannung	6
2.2	Widerstand R (in Ohm (Ω))	7
2.3	Stromstärke I (in Ampere (A))	8
2.4	Zusammenhang zwischen Spannung, Stromstärke und Widerstand	9
2.5	Leistung P (in $\frac{W}{s}$)	10
3	Schaltungen	11
3.1	Kurzschluss	11
3.2	Reihenschaltung	11
3.2.1	Reihenschaltung von Spannungsquellen	11
3.2.2	Reihenschaltung von Widerständen	12
3.3	Parallelschaltung	12
3.3.1	Parallelschaltung von Spannungsquellen	13
3.3.2	Parallelschaltung von Widerständen	13
3.3.3	Spannungsteiler	14
3.3.4	Vorwiderstand	14
3.4	Gemischte Schaltungen	15
4	Messungen am Stromkreis	16
4.1	Messgeräte	16
4.2	Messung der Stromstärke	16
4.3	Messung der Spannung	16
4.4	Messung des Widerstandes	17
4.5	Oszilloskop	17
5	Weiterführende Bauteile	18
5.1	Widerstand	18
5.2	Spannungsquelle	18
5.3	Kondensator	18
5.4	Potentiometer	19
5.5	Spule	20
5.6	Diode	20
5.7	LED	20
6	Verwendete Bezeichnungen	21
6.1	Bezeichnungen	21

1 Einführung

1.1 Elektrizität und Strom

Elektrizität ist ein physikalisches Phänomen das auf der Anziehung bzw. der Abstoßung elektrischer Ladung beruht.

Mit Strom bezeichnet man die Menge der elektrischen Ladung die während einer bestimmten Zeitspanne durch einen Leiter fließt.

URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Elektrische_Spannung

Ein Leiter ist dabei ein Stoff, der Energie bzw. Teilchen transportieren kann. Dabei werden die elektrisch geladenen Teilchen (Elektronen) nur mit einer sehr niedrigen Geschwindigkeit durch den Leiter transportiert (Größenordnung $\frac{m}{s}$), die Signalgeschwindigkeit ist aber in etwa Lichtgeschwindigkeit (Größenordnung $300000 \frac{km}{s}$). Grund ist der Welle-Teilchen-Dualismus.

Die Leitfähigkeit eines Leiters wird durch seine physikalischen Eigenschaften, z.B. Temperatur oder Anzahl freier Elektronen (Valenzelektronen) und deren Beweglichkeit bestimmt. Über je mehr freie Elektronen ein Stoff verfügt, desto besser ist die Leitfähigkeit. Nichtleiter geben beim Zusammenschluss zu einem festen Körper keine (Bindungs-)Elektronen frei. Ohne diese freien Elektronen gibt es auch keine bzw. nur eine sehr geringe Leitfähigkeit.

Man kann Stoffe (u.a.) wie folgt unterscheiden:

- Leiter (z.B. Metalle, Wasser)
- Nicht-Leiter oder Isolatoren (z.B. Glas, Stein)
- Halb-Leiter (z.B. Silizium, Germanium, Selen)

URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Elektrischer_Leiter

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Isolator>

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Halbleiter>

Aus dem Halbleiter Silizium werden zum Beispiel Transistoren und Dioden hergestellt.

Elektrischer Strom fließt auf Grund von Spannungsunterschieden (Potentialunterschiede) zwischen den Polen einer Spannungsquelle. Man spricht hier auch von Quellenspannung. Der Strom fließt dabei physikalisch vom Minuspol durch die elektrischen Verbraucher (z.B. Glühlampe, Widerstand) zum Pluspol einer Spannungsquelle. Man spricht von der physikalischen Stromrichtung. Oft

spricht man auch von der technischen Stromrichtung, die vom Pluspol zum Minuspol gerichtet ist und damit der physikalischen Stromrichtung entgegengesetzt ist. Grund für die zwei einander entgegengesetzten Stromrichtungen ist, dass bei Festlegung der technischen Stromrichtung ein nur sehr ungenaues Wissen über Strom und Elektrizität vorhanden war.

In Stromlaufplänen ist man bei der technischen Stromrichtung geblieben und zeichnet die Stromrichtungspfeile von Plus nach Minus, z.B. bei Dioden und Transistoren. Auch Spannungsrichtungen werden durch Pfeile von Plus nach Minus angegeben.

Der Spannungsunterschied gibt an, wie viel Energie notwendig ist, um den Spannungsunterschied zu erzeugen bzw. wie viel Energie frei wird, wenn der Spannungsunterschied (durch Stromfluss) ausgeglichen wird. Die Spannungsunterschiede werden immer durch äußere Energiezufuhr (z.B. chemische Reaktionen, Sonnenlicht, etc.) erzeugt und durch Stromfluß wieder ausgeglichen.

2 Grundlagen

Die in diesem Kapitel vorgestellten Grundlagen für einfache Stromkreise gelten sowohl für Gleich- als auch für Wechselspannung. Gleichspannung bedeutet, dass Stromrichtung und Spannungsrichtung konstant sind (Beispiel Batterie). Bei der Wechselspannung ändert sich die Richtung des Stroms bzw. der Spannung (Vorzeichen) in periodischen Abständen (Beispiel Haushaltsstrom mit (Wechsel-)Frequenz 50 Hz). Wechselstrom kann man sich (sehr sehr bildlich) als abwechselndes Pumpen bzw. Saugen von Elektronen vorstellen.

URL:<http://de.wikipedia.org/wiki/Wechselstrom>

URL:<http://de.wikipedia.org/wiki/Gleichstrom>

2.1 Spannung U (in Volt (V))

Spannung bedeutet Potentialunterschied. Vorstellen kann man sich Spannung mit einer (Spannungs-)Quelle, die von einem Berg (hohes Potential) ins Tal (niedriges Potential) fließt, also von einem Ort mit hohem Potential zu einem Ort mit niedrigem Potential. Man erhält beim Fluss ins Tal genau die Energie zurück, die man aufwenden müsste, um das Wasser zur Quelle hochzutragen (bei idealer Energieerhaltung und keiner Verlustleistung beim Tragen). Da die Elektronen vom Minus- zum Pluspol fließen entspricht in diesem Beispiel der Minuspol der Quelle auf dem Berg (physikalische Stromrichtung).

Eine technischere Definition der Spannung lautet wie folgt: Die Spannung ist der Quotient aus Überführungsarbeit W zwischen zwei Punkten und der Ladung Q , also:

$$U = \frac{W}{Q} \text{ mit } [U] = \frac{1J}{1C} = 1V(\text{Volt})$$

Das elektrische Potential ist definiert als Spannung zwischen dem Meßpunkt (φ_1) und einem festen Bezugspunkt (φ_2). Die Spannung wird so zu einer Potentialdifferenz:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2$$

Spannungen ab etwas 40 Volt können gefährlich sein. Das deutsche Stromnetz liefert eine Wechselspannung von 220 Volt (bei 50 Hertz)!

Die Spannung wird in der Einheit Volt (V) angegeben, zu Ehren des Physikers Alessandro Volta.

URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Alessandro_Volta

2.1.1 Gleichspannung

Den von einer Gleichspannungsquelle erzeugten Strom nennt man Gleichstrom. Das Zeichen für Gleichstrom ist „-“.

Bei einer Gleichspannungsquelle liegen der Plus- und der Minuspol immer am gleichen Anschluss der Quelle.

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Gleichspannung>

2.1.2 Wechselspannung

Den von einer Wechselspannungsquelle erzeugten Strom nennt man Wechselstrom. Das Zeichen für Wechselstrom ist „~“.

Bei einer Wechselspannungsquelle liegen der Plus- und der Minuspol abwechselnd an den Anschlüssen der Quelle.

Bei den meisten Generatoren, die Spannung durch Bewegung erzeugen, wechselt die Spannung an den Polen (z.B. Fahrraddynamo oder Generator)

Man spricht bei Wechselspannung oft von der positiven und der negativen Halbwelle. Es ist dabei immer der anzugebende Bezugspunkt wichtig. Die Frequenz der Spannungsquelle wird in der Einheit Hertz (Hz) angegeben, zu Ehren des Physikers Heinrich Hertz. Ein Hertz ist dabei die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde, also

$$1Hz = \frac{1}{s}$$

Eine Schwingung oder Periode besteht aus einer positiven und einer negativen Halbwelle, also dem einmaligen hin- und herpendeln der Elektronen. Als Amplitude bezeichnet man den absoluten (positiven oder negativen) Scheitelwert der Halbwelle.

Die Spannung ist bei einer Wechselstromquelle in jedem Augenblick verschieden. Es gibt sogar Momente ohne Spannung (bei Nulldurchgang, Wechsel von positiver zu negativer bzw. negativer zu positiver Halbwelle).

Auf Grund der Spannungsänderung ändert sich auch die Stromstärke (siehe 2.4). Entsprechend ändert sich auch die Leistung des Stromes (siehe 2.5).

Wichtig ist bei Wechselspannung der im zeitlichen Mittel wirksame Wert, der sogenannte Effektivwert. Bildlich kann man sich den Effektivwert wie folgt

vorstellen: Man kappt die Spannungsspitzen (Wellenberge) etwas um damit die Wellentäler etwas aufzufüllen. Teilt man den Scheitelwert durch $\sqrt{2}$, so erhält man den Effektivwert. Umgekehrt gilt deshalb auch: der Effektivwert ist das 0,707-fache des Scheitelwertes.

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Wechselspannung>

URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Heinrich_Rudolf_Hertz

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Hertz>

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Wechselspannung#Frequenz>

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Effektivwert>

2.2 Widerstand R (in Ohm (Ω))

In obigem Beispiel entspricht das physikalische Phänomen der Reibung, die das Wasser beim Fließen überwinden muss dem elektrischen Widerstand. Verschiedene elektrische Leiter setzen dem Stromfluss bei gleicher elektrischer Spannung einen unterschiedlichen elektrischen Widerstand entgegen. Anschaulich muss dieser Widerstand vom Strom überwunden werden um hindurchzufließen. Dabei entsteht i.d.R. Wärme wegen der Reibung, die die Elektronen beim Durchfluss durch den Leiter erzeugen. Die Größe eines Widerstandes ist u.a. temperaturabhängig. Der Widerstand an sich wird z.B. durch Störungen im Aufbau des Kristallgitters in den Metallen oder durch die ungleichmäßigen Wärmeschwingungen der Atome im Leiter verursacht.

Der Widerstand eines Leiters ist vom Material und der Länge des Materials abhängig. Folgende Parameter des Leiters haben Einfluss auf den Widerstand:

- spezifischer Widerstand (ρ in $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$)
- Leitfähigkeit (κ in $\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$)
- Temperaturbeiwert (α in $\frac{1}{K}$)

Der spezifische Widerstand eines Leiters gibt an wie groß der Widerstand des Leiters bei einer Länge von $l = 1 m$ und dem Leitungsquerschnitt (Durchmesser) von $A = 1 mm^2$ und einer Temperatur von $20^\circ C$ bzw. $293 K$ (*Kelvin*) ist. Der Widerstand eines Leiters berechnet sich nach folgender Formel:

$$R = \rho * \frac{l}{A}$$

Die Leitfähigkeit ist der Kehrwert des spezifischen Widerstandes, siehe oben.

Der Temperaturbeiwert wird in Kelvin angegeben. $0^\circ K$ entsprechen in etwa $-273,15^\circ C$, dem absoluten Nullpunkt.

Die vorzeichenbehaftete Widerstandsänderung (ΔR) bei Änderung der Temperatur ($\Delta\theta$ in K) von der Ausgangstemperatur T_0 berechnet sich wie folgt.

$$\Delta R = \alpha * T_0 \Delta\theta$$

Im Zusammenhang mit dem Widerstand (eines Bauteils) ist noch der Begriff des Leitwerts bzw. des Gesamtleitwerts zu nennen. Der Leitwert ist der Kehrwert des Widerstands, also:

$$G = \frac{1}{R}$$

Der Leitwert wird in der Einheit Siemens ($S = \frac{1}{\Omega} = \frac{A}{V}$) angegeben, zu Ehren des Erfinders Werner von Siemens.

URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Werner_von_Siemens

Widerstände unterscheidet man unter anderem nach Art (Kohleschicht- oder Metallschichtwiderstand), nach Größe und nach Toleranz bzw. Abweichung. Die Größe eines Widerstandsbauteils in Ohm wird über eine auf den Widerstand gedruckten internationalen Widerstandsfarbkennzeichnung angegeben. Der erste Ring (für die Ablesrichtung) ist dabei etwas näher am einen Ende des Widerstands als der letzte Ring auf der anderen Seite.

Liegt an einem Widerstand eine Spannung an wird Arbeit geleistet, es ist eine Wärmeentwicklung feststellbar.

Seh- bzw. fühlbar wird der Widerstand eines elektrischen Bauteils zum Beispiel an der Glühlampe bzw. der (elektrischen) Herdplatte. Der Widerstand wird in der Einheit Ohm (Ω) angegeben, zu Ehren des Physikers Georg Simon Ohm.

URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Georg_Simon_Ohm

URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Absoluter_Nullpunkt

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Kelvin>

URL: [http://de.wikipedia.org/wiki/Widerstand_\(Bauelement\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Widerstand_(Bauelement))

2.3 Stromstärke I (in Ampere (A))

Elektrischer Strom ist die gerichtete Bewegung elektrischer Ladungsträger durch einen Leiter.

Die Stromstärke ist eine der sieben Basiseinheiten (SI-Einheiten) auf die alle anderen physikalischen Größen zurückgeführt werden können.

Die Stärke des elektrischen Stroms wird in der Einheit Ampere (A) angegeben, zu Ehren des Physikers und Mathematikers André Marie Ampère.

URL: http://de.wikipedia.org/wiki/André_Marie_Ampère

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/SI-Einheitensystem>

2.4 Zusammenhang zwischen Spannung, Stromstärke und Widerstand

Die physikalischen Größen Strom, Spannung und Widerstand stehen in engem Zusammenhang. Es gelten folgende Beziehungen:

$$R = \frac{U}{I}, U = R * I \text{ und } I = \frac{U}{R}$$

Die Formel $U = R * I$ besagt, dass der Spannungsabfall proportional zur Stärke des durch den Widerstand fließenden Stroms ist. Dieser Zusammenhang wird als Ohmsches Gesetz bezeichnet.

URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Ohmsches_Gesetz

Durch Umformung erhält man die anderen beiden äquivalenten Formeln. Folgende Aussagen gelten:

- Je kleiner der Leitungsquerschnitt, desto größer ist der Widerstand (bei gleichbleibender Stromstärke), anschaulich: Die Elektronen müssen näher zusammenrücken um mit gleicher Geschwindigkeit (unveränderbare Größe!!!) durch den Leiter zu fließen.
- Je größer die Stromstärke, desto größer ist der Widerstand (bei gleichbleibendem Leitungsquerschnitt)
- Je länger der Leiter (oder die Schaltung), desto größer ist der Widerstand.

Im Zusammenhang mit dem Leitungsquerschnitt und der Stromstärke ist die Stromdichte interessant. Die Einheit der Stromdichte ist Joule. $J = \frac{I}{A}$, J wird also in $\frac{A}{mm^2}$ angegeben. Es ist zu beachten, dass die Stromdichte immer kleiner als die maximal zulässige Stromdichte eines Leiters ist, da dieser sonst durchbrennen (schmoren) kann.

Die Stärke des elektrischen Stroms wird in der Einheit Joule (A) angegeben, zu Ehren des Physikers James Prescott Joule.

URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Elektrischer_Widerstand

URL: http://de.wikipedia.org/wiki/James_Prescott_Joule

2.5 Leistung P (in $\frac{W}{s}$)

Physikalische Leistung ist definiert als (erbrachte oder zu erbringende) Arbeit pro Zeit. Die Einheit P wird angegeben in $\frac{W}{t}$, also in $\frac{Watt}{Zeit\ in\ s}$.

Die elektrische Leistung ist definiert als Produkt von Stromstärke und Spannung, also,

$$P = U * I$$

Beispiel: Eine Glühlampe (als Verbraucher) sei an eine Spannungsquelle von $U = 24\ V$ angeschlossen. Die Leistung der Lampe sei $P = 20\ W$. Mit Umformung erhält man $I = \frac{P}{U}$ und durch Einsetzen berechnet man den fließenden Strom I mit $I = \frac{P}{U} = \frac{20\ W}{24\ V} = 0,83... A$. Der Widerstand der Glühlampe berechnet sich mit der bekannten Formel ($R = \frac{U}{I}$).

URL: [http://de.wikipedia.org/wiki/Leistung_\(Physik\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Leistung_(Physik))

3 Schaltungen

Eine Schaltung besteht aus mechanischen (z.B. Leitungen) und elektrischen (z.B. Stromquelle, Verbraucher) Komponenten die miteinander verbunden sind. Die Schaltung verbindet dabei die Pole der Spannungsquelle. Ist die Schaltung ein Stromkreis, sind also die Pole der Spannungsquelle miteinander verbunden und die Verbraucher dazwischengeschaltet spricht man von einem geschlossenen Stromkreis. Dieser ermöglicht den Elektronenfluss vom Minus- zum Pluspol.

URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Elektrische_Schaltung

3.1 Kurzschluss

Von einem Kurzschluss spricht man, wenn die Pole der Spannungsquelle miteinander ohne zwischengeschaltete Verbraucher verbunden sind. Dies führt i.d.R. zu einer Überlastung der Quelle und/oder zu einem Durchbrennen der Leitungen. Im Haushalt sorgt ein FI-Schalter oder Schutzschalter für die Unterbrechung der Stromversorgung bei einem Kurzschluss um Schaden vorzubeugen.

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Kurzschluss>

3.2 Reihenschaltung

Als Reihen- oder Serienschaltung bezeichnet man die Hintereinanderschaltung mehrerer Elemente in einem einzigen unverzweigten Leiter(abschnitt) bzw. Stromkreis. Bei einer Reihenschaltung liegt an allen Bauteilen der gleiche Strom an, die Spannung ist jedoch nicht auf dem gesamten Leitungsabschnitt konstant. Je nach Art des Bauelements ergeben sich dadurch unterschiedliche Effekte für Spannung, Stromstärke und Widerstände, die nachfolgend kurz beschrieben werden sollen.

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Reihenschaltung>

3.2.1 Reihenschaltung von Spannungsquellen

Schaltet man verschiedene Spannungsquellen (mit möglicherweise unterschiedlichen Einzelspannungen) in Reihe (Serie), addieren sich die einzelnen Quellspannungen zu einer Gesamtspannung. Gleiches gilt für die Innenwiderstände der Spannungsquellen (jedes Bauelement, auch Spannungsquellen, haben einen Widerstand).

Beispiel: Schaltet man eine normale AAA-Batterie (Mignon, 1,5 V) und einen 9,0 V Block in Serie, so ist die Quellenspannung 10,5 Volt.

Man kann sich die Hintereinanderschaltung als Black Box vorstellen, die neue Spannung der Black Box ist die Summe der Einzelspannungen. Es gilt folgende Gesetzmäßigkeit für die Reihenschaltung n beliebiger Spannungsquellen:

$$U_{gesamt} = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

Durch die Kombination verschiedener einzelner Spannungsquellen kann man die gewünschte Gesamtspannung erhalten.

3.2.2 Reihenschaltung von Widerständen

Bei der Reihenschaltung von Widerständen in einem einzigen unverzweigten Stromkreis (Leiterabschnitts) addieren sich die Einzelwiderstände zu einem Gesamtwiderstand. Es gilt für n beliebige Widerstände:

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Bei der Reihenschaltung fließt durch alle Widerstände der gleiche Strom, da der Stromkreis unverzweigt ist. Für die Spannung U_i am Widerstand R_i gilt (mit I = Stromstärke in Ampere):

$$U_i = R_i * I$$

Für die Spannung gilt bei n Widerständen:

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

In diesem Zusammenhang ist die Kirchhoff'sche Maschenregel von Bedeutung.

URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Kirchhoffsche_Regeln

URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Ohmsches_Gesetz

3.3 Parallelschaltung

Bei der Parallelschaltung liegt an allen Bauteilen die gleiche Spannung an, der Strom jedoch verzweigt sich auf die parallelen Leitungen. Je nach Art des Bauelements ergeben sich durch die Parallelschaltung unterschiedliche Effekte für Spannung, Stromstärke und Widerstände, die nachfolgend kurz beschrieben werden sollen.

3.3.1 Parallelschaltung von Spannungsquellen

Schaltet man verschiedene Spannungsquellen parallel, d.h. die Schaltung verzweigt sich in die zu verwendenden Spannungsquellen und vereint sich nach diesen wieder, dann bleibt die Spannung konstant. Es erhöht sich der maximal mögliche Gesamtstrom.

Bei der Verwendung von Spannungsquellen mit unterschiedlichem Potential (Volt-Zahl) ist zu beachten, dass zwischen den Spannungsquellen ein (i.d.R. unerwünschter) Ausgleichstrom/Verluststrom fließt. Der Grund für den Ausgleichsstrom liegt in den unterschiedlichen Potentialen der Spannungsquellen die durch den Verluststrom ausgeglichen werden. In der Praxis verwendet man für die Parallelschaltung von Spannungsquellen also nur Quellen mit gleicher Quellenspannung. Der Strom I der von n Spannungsquellen erzeugt wird, wird nach folgender Formel berechnet:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

Für den Gesamt(innen)widerstand gilt für n beliebige Spannungsquellen:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

URL: <http://http://de.wikipedia.org/wiki/Parallelschaltung>

3.3.2 Parallelschaltung von Widerständen

Bei der Parallelschaltung von n beliebigen Widerständen liegt an allen n Widerständen die gleiche Spannung U an. Der Strom verzweigt sich (parallel) auf die Widerstände. Die Summe der Teilströme an den n Widerstände ergibt in Summe den Gesamtstrom I . Es gelten folgende Gesetzmäßigkeiten:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

und

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Der Gesamtwiderstand der Parallelschaltung ist kleiner als der größte Einzelwiderstand (wie man aus der Berechnung der Summe sieht).

Die Parallelschaltung von Widerständen ist ein Stromteiler. Die Stromstärken parallel geschalteter Widerstände verhalten sich umgekehrt wie die zugehörigen Widerstände.

In diesem Zusammenhang ist die Kirchhoff'sche Knotenregel von Bedeutung.

URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Kirchhoffsche_Regeln

URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Ohmsches_Gesetz

3.3.3 Spannungsteiler

Ein Spannungsteiler ist, wie der Name bereits sagt, eine Vorrichtung aus (passiven elektronischen) Bauteilen zur Reduzierung einer Ausgangsspannung auf eine niedrigere Endspannung, z.B. um ein Bauteil nicht zu überlasten.

Der einfachste Spannungsteiler ist eine Reihenschaltung zweier nicht notwendiger gleich großer Widerstände R_1 und R_2 . Die Spannung fällt dann im Verhältnis der Größe der Widerstände zueinander ab, wobei U_1 die (parallel zu) R_1 gemessene Spannung ist und U_2 die (parallel zu) R_2 gemessene Spannung ist. Es gilt:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{U_1}{U_2}$$

bzw.

$$\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}$$

Für die Spannungen U_1 , U_2 und die Ausgangsspannung gilt **nicht** immer

$$U = U_1 + U_2$$

Obige Formel für die Spannung gilt nur bei zwei gleich großen Widerständen.

Werden statt konstanten Widerständen regelbare Potentiometer eingesetzt, spricht man von einem einstellbaren Spannungsteiler.

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Spannungsteiler>

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Passiv>

3.3.4 Vorwiderstand

Ein Vorwiderstand ist ein einem elektronischen Bauteil vorgeschalteter Widerstand mit dem Zweck, die Spannung für das nachgeschaltete Bauteil zu reduzieren. Es fällt ein Teil der Eingangsspannung am Vorwiderstand ab, die Eingangsspannung für das nachgeschaltete Bauteil wird somit reduziert.

Beispiel: LEDs benötigen in der Regel Vorwiderstände, da sie eine niedrige Spannung benötigen als die meisten Spannungsquellen liefern.

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Vorwiderstand>

3.4 Gemischte Schaltungen

Man spricht von gemischten Schaltungen, wenn sowohl Reihen- als auch Parallelschaltung von Bauelementen vorliegt.

4 Messungen am Stromkreis

In diesem Abschnitt soll kurz darauf eingegangen werden, wie Messungen am Stromkreis vorgenommen werden können und was zu beachten ist.

4.1 Messgeräte

Messgeräte kann man u.a. nach der Art der Anzeige in analoge und digitale Messgeräte unterscheiden und nach der Art der zu messenden Größe, z.B. Voltmeter, Amperemeter oder Ohmmeter. Können mit einem Messgerät mehrere Größen erfasst werden spricht man von einem Multimeter.

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Vorwiderstand>

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Voltmeter>

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Amperemeter>

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Multimeter>

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Analogmultimeter>

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Digitalmultimeter>

Allgemein gilt bei einem Multimeter, dass vor der Durchführung der Messung die gewünschte physikalische Größe ausgewählt werden muss. Um zu vermeiden, dass nach einer Stromstärkenmessung eine Spannungsmessung durchgeführt wird (und umgekehrt) ist es i.d.R. notwendig die Messleitung(en) umzustecken.

Vor der Durchführung der Messung ist der Messbereich einzustellen. Generell sollte man den Messbereich erst sicherheitshalber zu hoch wählen und den Bereich schrittweise verkleinern bis die zu messende Größe im Messbereich ist. So werden Schäden am Messgerät vermieden.

Für die Auswertung der Messergebnisse ist ein Messgerät mit möglichst vielen anzeigbaren Stellen wünschenswert. Wichtig ist, dass die Anzahl der Stellen der Anzeige in etwa der Genauigkeit des Messgerätes entspricht (viele Stellen helfen nur, wenn sie potentiell korrekt sind).

4.2 Messung der Stromstärke

Die Stromstärke wird mit einem Amperemeter in Reihe mit dem Verbraucher gemessen.

4.3 Messung der Spannung

Die Spannung wird mit einem Voltmeter parallel zum Verbraucher gemessen.

4.4 Messung des Widerstandes

Widerstände kann man auf zwei Arten messen.

- durch gleichzeitige Messung von Spannung und Stromstärke
- durch Messung mit dem Ohmmeter

Man sollte, wenn man die erste Methode wählt, beide Größen gleichzeitig erfassen um Änderungen zwischen den Messungen (bei Nacheinanderdurchführung) zu vermeiden. Der Widerstand kann dann mit der bekannten Formel berechnet werden:

$$R = \frac{U}{I}$$

Eine direkte Messung des Widerstandes ist **nicht** möglich!

Zur Messung des Widerstandes haben sich die Wheatstone-Brücke und die Messung mit einem Widerstandsdraht bewährt.

4.5 Oszilloskop

Bei Oszilloskopen unterscheidet man analoge und digitale Oszilloskope. Für Informationen zu Oszilloskopen sei auf nachfolgenden Link verwiesen.

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Oszilloskop>

5 Weiterführende Bauteile

In diesem Kapitel soll die Funktionsweise und der Zweck einiger weiterführender Bauteile erklärt werden.

5.1 Widerstand

Der Widerstand ist das einfachste elektronische Bauteil. Jede Leitung ist bereits ein (kleiner) Widerstand. Der Widerstand errechnet sich aus Leitungslänge, Leitungsquerschnitt und Leitungsmaterial. Details zur Berechnung finden sich bei der Einführung des Widerstandsbegriffs.

5.2 Spannungsquelle

Die Spannungsquelle ist ebenfalls ein bereits eingeführtes Bauteil und ihre Eigenschaften werden bei der Einführung der Spannung bereits grundlegend erläutert.

5.3 Kondensator

Ein Kondensator ist bildlich gesprochen ein Spannungsspeicher. Wird der Kondensator an eine Spannungsquelle angeschlossen, lädt er sich auf. Wenn der Kondensator aufgeladen ist, ist kein Stromfluss mehr messbar, der Stromfluss wird durch den Kondensator unterbrochen. Schließt man einen Verbraucher an der geladenen Kondensator an, liefert dieser Strom bis er entladen ist und zwar genau die Menge an Elektronen, die vorher beim Laden gespeichert wurde.

Ein Kondensator kann auf verschiedene Weise gebaut werden. Die einfachste Bauweise sind zwei parallele leitfähige Flächen. Die Kapazität (C) eines Kondensators (angegeben in der Einheit Farad) ist dann (u.a.) bestimmt durch die Fläche A der Platten und deren Abstand sowie dem die Platten trennenden Isolators zwischen den Platten (Vergleichsisolator ist Luft, andere Isolatoren werden in Vielfachen bzw. Bruchteilen davon angegeben als Multiplikator). Andere Kondensatorbauformen sind z.B. Wickelkondensatoren (Wicklungen abwechselnd leitender und nicht-leitender Stoffe). Den Isolator zwischen den beiden leitenden Platten nennt man auch Dielektrikum.

Es gelten folgende Zusammenhänge:

$$C = \frac{Q}{U} \text{ und } Q = C * U$$

Die Bezeichner haben folgende Einheiten:

- C in F oder $\frac{As}{V}$ (As = Amperesekunde bzw. Coulomb)
- Q Gesamtladung in As

- U in V

Ein Farad (1 F) ist die Kapazität C eines Kondensators, der beim Anlegen einer Spannung U von 1V eine Ladungsmenge Q von 1Coulomb (Amperesekunde) speichert.

Ein Coulomb ist die Ladungsmenge, die bei einem Strom von einer Ampeere (1A) während einer Zeit von einer Sekunde (1s) verschoben wird.

URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Elektrische_Kapazität

URL: [http://de.wikipedia.org/wiki/Farad_\(Einheit\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Farad_(Einheit))

URL: [http://de.wikipedia.org/wiki/Coulomb_\(Einheit\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Coulomb_(Einheit))

URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Michael_Faraday

URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Charles_Augustin_de_Coulomb

Beim Anschluss eines Kondensators ist die Anschlussrichtung von Bedeutung. Ein falsch gepolter Kondensator kann explodieren. Auf Grund des im Kondensator enthaltenen Dielektrikums kann das wortwörtlich ins Auge gehen (Explosionsgefahr bei größeren Kondensatoren). Interessanterweise gibt es Kondensatoren (mit sehr niedriger Kapazität, pF -Bereich), die beliebig angeschlossen werden können. Diese - und nur diese haben gleich lange Beine.

Das lange Bein des Kondensators muss an den Pluspol, das kurze Bein an den Minuspol angeschlossen werden. Eine einfache Eselsbrücke um sich dies zu merken ist wie folgt: Plus hat 2 Striche (+), minus nur einen (-). Plus hat mehr Striche und damit das längere Bein.

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Kondensator>

URL: [http://de.wikipedia.org/wiki/Kondensator_\(Elektrotechnik\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Kondensator_(Elektrotechnik))

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Dielektrikum>

5.4 Potentiometer

Ein Potentiometer (kurz Poti) ist ein regelbarer (Dreh-)Widerstand. Bei Potentiometern unterscheidet man lineare und logarithmische Potentiometer. Das bedeutet, dass sich der Widerstand linear bzw. eben logarithmisch mit dem Drehwinkel ändert.

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Potentiometer>

5.5 Spule

Eine Induktionsspule ist ein Bauelement, das elektromagnetische Energie speichern kann. Wichtigste Kenngröße ist dabei die Induktivität L (in $H(\text{Henry}) = V * \frac{s}{A}$).

Die Induktivität ist von den geometrischen Abmessungen, dem Quadrat der Wicklungszahl und dem Kernmaterial abhängig.

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Spule>

URL: [http://de.wikipedia.org/wiki/Spule_\(Elektrotechnik\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Spule_(Elektrotechnik))

5.6 Diode

Die Diode ist ein Bauteil, durch das der Strom nur in einer Richtung passieren kann, in der anderen wird gesperrt. Wird der Strom umgepolt (Pluspol und Minuspol vertauscht), fließt kein Strom. Deshalb verwendet man Spulen zur Gleichrichtung von Wechselstromkreisen.

Der Ring auf dem Bauteil entspricht S-Symbol (Integralzeichen) bzw. |-Symbol in Schaltplänen.

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Diode>

5.7 LED

Beim Anschluss einer LED (Light Emitting Diode) ist die Anschlussrichtung von Bedeutung. Eine falsch angeschlossene LED funktioniert nicht, eine weitere Gefahr (wie beim Kondensator) geht nicht von ihr aus. Es gilt die gleiche Eselsbrücke wie beim Kondensator.

Bei der Auswahl von Dioden für Smart ITs Komponenten ist darauf zu achten, dass die Diode die Bezeichnung LC für low current trägt. Es gilt hier die gleiche Eselsbrücke wie bei den Kondensatoren (langes Bein an Pluspol anzuschließen).

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/LED>

6 Verwendete Bezeichnungen

6.1 Bezeichnungen

Im Allgemeinen verwendet man bei kleineren Schaltungen für (Anschluss-)Kabel rot als Kennzeichnung für den Pluspol, schwarz als Kennzeichnung für den Minuspol. Auf englischsprachigen Schaltplänen finden sich die Bezeichnungen *VCC* für den Pluspol und *GND* für den Minuspol.

COM = - (von engl. Common, gemeinsamer Anschluss/Leitung)-

GND = - (von engl. Ground, Masse)

V_{ss} = -

V_{pp} = +

v_{dd} = +

Index

- Ampère, André Marie, 9
- Amperemeter, 16
- Ausgleichsstrom, 13
- Basiseinheiten, *siehe* SI-Einheiten
- Bauteil
 - Diode, 20
 - Kondensator, 18
 - LED, 20
 - Potentiometer, 19
 - Spannungsquelle, 18
 - Widerstand, 18
- Dielektrikum, 18
- Diode, 20
- Dioden, 3
- Effektivwert, 6
- Einheit
 - Ampere, 9
 - Coulomb, 19
 - Farad, 19
 - Henry, 20
 - Joule, 9
 - Leistung, 10
 - Ohm, 8
 - Siemens, 8
 - Volt, 5
- Elektrizität, 3
- FI-Schalter, 11
- Frequenz, 6
- Generator, 6
 - Dynamo, 6
- Gesamtleitwert, *siehe* Leitwert
- Gesamtwiderstand, *siehe* Parallelschaltung
- Gleichrichtung, 20
- Gleichspannung, 5, 6
- Gleichstrom, 6
- Halbleiter, 3
- Henry, 20
- Induktivität, 20
- Isolator, 3, 18
- Joule, James Prescott, 9
- Kapazität, 18
- Kirchhoff'sche Regel
 - Knotenregel, 13
 - Maschenregel, 12
- Kondensator, 18
 - Plattenkondensator, 18
 - Wickel-, 18
- Kurzschluss, 11
- Ladung, 3
- LED, 14
- Leistung, 10
- Leiter, 3
 - Halbleiter, 3
 - Isolator, 3
 - Nichtleiter, 3
- Leitfähigkeit, 3, 7
- Leitwert, 8
- Maschenregel, 12, 13
- Messbereich, 16
- Messgerät, 16
 - Amperemeter, 16
 - analoges, 16
 - digitales, 16
 - Multimeter, 16
 - Ohmmeter, 16
 - Voltmeter, 16
- Messung
 - Spannung, 16
 - Stromstärke, 16
 - Widerstand, 17
- Multimeter, *siehe* Messgerät

Nichtleiter, 3
 Nulldurchgang, 6
 Nullpunkt
 absoluter, 7

 Ohm, Georg Simon, 8
 Ohmmeter, 16
 Ohmsches Gesetz, 9
 Oszilloskop, 17

 Parallelschaltung, 12
 Gesamtwiderstand, 13
 von Spannungsquellen, 13
 von Widerständen, 13
 Potentialunterschied, 3
 Potentiometer, 14, 19

 Quellenspannung, 3

 Reihenschaltung, 11
 von Spannungsquellen, 11
 von Widerständen, 12

 Schaltung, 11
 gemischte, 15
 Parallelschaltung, 12
 Reihenschaltung, 11
 Scheitelwert, 7
 Schutzschalter, 11
 Serienschaltung, *siehe* Reihenschaltung
 SI-Einheiten, 9
 Siemens, Werner von, 8
 Silizium, 3
 Spannung, 5
 Gleich-, 5
 Wechsel-, 5
 Spannungsquelle, 18
 Spannungsteiler, 14
 Spule, 20
 Strom, 3, 8
 Stromdichte, 9
 Stromkreis, 5, 11
 Messungen am, 16
 Stromrichtung
 physikalisch, 3
 physikalische, 5
 technisch, 4
 Stromstärke, 9
 Stromteiler, 13

 Temperaturbeiwert, 7
 Transistoren, 3

 Volta, Alessandro, 5
 Voltmeter, 16
 Vorwiderstand, 14

 Wechselspannung, 5, 6
 Wechselstrom, 6, 20
 Wheatstone-Brücke, 17
 Widerstand, 7, 18
 Farbkennzeichnung, 8
 Kohleschicht-, 8
 Metallschicht, 8
 spezifischer, 7
 Widerstandsdraht, 17

 Zusammenhang Spannung, Stromstärke, Widerstand, *siehe* Ohmsches Gesetz

Literatur

- [Bernstein(2002)] H. Bernstein. *Grundlagen der Elektrotechnik und Elektronik*. Franzis' Verlag GmbH, 2002. ISBN 3772351085. Notiz: Das Buch ist (für mich) nicht empfehlenswert. Fehlende Formeln, Symbole werden nicht eingeführt, Schaltplänen fehlt die Bezeichnung der Objekte, auf die im Text verwiesen wird bzw. in Formeln bezug genommen wird, vollständig. Ungeeignet.
- [Hammer and Hammer(1988)] A. Hammer and K. Hammer. *Physikalische Formeln und Tabellen*. J. Lindauer Verlag (Schaefer), München, fifth edition, 1988. ISBN 3874880583.
- [Lindner et al.(2004)Lindner, Bauer, and Lehmann] H. Lindner, H. Bauer, and C. Lehmann. *Taschenbuch der Elektrotechnik und Elektronik*. Taschenbuchverlag Leipzig, 2004. ISBN 3-446-22546-3.
- [Stöcker(1998)] H. Stöcker. *Taschenbuch der Physik*. Verlag Harri Deutsch, 1998. ISBN 3-8171-1556-3.
- [Wikipedia(2004)] Wikipedia. Wikipedia, die freie Enzyklopädie. <http://www.wikipedia.de>, 2004.