



UNIVERSITÄT
LEIPZIG

Hardware-Praktikum

Grundlagen der Technischen Informatik 2

Sommersemester 2020

Max Braungardt
Thomas Schmid

Abteilung Technische Informatik
Institut für Informatik

Kontakt

Max Braungardt
Augustusplatz 10 | Raum P522
04109 Leipzig
E-Mail: braungardt@informatik.uni-leipzig.de

Thomas Schmid
Augustusplatz 10 | Raum P533
04109 Leipzig
E-Mail: schmid@informatik.uni-leipzig.de

© 2000 – 2020 Universität Tübingen, Universität Leipzig

Die Inhalte des Praktikums im Modul Grundlagen der Technischen Informatik 2 bauen auf dem Hardwarepraktikum auf, das ab dem Jahr 2000 am Wilhelm-Schickard-Institut für Informatik der Universität Tübingen entworfen wurde. Seit 2007 wird das Praktikum von der Abteilung Technischen Informatik der Universität Leipzig weiterentwickelt.

Inhaltsverzeichnis

A	Ablauf des Praktikums	5
A.1	Organisation	5
A.2	Selbststudium	5
A.3	Schriftliche Ausarbeitung	6
A.4	Zulassung zur Modulprüfung	6
1	Elektronische Bauteile	7
1.1	Widerstände	7
1.2	Kondensatoren	8
1.3	Dioden	9
1.4	Transistoren	10
1.5	Simulationssoftware QUCS	11
1.6	Weiterführende Literatur	12
1.7	Versuche	13
2	Digitale Elektronik	14
2.1	Boolesche Funktionen und logische Gatter	14
2.2	Diskrete Transistorlogik	15
2.3	Logikfamilien	15
2.4	Signallaufzeiten	16
2.5	Flipflops	16
2.6	Weiterführende Literatur	17
2.7	Versuche	18
3	Entwurf digitaler Schaltungen	19
3.1	Automaten	19
3.2	Schaltwerke	20
3.3	7-Segment-Anzeige	21
3.4	Weiterführende Literatur	21
3.5	Versuche	22
4	Mikroprogramme	23
4.1	Von-Neumann-Rechner	23
4.2	Befehlssatz und Mikroprogrammierung	24
4.3	Der Minirechner 2i	25
4.3.1	Datenpfad	25
4.3.2	Steuerwerk	27
4.4	Weiterführende Literatur	27
4.5	Versuche	28

5	Assembler	29
5.1	Befehlssatzarchitektur und Assembler-Programmierung	29
5.2	Speicherverwaltung	30
5.3	Ein- und Ausgabe analoger Signale	31
5.4	Interrupts	32
5.5	Der Minirechner 2a	32
5.5.1	Änderungen im Datenpfad	32
5.5.2	Änderungen im Steuerwerk	33
5.5.3	Befehlssatzarchitektur	34
5.6	Weiterführende Literatur	35
5.7	Versuche	36

Ablauf des Praktikums

Das Praktikum im Modul Grundlagen der Technischen Informatik 2 soll Ihnen ermöglichen in fünf Versuchen die in den Vorlesungen Grundlagen der Technischen Informatik 1 und 2 erworbenen Kenntnissen zu vertiefen.

Die Inhalte beider Vorlesungen werden als bekannt vorausgesetzt. Es wird empfohlen, die Vorlesung Grundlagen der Technischen Informatik 2 begleitend zu hören.

A.1 Organisation

Die Praktikumsaufgaben werden aller zwei Wochen über den Moodle-Kurs ausgegeben, eine Einschreibung in den Moodle-Kurs ist somit unabdingbar. Die Einschreibedaten finden Sie im AlmaWeb. Für jeden Versuch steht ein Kursabschnitt zur Verfügung, wo Sie die Aufgaben und den Link zur Abgabe finden. Die Versuchsaufgaben werden selbständig durch Softwarelösungen bearbeitet. So wird Ihnen die Arbeit von zuhause aus ermöglicht. Für die Bearbeitung steht pro Versuch eine Woche zur Verfügung. Die genauen Ausgabe- und Abgabetermine finden Sie im jeweiligen Kurs-Abschnitt. Die Abgabe ist zum angegebenen Tag bis spätestens 23:45 Uhr möglich. Der Abgabebutton ist zwingend zu betätigen. Als Entwurf gespeicherte Dateien werden nicht berücksichtigt. Da jede Ausarbeitung nachgebesserten werden darf, wird nach der Abgabefrist eine zweite Abgabemöglichkeit eingerichtet. Die späteste Abgabe für Nachbesserungen ist der 13.07.2020 bis 23:45 Uhr. Abzugeben sind, neben einer handschriftlichen Ausarbeitung, alle funktionsfähigen Schaltungs- und Quelldateien. Abgaben sind nur als Archiv-Datei möglich.

A.2 Selbststudium

Zur Vorbereitung der Versuche ist ein gründliches Selbststudium der jeweils relevanten Praktikumsinhalte unerlässlich. Neben der Arbeit mit dem Skript empfehlen wir daher unbedingt auch

1. das selbstständige Wiederholen der zugehörigen Inhalte der Vorlesungen Grundlagen der Technischen Informatik 1 und 2;
2. das selbstständige Studium der jeweils angegebenen weiterführenden Literatur.

Bei Fragen zur Aufgabenstellung wenden Sie sich bitte frühzeitig über das Forum Hardware-Praktikum im Moodle-Kurs an uns.

A.3 Schriftliche Ausarbeitung

Um die erfolgreiche Versuchsdurchführung zu dokumentieren, fertigen Sie zu jedem Versuch eine Ausarbeitung an. Soweit in der Aufgabenstellung nicht anders angegeben, erstellen Sie diese komplett handschriftlich. Ihre Ausarbeitung soll Ihre Arbeit vollständig dokumentieren und auch von Personen mit entsprechender Sachkenntnis nachvollziehbar sein, die den Versuch nicht durchgeführt haben.

Halten Sie die Ausarbeitung in Text und Rechnung möglichst knapp. Herleitungen und Wiederholungen von *bekannten* Tatsachen sind überflüssig. Bitte rezitieren Sie weder die Angaben in der Versuchsanleitung noch die komplette Theorie aus der Vorlesung. Ein Hinweis zur Erstellung von Diagrammen: Es muss *eindeutig* erkennbar sein, welche Werte auf welchen Achsen aufgetragen sind. Hierzu gehört auch die *Beschriftung der Achsen* sowie eine Einteilung der Achsen mit den entsprechenden *Einheiten*!

Jede schriftliche Ausarbeitung muss folgende Bestandteile beinhalten:

1. **Struktur.** Die Struktur der Ausarbeitung soll der Struktur der Aufgaben entsprechen.
2. **Einheiten.** Bei allen gemessenen und berechneten Werten muss die Einheit angegeben werden.
3. **Schaltungen.** Alle zur Aufnahme der Messergebnisse verwendeten Schaltungen müssen dargestellt werden.
4. **Messergebnisse.** Die Messergebnisse müssen in der Ausarbeitung verwendet und erklärt werden. Weichen Ihre Messungen von dem erwarteten Wert ab, so ist dieser Effekt in der Ausarbeitung zu erklären.
5. **Beantwortete Fragen.** Sind in der Versuchsanleitung des jeweiligen Experiments Fragen vermerkt, so sind diese zu beantworten.

Die schriftliche Ausarbeitung muss inklusive aller genutzten Programmdateien (Schaltungsdateien, Quellcode, etc.) bis zum jeweils angegebenen Tag bis spätestens 23:45 Uhr als Archivdatei (zip, rar, etc.) im Moodle-Kurs hochgeladen werden. Entspricht Ihre Ausarbeitung in einem oder mehreren der obigen Punkte nicht den Anforderungen, so wird diese zurückgewiesen und Sie haben pro Versuch einmalig die Möglichkeit zur Nachbesserung. Ein Versuch gilt nur dann als abgeschlossen, wenn die Ausarbeitung von den Betreuerinnen und Betreuern abschließend anerkannt wurde.

A.4 Zulassung zur Modulprüfung

Gemäß Studienordnung ist die erfolgreiche Teilnahme am Praktikum Voraussetzung, um zur Prüfung im Modul Grundlagen der Technischen Informatik 2 zugelassen zu werden. Die vorgesehene Prüfungsvorleistung gilt als erbracht, wenn

1. allen fünf Versuchen eigenständig und mit Erfolg durchgeführt wurde,
2. alle fünf schriftlichen Ausarbeitungen als korrekt anerkannt wurden und
3. eventuell nachgebesserte Ausarbeitungen spätestens 3 Wochen nach Abgabe der Ausarbeitung des letzten Versuchs eingereicht wurden.

Hinweis: Bitte beachten Sie, dass eine Teilnahme an der schriftlichen Modulprüfung ohne erbrachte Prüfungsvorleistung unzulässig ist und entsprechend nicht gewertet wird!

Versuch 1

Elektronische Bauteile

Im ersten Versuch üben Sie grundlegenden Umgang mit den Grundbausteinen der Elektrotechnik: Widerstand, Kondensator, Diode und Transistor. Die Funktionsweise der meisten elektronischen Bauteile, die Sie in den Versuchen verwenden werden, haben Sie bereits in der Vorlesung „Grundlagen der Technischen Informatik 1“ kennengelernt.

Hauptziel dieses Versuches ist es, die Funktionsweise elektronischer Bauteile anhand konkreter Schaltungen zu verstehen. Darüber hinaus sollen Sie Techniken zur Realisierung und Analyse elektronischer Schaltungen kennenlernen und anwenden.

1.1 Widerstände

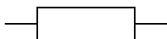
Als passive Bauteile realisieren Widerstände in elektrischen und elektronischen Schaltungen ohmsche Widerstände, d.h. Widerstände, die dem ohmschen Gesetz genügen. Sie dienen beispielsweise dazu, den elektrischen Strom zu begrenzen oder aufzuteilen. Aber auch zur Umwandlung elektrischer Energie in Wärmeenergie können sie verwendet werden. Abbildung 1.1 zeigt Schaltsymbole und typische Bauformen ohmscher Widerstände.

Der Wert eines Widerstands wird in der Einheit Ohm (Ω) gemessen und ist auf dem Bauteil über farbige Ringe kodiert. Die Leserichtung ist von links nach rechts vom ersten bis zum vierten (bzw. fünften) Ring, wobei der letzte Ring von den anderen Ringen etwas abgesetzt ist. Die ersten drei Ringe geben den Wert in Ω an, der vierte Ring gibt die Toleranz und der fünfte Ring den Temperaturbeiwert an (siehe Tabelle 1.1). Der dritte Ring kann auch als Multiplikator in Bezug auf die ersten beiden Ringe betrachtet werden. Bei Widerständen mit einer Toleranz $\leq 2\%$ wird zwischen zweitem und drittem Ring ein weiterer Ring eingeführt, dessen Wert den Angaben für den zweiten Ring in Tabelle 1.1 entspricht.

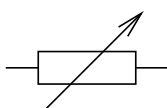
Neben ohmschen Widerständen mit festen Werten gibt es noch Potentiometer. Ihre Funk-



Widerstand



Potentiometer



Trimpotentiometer

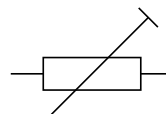


Abbildung 1.1: Schaltsymbol von Widerstand, Potentiometer und Trimpotentiometer

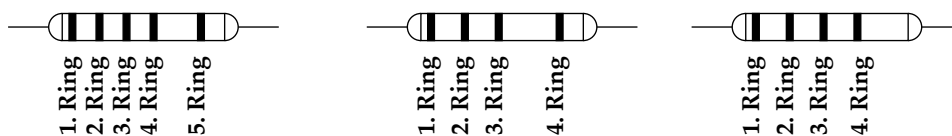


Abbildung 1.2: Beispiele für die Farbcodierung von Widerständen.

Farbe	Farbcodierung von Widerständen				
	1. Ring (Ω)	2. Ring (Ω)	3. Ring (Ω)	4. Ring (%)	5. Ring ($\frac{10^{-6}}{K}$)
schwarz	0	0	keine Ziffer	-	-
braun	1	1	0	± 1	± 100
rot	2	2	00	± 2	± 50
orange	3	3	000	-	-
gelb	4	4	0000	-	± 25
grün	5	5	00000	-	-
blau	6	6	000000	-	-
violett	7	7	-	-	-
grau	8	8	-	-	-
weiß	9	9	-	-	-
golden	-	-	-	± 5	-
silbern	-	-	-	± 10	-
ohne	-	-	-	± 20	-

Tabelle 1.1: Tabelle zur Berechnung des Widerstandswertes nach dem Farbcode.

tion gleicht der eines Widerstands, jedoch kann man den Wert innerhalb eines vorgegebenen Bereichs mechanisch einstellen. Diese Veränderung kann je nach Potentiometer linear oder logarithmisch geschehen. Potentiometer die mit einem Werkzeug eingestellt werden müssen (z.B. Schraubenzieher) nennt man Trimpmpotentiometer.

1.2 Kondensatoren

Ein Kondensator ist ein Bauteil, das in der Lage ist, Energie zu speichern. Diese Fähigkeit, eine Ladung Q in Form eines elektrischen Feldes zwischen zwei Platten zu speichern, wird durch die Kapazität C beschrieben: $C = \frac{Q}{U}$, wobei $[C] = \frac{[Q]}{[U]} = \frac{1Asec}{1V} = 1F$ (Farad). Durch das Einbringen eines Dielektrikums zwischen den Metallplatten kann die Kapazität eines Kondensators erheblich erhöht werden.

Wie bei den Widerständen gibt es auch bei den Kondensatoren verschiedene Bauformen: z.B. Platten-, Scheiben- und Wickelkondensatoren. Abbildung 1.3 stellt Schaltsymbole und typischer Bauformen von Kondensatoren dar. Ein besonderer Typ unter den Kondensatoren ist der Elektrolytkondensator. Beim Elektrolytkondensator ist es sehr wichtig, die Polarität des Kondensators zu beachten. Die Polarität ist auf dem Kondensator gekennzeichnet und typischerweise an den unterschiedlichen Längen der beiden Beinchen erkennbar.

Wird eine Elektrolytkondensator in einem Stromkreis entgegen seiner Polarität betrieben, kann es zur Explosion des Kondensators kommen!

Im Handel sind Kondensatoren mit Kapazitäten zwischen $10^{-12}F$ und $3000F$ erhältlich. Wie für die Widerstände existiert auch für Kondensatoren ein Farbcode zur Bestimmung der Kapazität. Dieser wird jedoch nur noch selten verwendet; in der Regel wird die Kapazität direkt auf das Gehäuse gedruckt.

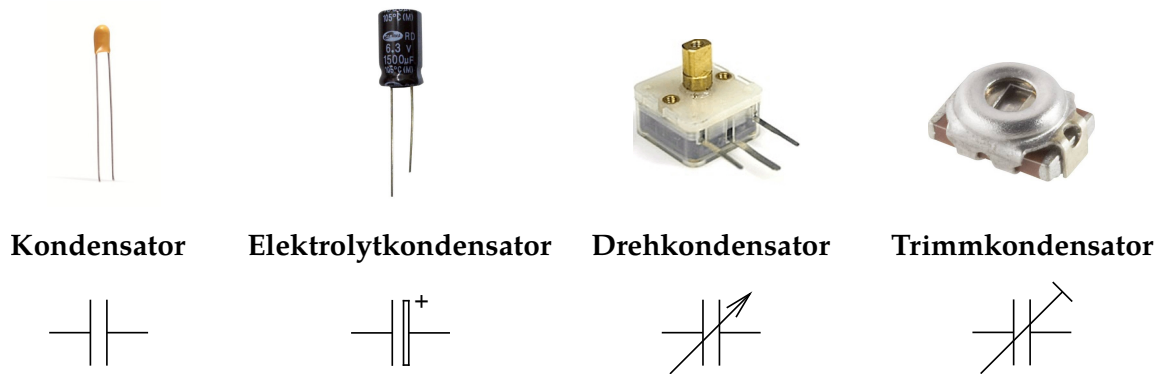


Abbildung 1.3: Schaltsymbol von Kondensator, Drehkondensator und Trimmkondensator

Analog zum Potentiometer existieren sogenannte Drehkondensatoren. Sie haben aber generell nur eine sehr kleine Kapazität. Ihre Kapazität kann durch Verschieben dieser Metallplatten innerhalb eines bestimmten Wertebereiches verstellt werden. Drehkondensatoren, die mit einem Werkzeug eingestellt werden müssen, werden Trimmkondensatoren genannt.

1.3 Dioden

Dioden sind Halbleiter-Bauteile, die innerhalb eines definierten Betriebsbereiches Strom nur in eine Richtung fließen lassen. Ihre Anschlüsse werden Anode A und Kathode K genannt. Abbildung 1.4 zeigt Schaltsymbole und typische Bauformen von Dioden und Leuchtdioden.

Die Durchlassspannung U_D (bei Siliziumdioden $\approx 0,7\text{ V}$) legt dabei fest, ab welcher Spannung U_{AK} die Diode leitet. Der dadurch entstehende Durchlassstrom steigt auf sehr hohe Werte an, darf jedoch einen bauteilspezifischen Maximalwert nicht überschreiten, da die Diode ansonsten thermisch zerstört wird.

Ist die Spannung $U_{AK} < U_D$, sperrt die Diode. Zwar fließt auch im Sperrzustand ein Strom über die Diode, dieser Sperrstrom ist allerdings meist um einige Zehnerpotenzen kleiner als der maximal zulässige Durchlassstrom. Sinkt die angelegte Spannung U_{AK} unter die Spannung $U_{Sperrmax}$, so fließt wiederum ein Durchlassstrom, der jedoch im Allgemeinen nicht erwünscht ist. Dieses Schaltverhalten einer Diode wird durch eine Strom-Spannungs-Kennlinie beschrieben. Eine typische Diodenkennlinie ist in Abbildung 1.5 dargestellt.

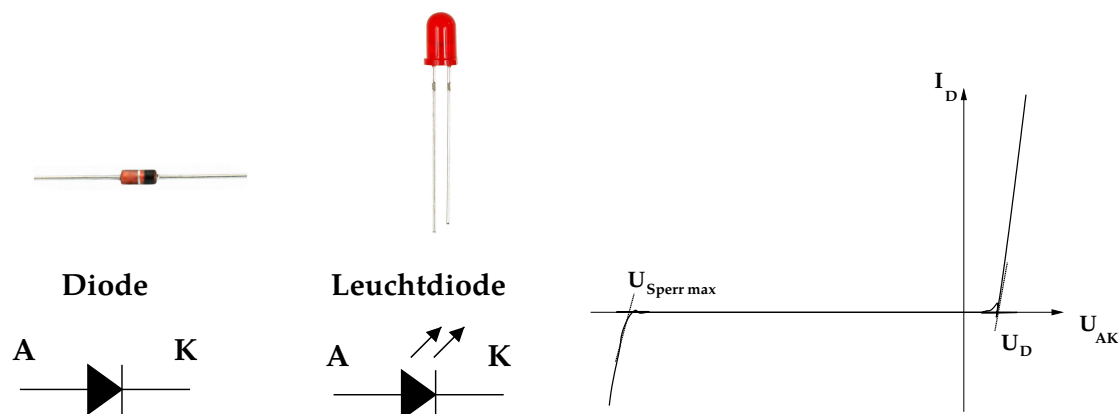
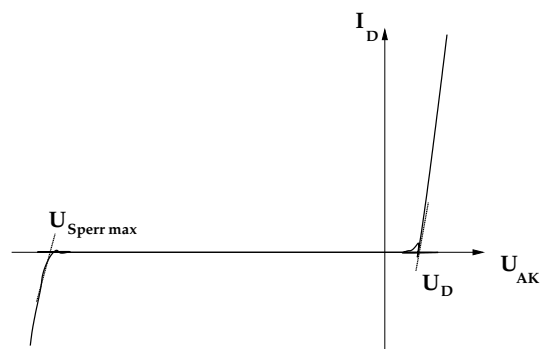


Abbildung 1.4: Bauausführung und Schaltsymbole von Diode und Leuchtdiode.

Abbildung 1.5: Diodenkennlinie $I_d(U_{AK})$

1.4 Transistoren

Ein Transistor ist ein Halbleiter-Bauelement, das als elektrischer Schalter oder zur Verstärkung von Signalen verwendet wird. Transistoren finden sich in jeder modernen Schaltung, vor allem in integrierten Schaltkreisen (ICs), und stellen heute die unverzichtbare Grundlage jeder digitalen Informationsverarbeitung dar.

Bipolartransistoren. Ein Bipolartransistor besitzt zwei pn-Übergänge und verhält sich daher ähnlich wie es zwei gegeneinander geschaltete Dioden tun würden (Abbildung 1.6). Beim npn-Typ findet sich eine gemeinsame p-Schicht (Anode), beim pnp-Typ eine gemeinsame n-Schicht (Kathode). Die mit dieser Schicht verbundene Elektrode heißt Basis B , die beiden anderen Kollektor C und Emmitter E . Die Funktionsweise kann ähnlich wie die zweier gegeneinander geschalteter Dioden verstanden werden (Abbildung 1.6)

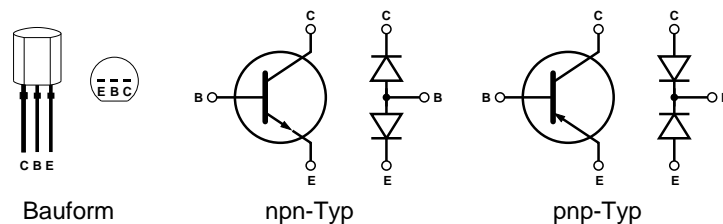


Abbildung 1.6: Bauform, Schaltzeichen und Ersatzschaltbild von Bipolar-Transistoren

Beim bipolaren Transistor betreibt man die Basis-Emitter-Strecke in Durchlassrichtung und die Kollektor-Basis-Strecke in Sperrrichtung. Bei pnp-Transistoren kehren alle Spannungen und Ströme gegenüber den npn-Transistoren ihr Vorzeichen um. Hauptmerkmal eines Transistors ist, dass ein Kollektorstrom I_C fließt, der ein bestimmtes Vielfaches des Basisstroms I_B beträgt. Das Verhältnis $B = \frac{I_C}{I_B}$ nennt man Stromverstärkung.

Analog zur Charakterisierung von Dioden, wird das Verhalten eines Transistors mittels mehrerer Kennlinien beschrieben (Abbildung 1.7). Die erste Kennlinie erhält man, indem man eine feste Spannung U_{CE} zwischen Kollektor und Emmitter anlegt und den Kollektorstrom I_C in Abhängigkeit einer zwischen Basis und Emmitter angelegten Eingangsspannung U_{BE} misst. Das Kennlinienfeld auf der rechten Seite ergibt sich für festgelegte Eingangsspannungen U_{BE} , indem man den daraus resultierenden Kollektorstrom I_C als Funktion der Ausgangsspannung U_{CE} zwischen Kollektor und Emmitter aufträgt. Dabei kann man eine spezielle Eigenschaft von Transistoren deutlich erkennen: Der Kollektorstrom I_C ist ab einer bestimmten Ausgangsspannung U_{CE} , der Sättigungsspannung, kaum noch von dieser

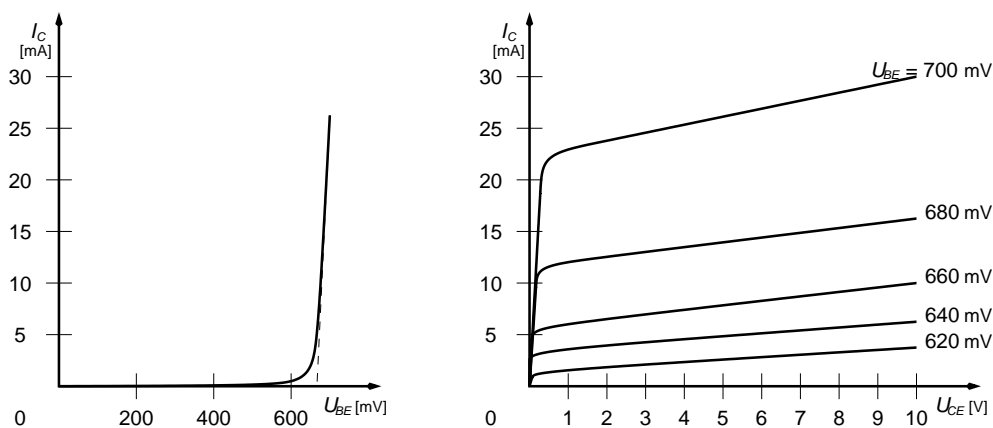


Abbildung 1.7: Kennlinien von Bipolar-Transistoren

abhängig, sondern hauptsächlich durch die Eingangsspannung U_{BE} bestimmt.

Feldeffekttransistoren. Wie Sie aus der Vorlesung „Grundlagen der Technischen Informatik 1“ wissen, weisen Feldeffekttransistoren (FETs) ein grundlegend anderes Konstruktionsprinzip und eine grundlegend andere Funktionsweise auf als Bipolartransistoren. Entsprechend haben auch ihre Anschlüsse andere Funktionen und elektrische Eigenschaften als die zuvor beschriebenen Anschlüsse von Bipolartransistoren. Die Anschlüsse eines FET heißen *Drain*, *Gate* und *Source* (Abbildung 1.8).

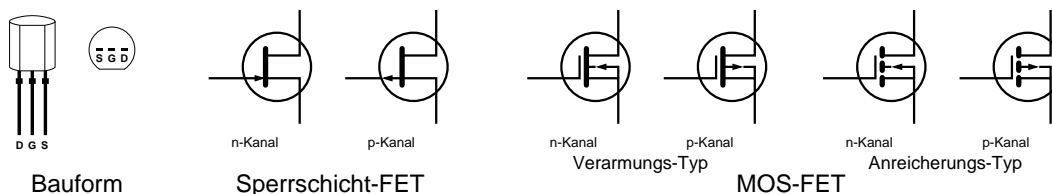


Abbildung 1.8: Bauform und Schaltzeichen von Feldeffekt-Transistoren

FETs werden im Gegensatz zu bipolaren Transistoren nicht durch einen Basisstrom, sondern durch ein von der Gate-Source-Spannung erzeugtes elektrisches Feld gesteuert. Am Gate fließt - bis auf Ladeströme und Entladeströme der Gatekapazität - kein Strom, der Innenwiderstand ist unendlich groß. Man unterscheidet FETs nach ihrem Aufbau und ihrer Polung. Genau wie bei bipolaren Transistoren gibt es zwei Polungen, die hier jedoch n-Kanal und p-Kanal heißen (Abbildung 1.8).

Weiter werden Sperrschicht- und MOS-FETs unterschieden. Bei den Sperrschicht-FETs oder J-FETs (von engl. junction) ist das Gate durch einen in Sperrichtung betriebenen pn-Übergang von dem Source-Drain-Kanal getrennt, bei den MOS-FETs (metal oxide semiconductor) bewirkt eine Siliziumoxidschicht eine vollständige Isolierung. J-FETs sind daher unempfindlich gegen statische Spannungen; MOS-FETs sind hingegen sehr empfindlich. Die J-FETs sind generell Verarmungstypen, d.h. sie sind selbstleitend. Von den MOS-FETs hingegen gibt es Anreicherungs- und Verarmungstypen, von denen also die ersten selbstsperrend, und die zweiten selbstleitend sind.

1.5 Simulationssoftware QUCS

QUCS¹ (Quite Universe Circuit Simulator, Aussprache: [kju:ks]) ist eine auf Spice basierende Simulationssoftware für analoge und digitale Schaltkreise. Es handelt sich um ein OpenSource-Projekt und steht für viele Betriebssysteme zur Verfügung. Für die Simulation gibt es eine Vielzahl von elektrotechnischen Komponenten, wie Gleichspannungs- und Gleichstromquellen, Dioden, Transistoren, Diacs, Relais, usw.

Über eine grafische Benutzeroberfläche (vgl. Abb. 1.9) lassen sich Schaltungen einfach zeichnen, Simulationen hinzufügen und die Ergebnisse über Tabellen und Diagramme visualisieren. Für dieses Praktikum sind folgende Simulationen interessant:

- **DC-Simulation:** Mit einer DC-Simulation lassen sich Werte, wie Ströme und Spannungsabfälle, anhand einer konstanten Konfiguration berechnen.
- **AC-Simulation:** Bei einer AC-Simulation wird die Frequenz von Spannungen variiert, um das Verhalten bei verschiedenen Wellenlängen betrachten zu können.
- **Transientsimulation:** Möchte man das Verhalten von Bauteilen und Schaltungen über die Zeit hinweg beobachten, so benötigt man eine Transientsimulation.

¹<http://qucs.sourceforge.net/>

- **Parameterdurchlauf:** Mit dem Parameterdurchlauf kann man eigentlich konstante Werte verändern lassen. Dies ist nützlich, wenn man zum Beispiel die selbe Schaltung mit verschiedenen Widerstandswerten simulieren möchte.
- **Digitalsimulation:** Eine Digitalsimulation kommt genau dann zum Einsatz, wenn man die Wahrheitswertetabelle einer Logikschaltung ausgegeben bekommen möchte, um so die Funktion der Schaltung zu überprüfen.

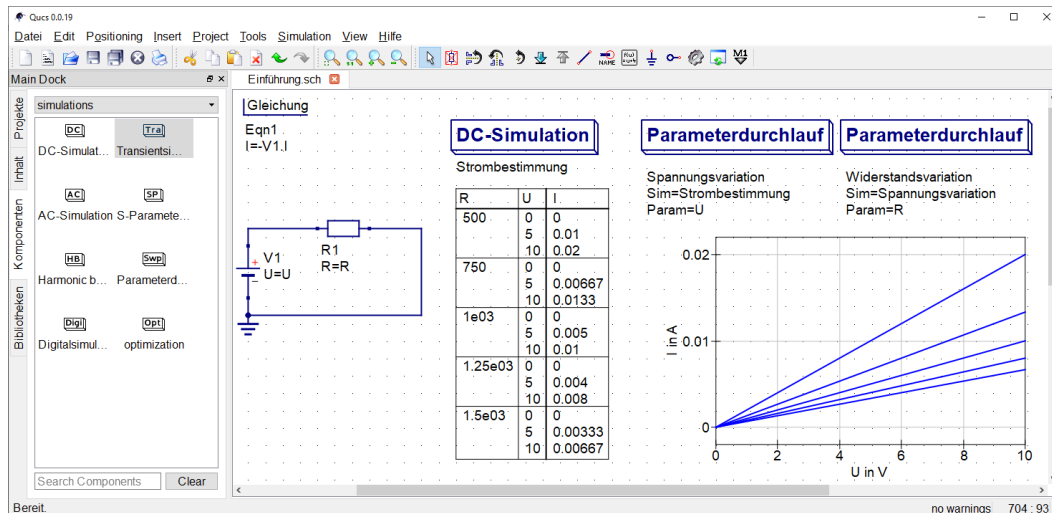


Abbildung 1.9: Simulation einer Kurvenschar für fünf verschiedene Widerstandswerte.

Über Bibliotheken stehen zusätzlich eine Vielzahl an realen Bauteilen, wie man sie im Elektronikfachhandel kaufen kann, zur Verfügung. So können Simulation anhand echter Bauteileigenschaften durchgeführt werden.

Die Abbildung 1.9 zeigt beispielhaft die Simulation einer Kennlinienschar für verschiedene Widerstandswerte. Hierfür wurde zuerst eine DC-Simulation angelegt, welche den Stromfluss I bestimmen wird. Die Parameterdurchlaufsimulation mit dem Namen Spannungsvariation lässt die Versorgungsspannung $V1$ die drei Werte 0 V , 5 V und 10 V annehmen. Mit den Ergebnissen dieser Simulation lässt sich die Widerstandskennlinie für $R1$ zeichnen. Mit der Widerstandsvariation wird der Wert des Widerstandes $R1$ verändert, wodurch die fünf Kennlinien entstehen. Insgesamt wird dadurch 15 mal die anfängliche DC-Simulation durchgeführt. Diese berechnet für jede Spannung-Widerstand-Kombination den Gesamtstrom I . (Bemerkung: Der eigentlich Strom (Bez.: $V1.I$) wird in technischer Stromrichtung bestimmt und ist deshalb negativ. Die Gleichung „Eqn1“ dreht das Vorzeichen um.)

1.6 Weiterführende Literatur

Bei diesem Kapitel handelt es sich um eine Zusammenfassung, die Sie in den Themenkomplex einführen soll. Zusätzlich werden folgende Materialien zum Selbststudium empfohlen:

- Wolfram Schifffmann, Robert Schmitz. Technische Informatik 1 - Grundlagen der digitalen Elektronik. Springer, Berlin, 5. Auflage, 2004. (Kapitel 1 und 2)
- Ulrich Tietze, Christoph Schenk, Eberhard Gamm. Halbleiter-Schaltungstechnik. Springer Vieweg, Berlin, 15. Auflage, 2016. (Kapitel 1, 2 und 3)
- Klaus Beuth, Olaf Beuth. Elektronik 2 - Bauelemente. Vogel, Würzburg, 20. Auflage, 2015. (Kapitel 2, 3, 5, 7 und 8)

1.7 Versuche

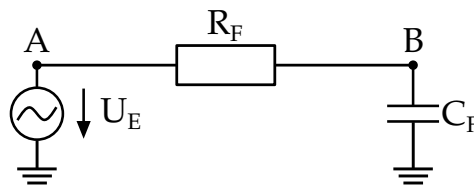
Hinweis: Die folgenden Aufgaben sollen mit der Anwendung QUCS umgesetzt werden.

1. Dioden-Schaltung

- Entwerfen Sie eine Schaltung, um eine Diode bei einer konstanten Spannung von 6 V zerstörungsfrei zu nutzen. Berechnen Sie den Vorwiderstand so, dass durch die Diode ein Strom von 10 mA bei einem Spannungsabfall von $0,7\text{ V}$ fließt.
- Widerstände werden grundsätzlich genormt nach sogenannter E-Reihen hergestellt. Ihnen stehen nur folgende Widerstände der E12-Reihe zur Verfügung: $100\ \Omega$, $120\ \Omega$, $150\ \Omega$, $180\ \Omega$, $220\ \Omega$, $330\ \Omega$, $390\ \Omega$, $470\ \Omega$, $680\ \Omega$, $820\ \Omega$, $1\text{ k}\Omega$, $1,5\text{ k}\Omega$. Finden Sie einen Weg den berechneten Vorwiderstand durch die verfügbaren Widerstände zu ersetzen und stellen Sie den zugehörigen Schaltplan auf.
- Setzen Sie die in Aufgabe 1.(b) entworfene Schaltung in QUCS um. Bestimmen Sie mithilfe einer Simulation die über den Vorwiderstand und der Diode abfallende Spannung, sowie den Gesamtstrom der Schaltung.

2. Passiver Filter

Gegeben sei die Schaltung für einen passiven Filter erster Ordnung. Die Spannung U_E ist ein sinusförmiges Signal mit einer Amplitude von 5 V . Der Widerstand ist mit $R_F = 1,5\text{ k}\Omega$ dimensioniert und der Kondensator hat eine Kapazität von $C_F = 100\text{ nF}$.



- Bestimmen Sie die Art des Filters und berechnen Sie die Grenzfrequenz f_G .
- Setzen Sie den Filter in QUCS um. Messen Sie gleichzeitig die Spannung U_A am Punkt A und die Spannung U_B am Punkt B bei einer Frequenz von $f = 5\text{ kHz}$. Stellen Sie das Ergebnis in einem Diagramm dar.
- Bestimmen Sie die Phasenverschiebung $\Delta\varphi$ für $f = 5\text{ kHz}$.
- Richten Sie eine AC-Simulation ein, welche die Frequenz über den Bereich von 100 Hz bis 10 kHz mit einer Anzahl von 1000 Schritten variieren lässt. Stellen Sie die Spannungen U_A und U_B in Abhängigkeit der Frequenz dar und zeichnen Sie f_G ein. Interpretieren Sie das Diagramm. Welche Bedeutung hat die Grenzfrequenz? Stimmen die Ergebnisse aus 2.(b) mit diesen Ergebnissen überein?

3. Diodenkennlinie

- Bereiten Sie eine Schaltung vor, mit der Sie die Kennlinie der Silizium-Universal-diode 1N4148 bestimmen können.
- Setzen Sie die Schaltung in QUCS um und nehmen Sie die Diodenkennlinie auf. Bestimmen Sie grafisch die Durchlassspannung U_D . Was sagt dieser Wert über die Funktionsweise der Diode aus?
Hinweise: Die Diode finden Sie unter Bibliotheken \rightarrow Dioden. Verwenden Sie eine Strom- anstatt einer Spannungsquelle.