



Elektronische Schaltungstechnik

Mit Beispielen in LTspice

2., aktualisierte Auflage

**Harald Hartl
Edwin Krasser
Peter Söser
Gunter Winkler**



Pearson

**EXTRAS
ONLINE**

Elektronische Schaltungstechnik

Elektronische Schaltungstechnik

Inhaltsverzeichnis

Elektronische Schaltungstechnik

Inhaltsverzeichnis

Gastvorwort

Vorwort

Einleitung

Kapitel 1 Grundlagen

 1.1 Einführung

 1.1.1 Elektrostatisches Feld

 1.1.2 Elektrisches Strömungsfeld

 1.1.3 Definition der Einheiten

 1.1.4 Rechnen mit Gleichgrößen

 1.1.5 Rechnen mit Wechselgrößen

 1.1.6 Betrachtung von Vierpolen

 1.2 Passive Netzwerke

 1.2.1 Tiefpass

 1.2.2 Hochpass

 1.2.3 Bandpass

 1.2.4 Bandsperre

 1.2.5 Schwingkreise

 1.2.6 Computerunterstützte Betrachtung passiver Netzwerke

 Zusammenfassung

Kapitel 2 Halbleiter

 2.1 Einführung

 2.2 Aufbau von Halbleitermaterialien



Inhaltsverzeichnis

2.2.1 Atommodell Bändermodell

2.2.2 Undotierte Halbleiter Eigenleitung

2.2.3 Dotierte Halbleiter Störstellenleitung

2.3 pn-Übergang

2.3.1 pn-Übergang ohne äußere Spannung

2.3.2 pn-Übergang mit äußerer Spannung

2.3.3 Durchbruchsmechanismen

Zusammenfassung

Kapitel 3 Halbleiterdioden

3.1 Siliziumdiode

3.2 Arten von Halbleiterdioden

3.2.1 Schaltdioden

3.2.2 Z-Dioden

3.2.3 Kapazitätsdioden

3.2.4 Leuchtdioden und Fotodioden

3.3 Schaltungsbeispiele mit Halbleiterdioden

3.3.1 Gleichrichterschaltungen

3.3.2 Kleinstnetzgeräte für 230V

3.3.3 Spannungsverdoppler

Zusammenfassung

Kapitel 4 Transistoren

4.1 Einführung

4.2 Bipolartransistor

4.2.1 Aufbau und Funktion

4.2.2 Betriebszustände des bipolaren Transistors

4.2.3 Modell und Kennlinien

4.2.4 Temperaturverhalten

4.3 Sperrschiicht-Feldeffekttransistor

4.3.1 Kennlinien

4.3.2 Temperaturverhalten



Inhaltsverzeichnis

- 4.4 MOS-Feldeffekttransistoren
- 4.5 Einstufige Transistorverstärker
 - 4.5.1 Einstellung und Stabilisierung des Arbeitspunktes
 - 4.5.2 Transistorgrundschaltungen im Vergleich
- 4.6 Stromquellen und Stromsenken
 - 4.6.1 Stromsenke mit Bipolartransistor
 - 4.6.2 Stromsenke mit MOSFET
- 4.7 Stromspiegel
 - 4.7.1 Einfacher Stromspiegel
 - 4.7.2 Stromspiegel mit Kaskode
 - 4.7.3 Wilson-Stromspiegel
- 4.8 Differenzverstärker
 - 4.8.1 Gleichtaktaussteuerung
 - 4.8.2 Gegentaktaussteuerung
 - 4.8.3 Gleichtaktunterdrückung
 - 4.8.4 Weitere Kennwerte

Zusammenfassung

Kapitel 5 Operationsverstärker

- 5.1 Idealer Operationsverstärker
 - 5.1.1 Prinzip der Gegenkopplung
- 5.2 Realer Operationsverstärker
 - 5.2.1 Aufbau
 - 5.2.2 Frequenzgang
 - 5.2.3 Frequenzgangkorrektur
 - 5.2.4 Spezifikationen
- 5.3 Grundschaltungen mit Operationsverstärkern
 - 5.3.1 Nicht invertierender Verstärker
 - 5.3.2 Invertierender Verstärker
 - 5.3.3 Subtrahierverstärker
 - 5.3.4 Instrumentierungsverstärker



Inhaltsverzeichnis

5.3.5 Stabilität von Operationsverstärkerschaltungen

5.3.6 Differenzierer

5.3.7 Integrator

5.3.8 Differenzintegrator

5.3.9 Stromsenke

5.4 Komparatoren

Zusammenfassung

Kapitel 6 Spannungsversorgung

6.1 Einführung

6.2 Referenzspannungsquellen

6.2.1 Spannungsstabilisierung mit Dioden

6.2.2 Bandgap-Referenz

6.2.3 Buried-Zener-Referenz

6.3 Lineare Spannungsregler

6.3.1 Festspannungsregler

6.3.2 Festspannungsregler mit geringer Drop Out Voltage

6.3.3 Spannungsregler mit einstellbarer Ausgangsspannung

6.4 Schaltregler

6.4.1 Abwärtswandler

6.4.2 Aufwärtswandler

6.4.3 Invertierender Wandler

Zusammenfassung

Kapitel 7 Allgemeine Digitaltechnik

7.1 Einführung

7.2 Kontinuierliche und diskrete Signale

7.3 Elektrische Darstellung von zweiseitigen Variablen

7.3.1 Signalpegel, Schwellspannung und Störabstände

7.3.2 Störbeeinflussung der Signalpegel

7.3.3 Schalter



Inhaltsverzeichnis

7.3.4 Dynamisches Verhalten von zweiwertigen Signalen

Zusammenfassung

Kapitel 8 Kombinatorische Logik

8.1 Einführung

8.2 Logische Grundfunktionen

8.3 Abgeleitete Funktionen

8.4 Schaltalgebra und Rechenregeln

8.5 NAND-NOR-Technik

8.5.1 Logische Grundfunktionen mit NAND bzw. NOR

8.5.2 Umwandlung einer logischen Funktion in NAND-bzw.
NOR-Verknüpfungen

Zusammenfassung

Kapitel 9 Logische Funktionen mit MOS-Transistoren:

CMOS

9.1 Einführung

9.2 CMOS

9.2.1 Inverter

9.2.2 Logische Funktionen

9.2.3 Leistungsaufnahme

9.3 Physikalischer Aufbau von CMOS-Schaltungen

9.3.1 Latch-Up

9.3.2 Schutzstruktur

9.4 Transmissionsgatter

9.4.1 Logikschaltungen mit Transmissionsgattern

Zusammenfassung

Kapitel 10 Logische Funktionen mit bipolaren Elementen

10.1 Logik mit Dioden und Bipolartransistoren

10.2 Transistor Transistor Logic (TTL)

10.3 Andere Logikfamilien mit bipolaren Elementen



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung

Kapitel 11 Kippstufen

11.1 Bistabile Kippstufen

11.1.1 Flip-Flops

11.1.2 Schmitt-Trigger

11.2 Monostabile Kippstufen

11.2.1 Monoflops mit sehr kurzer Eigenzeit

11.2.2 Monoflops mit langer Eigenzeit

11.3 Astabile Kippstufen

11.3.1 Ringoszillator

11.3.2 Relaxationsoszillator

Zusammenfassung

Kapitel 12 Oszillatorschaltungen

12.1 Einführung

12.1.1 Amplituden- und Phasenbedingung

12.2 RC-Oszillatoren

12.2.1 Wien-Robinson-Oszillator

12.3 LC-Oszillatoren

12.3.1 CMOS-Inverter als Oszillatator

12.3.2 Emittergekoppelter Oszillator

12.4 Quarzoszillatoren

12.4.1 Schwingquarz

12.4.2 Pierce-Oszillator

12.5 Phase Locked Loop (PLL)

Zusammenfassung

Kapitel 13 Digitale Schnittstellen

13.1 Einführung

13.2 Kommunikation zwischen Geräten

13.2.1 RS-232 oder EIA/TIA-232



Inhaltsverzeichnis

13.2.2 Standards bei Schnittstellen (Hardware)

13.2.3 CAN

13.2.4 Ethernet

13.2.5 USB

13.3 Kommunikation zwischen Modulen

13.3.1 Synchrone serielle Schnittstelle

13.3.2 Inter Integrated Circuit Bus (I2C-Bus)

13.3.3 UART und CAN-Bus

13.4 Potentialtrennung

13.4.1 Optokoppler

13.4.2 Magnetkoppler

Zusammenfassung

Kapitel 14 Analog/Digital- und Digital/Analog-Umsetzung

14.1 Einführung

14.2 Kennlinien

14.2.1 Der ideale ADC

14.2.2 Der ideale DAC

14.3 Statische Fehler

14.3.1 Offset-Fehler

14.3.2 Verstärkungsfehler

14.3.3 Differentielle Nichtlinearität

14.3.4 Integrale Nichtlinearität

14.4 Eigenschaften und Fehler bei dynamischen Signalen

14.4.1 Aperturefehler

14.4.2 Aliasing

14.4.3 Spurious Free Dynamic Range

14.5 Lineares Modell der Quantisierung

14.5.1 Signal-Rausch-Verhältnis

Zusammenfassung

Kapitel 15 Digital/Analog-Umsetzer



Inhaltsverzeichnis

- 15.1 Einführung
 - 15.2 Addition gleicher Größen
 - 15.2.1 Addition gleicher Ströme
 - 15.2.2 Addition gleicher Spannungen
 - 15.2.3 Digitales Potenziometer
 - 15.3 Addition dual gewichteter Größen
 - 15.3.1 Spannungssummierung
 - 15.3.2 Stromsummierung
 - 15.4 R-2R-Leiternetzwerk
 - 15.4.1 R-2R-Leiternetzwerk als Stromteiler
 - 15.4.2 R-2R-Leiternetzwerk als Spannungsteiler
 - 15.5 Tastverhältnisumsetzung
 - 15.5.1 Digitale Pulsweitenmodulation
 - 15.5.2 Tiefpassfilter
 - 15.6 Multiplizierender DAC
 - 15.7 Auswahl von DACs
- Zusammenfassung

Kapitel 16 Analog/Digital-Umsetzer

- 16.1 Einführung
- 16.2 Parallelverfahren und Kaskadenumsetzer
 - 16.2.1 Parallelumsetzer
 - 16.2.2 Kaskadenumsetzer
 - 16.2.3 Kaskadenumsetzer mit Fehlerkorrektur
 - 16.2.4 Pipelined ADC
- 16.3 Wägeverfahren
 - 16.3.1 Prinzip des Wägeverfahrens
 - 16.3.2 Wägeverfahren mit SC-Prinzip
- 16.4 Integrierende Verfahren und Zählverfahren
 - 16.4.1 Eigenschaften der Mittelwertbildung bei integrierenden Verfahren



Inhaltsverzeichnis

- 16.4.2 Zweirampenverfahren
- 16.4.3 Spannungs/Frequenz-Umsetzer
- 16.4.4 Ladungsausgleichsintegrator
- 16.4.5 Sigma-Delta-ADCs

16.5 Auswahl von ADCs

Zusammenfassung

Kapitel 17 Beschaltung von A/D- und D/A-Umsetzern

17.1 Analoge Pegelumsetzung

- 17.1.1 Ausgänge von DACs
- 17.1.2 Eingänge von ADCs

17.2 Tiefpassfilter

- 17.2.1 Übertragungsfunktion eines Tiefpassfilters
- 17.2.2 Passive RC-Filter
- 17.2.3 Filter mit Einfachmitkopplung (Sallen-Key)
- 17.2.4 Filter mit Mehrfachgegenkopplung
- 17.2.5 Filtercharakteristika
- 17.2.6 Filterkoeffizienten

17.3 Sample&Hold-Eingänge

17.4 Differentielle ADC-Eingänge

- 17.4.1 Erweiterung zu einem Tiefpassfilter

Zusammenfassung

Kapitel 18 Toleranzen realer Bauteile

18.1 Allgemeines Rechnen mit relativen Toleranzen

- 18.1.1 Addition
- 18.1.2 Subtraktion
- 18.1.3 Multiplikation
- 18.1.4 Division

18.2 Einfache Schaltungen

- 18.2.1 Serienschaltung von Widerständen



Inhaltsverzeichnis

18.2.2 Parallelschaltung von Widerständen

18.2.3 Zeitkonstanten: Widerstand und Kondensator

18.3 Komplexere Schaltungen

18.3.1 Spannungsteiler

18.3.2 Einstellbare Spannungsquellen

18.3.3 Operationsverstärker: Invertierender und nicht invertierender Verstärker

18.3.4 Operationsverstärker: Rechenschaltungen

18.3.5 Operationsverstärker: Aktive Filter

Zusammenfassung

Kapitel 19 Anwendungsspezifische mikroelektronische Schaltungen

19.1 Einführung

19.2 Grundlagen der Mikroelektronik

19.2.1 Herstellungstechnologien

19.2.2 Integrierte passive Bauelemente

19.2.3 Integrierte aktive Bauelemente

19.2.4 Matching von Bauelementen

19.2.5 MEMS (Micro Electro Mechanical Systems)

19.2.6 Chipfertigung und Chipgehäuse

19.3 ASIC-Topologien

19.4 Entwurfsablauf

19.5 Entwurfsschritte

19.6 Entwurfswerkzeuge

19.6.1 Schaltplaneingabe

19.6.2 Hardware-Beschreibungssprachen

19.6.3 Simulation

19.6.4 Schaltungssynthese

19.6.5 Layout-Erstellung

19.6.6 Backannotation, Fertigungsüberleitung



Inhaltsverzeichnis

19.6.7 Test und Design for Test

19.7 Thermometerdesign unter Verwendung von ASICs
Zusammenfassung

Kapitel 20 Elektromagnetische Verträglichkeit elektronischer Systeme

20.1 Einführung

20.1.1 Begriffsdefinitionen

20.1.2 Störquellen

20.1.3 Betrachtung der Störgrößen im Frequenz- und Zeitbereich

20.1.4 Störkopplung

20.2 Prüf- und Messtechnik

20.2.1 Prüfung der Störfestigkeit

20.2.2 Messung der Störaussendung

20.3 EMV-gerechtes Gerätedesign

20.3.1 Filtermaßnahmen

20.3.2 Schaltungstechnische Maßnahmen

20.3.3 Layout-Maßnahmen

20.4 CE-Kennzeichnung und relevante Normen

20.4.1 Grundlagen der CE-Kennzeichnung

Zusammenfassung

Kapitel 21 Thermometer

21.1 Sensor

21.1.1 Sensorsauswahl

21.1.2 Signalgröße und benötigte Auflösung

21.2 Sensorinterface

21.2.1 Zweileiteranschluss

21.2.2 Vierleiter-Anschluss

21.2.3 Dreileiter-Anschluss

21.2.4 Realisierung des Sensorinterfaces



Inhaltsverzeichnis

21.3 Analog/Digital-Umsetzung

 21.3.1 Realisierung des A/D-Umsetzers

 21.3.2 Überlegungen zur Dimensionierung

 21.3.3 Berechnung der Temperatur

Zusammenfassung

Literatur

Index

Copyright

Copyright

Daten, Texte, Design und Grafiken dieses eBooks, sowie die eventuell angebotenen eBook-Zusatzdaten sind urheberrechtlich geschützt. Dieses eBook stellen wir lediglich als **persönliche Einzelplatz-Lizenz** zur Verfügung!

Jede andere Verwendung dieses eBooks oder zugehöriger Materialien und Informationen, einschließlich

- der Reproduktion,
- der Weitergabe,
- des Weitervertriebs,
- der Platzierung im Internet, in Intranets, in Extranets,
- der Veränderung,
- des Weiterverkaufs und
- der Veröffentlichung

bedarf der **schriftlichen Genehmigung** des Verlags. Insbesondere ist die Entfernung oder Änderung des vom Verlag vergebenen Passwort- und DRM-Schutzes ausdrücklich untersagt!

Bei Fragen zu diesem Thema wenden Sie sich bitte an: **info@pearson.de**

Zusatzdaten

Möglicherweise liegt dem gedruckten Buch eine CD-ROM mit Zusatzdaten oder ein Zugangscode zu einer eLearning Plattform bei. Die Zurverfügungstellung dieser Daten auf unseren Websites ist eine freiwillige Leistung des Verlags. **Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.** Zugangscodes können Sie darüberhinaus auf unserer Website käuflich erwerben.

Hinweis

Dieses und viele weitere eBooks können Sie rund um die Uhr und legal auf unserer Website herunterladen:

<https://www.pearson-studium.de>



Pearson