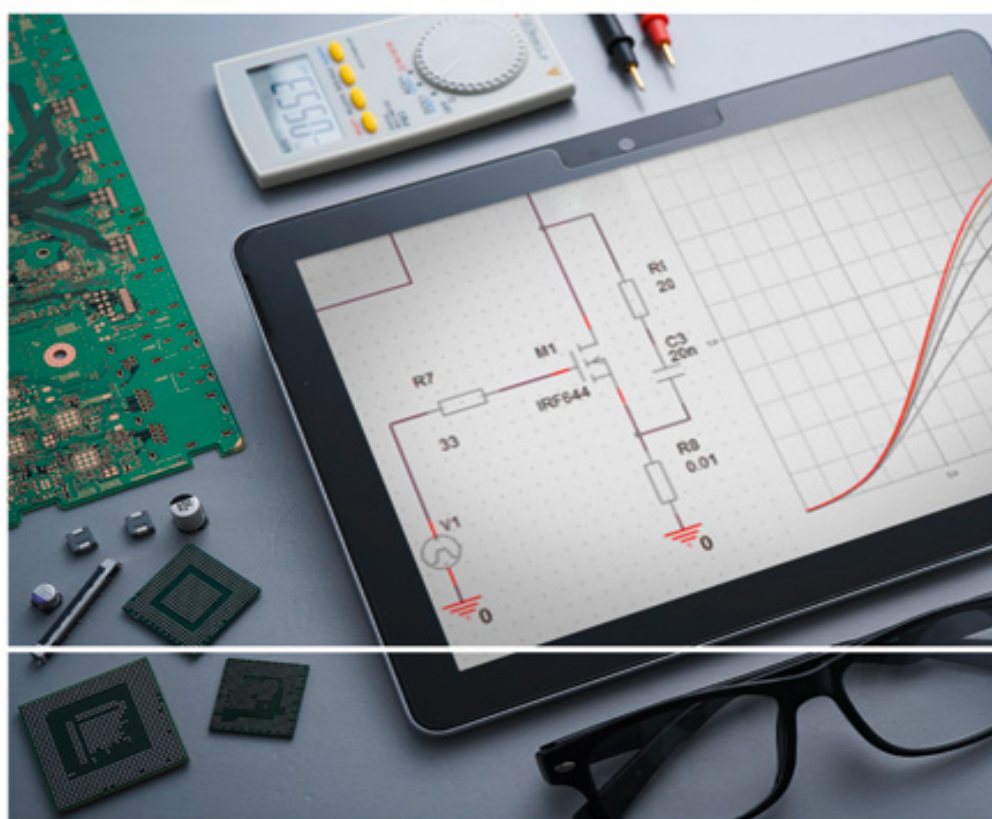


Thomas Zeh



PSPICE

Einführung in die
Elektroniksimulation



8., vollständig überarbeitete Auflage

HANSER

HANSER

Thomas Zeh

PSpice

Einführung in die Elektroniksimulation

8., vollständig überarbeitete Auflage

Ihr Plus – digitale Zusatzinhalte!

Auf unserem Download-Portal
finden Sie zu diesem Titel
kostenloses Zusatzmaterial.

Geben Sie auf [plus.hanser-
fachbuch.de](https://plus.hanser-fachbuch.de) einfach diesen
Code ein:

plus-yyoqf-htcce

Der Autor:

Prof. Dr.-Ing. Thomas Zeh, Hochschule für angewandte Wissenschaften Kempten

Alle in diesem Buch enthaltenen Informationen wurden nach bestem Wissen zusammengestellt und mit Sorgfalt geprüft und getestet. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die im vorliegenden Buch enthaltenen Informationen mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor(en, Herausgeber) und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Weise aus der Benutzung dieser Informationen – oder Teilen davon – entsteht.

Ebenso wenig übernehmen Autor(en, Herausgeber) und Verlag die Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, sind vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) – auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 2022 Carl Hanser Verlag München

Internet: www.hanser-fachbuch.de

Lektorat: Frank Katzenmayer

Herstellung: Frauke Schafft

Covergestaltung: Max Kostopoulos

Coverkonzept: Marc Müller-Bremer, www.rebranding.de, München

Titelbild: Max Kostopoulos, unter Verwendung von Grafiken von ©
[shutterstock.com/Syafiq](https://www.shutterstock.com/Syafiq) Adnan

Print-ISBN 978-3-446-46779-8

E-Book-ISBN 978-3-446-47148-1

E-Pub-ISBN 978-3-446-47575-5

Inhalt

Titelei

Impressum

Inhalt

Vorwort

0 SPICE und PSpice, Informationen auf plus.hanser-fachbuch.de, Software- Installation

0.1 Die Entwicklung von PSpice und andere SPICE- Derivate

0.2 OrCAD PSpice Designer, OrCAD für Studierende, PSpice for TI

0.3 Zusatzinformationen auf plus.hanser-fachbuch.de

0.4 Softwareinstallation OrCAD PSpice Designer Lite
17.2 und Zusatzbibliotheken

0.5 Zahlenformate, Einheiten und Typografie

1 Zeichnen von Schaltplänen

1.1 Capture starten

1.2 Ein neues Projekt anlegen

1.3 Werkzeugleisten: Capture-, Draw- und PSpice-
Toolbars

1.4 Bauteile finden und positionieren

1.5 Schaltpläne zeichnen

1.6 Bauteilattribute (Properties) editieren

1.7 Gleichstrom-Arbeitspunktanalyse der
Reihenschaltung

1.8 Einheiten und Zahlenvorsätze in PSpice

1.9 Übungen

2 Der PSpice-Workflow, Einstieg in die Simulation, Bias Point Analysis

2.1 Basis- und Fortgeschrittene Analysen

2.2 Der PSpice-Workflow

2.3 Die Ausgabedatei *.out von PSpice (Output-File) und die Alias-Datei *.als

2.4 Gleichspannungen und -ströme im Arbeitspunkt: Bias Point Analysis

2.5 Nicht (sofort) simulierbare Schaltungen

2.5.1 Simulationsmethode

2.5.2 Einschränkungen der Lite-Version

2.6 Übungen

3 PSpice als Software-Oszilloskop: Time Domain (Transient) Analysis

3.1 Schaltplan und Parametrisierung der Transienten-Analyse

3.2 Probe-Diagramme darstellen

3.3 Eine zweite y-Achse einfügen

3.4 Nutzung von Probe-Funktionen und -Operatoren

3.5 Probe Dokumentation: Transient Simulation Report

3.6 Anzeigen von Effektivwert, arithmetischem Mittelwert, Gleichrichtwert und Leistungswerten

3.7 Schaltvorgänge

3.8 Übungen

4 Die Wechselstrom-Analyse: AC Sweep/Noise Analysis

4.1 AC-Analyse bei einer einzigen Frequenz

4.2 Frequenzgang-Analyse AC Sweep

4.2.1 AC Sweeps mit linearen und logarithmischen Achsenskalierungen

4.2.2 Lineare und logarithmische Verteilung der Datenpunkte

4.2.3 Ergebnisse früherer Simulationen wieder zurückholen

4.2.4 Diagramme verschiedener Simulationen gemeinsam darstellen

4.3 Übungen

5 Gleichstromanalyse: DC Sweep Analysis

5.1 Primary Sweep: Sweep mit einer Variablen

5.1.1 DC Sweep Voltage Source: Gleichspannungsquelle als Sweep-Variable

5.1.2 DC Sweep Current Source: Gleichstromquelle als Sweep-Variable

5.1.3 DC Sweep Temperature: Bauteiltemperatur als Sweep-Variable

5.1.4 DC Sweep Model Parameter: Modellparameter als Sweep-Variable

5.1.5 DC Sweep Global Parameter: Global-Parameter als Sweep-Variable

5.2 Secondary Sweep: Sweep mit zwei geschachtelten Variablen

5.2.1 Geschachtelter DC Sweep von zwei Global-Parametern

5.2.2 Geschachtelter DC Sweep von Temperatur und Modellparameter

5.3 Übungen

6 Parametrische Analysen: Parametric Sweep

6.1 Parametric Sweep im Rahmen eines DC Sweep

6.1.1 Brückenspannung U_{AB} einer Temperaturmessbrücke: die Kurvenschar $U_{AB} = f(\vartheta)$ mit Temperaturkoeffizient $TC1$ als Parameter

6.1.2 Die Ausgangskennlinien eines MOSFET-Transistors: die Kurvenschar des Drainstroms $I_D = f(V_{DS}, V_{GS})$ mit V_{GS} als Parametric Sweep

6.2 Parametric Sweep im Rahmen eines AC Sweep

6.3 Der Parametric Sweep in der Transienten-Analyse, Faktoren als sweepbare Global-Parameter

6.4 Übungen

7 Simulation in der Digitaltechnik

7.1 Beschreibungsmodell eines digitalen Bauteils

7.2 PSpice als statischer Logik-Analysator

7.3 Dynamische Digitalsimulation: Zeitablaufdiagramme

7.3.1 Knotenbezeichnungen in der Digitalsimulation

7.3.2 Darstellung unbestimmter Schaltzeitpunkte im Probe-Fenster

7.3.3 Digital-Spannungsquellen

7.4 Zoom und Cursor in der Digitalsimulation

7.5 Digitale Stimulierung über einen Daten-Bus

7.6 Zähler-Anwendungen, Tipps und Tricks

7.6.1 Asynchrone Zähler

7.6.2 Asynchroner BCD-Zähler

7.6.3 Asynchroner BCD-Zähler mit dezimaler Ausgabe

7.6.4 Hexadezimale Darstellung von Bitkombinationen

7.6.5 Programmierung von Stimulusfolgen

7.7 Parametrierung von Digital-Bauteilen

7.7.1 Initialisieren von Flip-Flops

7.7.2 Laufzeiten und deren Toleranzen

7.7.3 Wahl des I/O-Levels

7.8 Die Worst-Case-Analyse in der Digitaltechnik

7.8.1 Überlappen von Ambiguity: Ambiguity Convergence Hazard

7.8.2 Überlappen von Ambiguity: Cumulative-Ambiguity-Hazard

7.8.3 Nichteinhalten von Grenzwerten: Timing-Violations

7.9 Übungen

8 Anpassungen, Operatoren und Funktionen von Probe

8.1 Anpassung des Probe-Fensters

8.1.1 Farbe und Linienbreite der Probe-Diagramme ändern

8.1.2 Das Menü VIEW

8.1.3 Alternative Ansichten des Bildschirminhalts: Alternate Display

8.1.4 Multi-Windows-Fähigkeit von PSpice und CAPTURE

8.2 Skalieren der X-Y-Achsen

8.3 Operatoren und Funktionen in Probe anwenden

8.4 Diagramme entflechten mit Add Plot

8.5 Die Werkzeugleisten von Probe

8.6 Ausschnittvergrößerungen

8.7 Der Probe-Cursor

8.8 Messfunktionen: Evaluate Measurement

8.9 Übungen

9 Erweiterte Analysen: Fourier, Rauschgrößen, Performance, Arbeitspunkt, Monte-Carlo und Worst-Case

9.1 Die Fourier-Analyse

9.1.1 Das Frequenzspektrum einer Rechteckspannung

9.1.2 Frequenzspektrum der Ausgangsspannung eines Verstärkers

9.2 Rauschanalyse

9.2.1 Ursache und Beschreibung von Rauschsignalen

9.2.2 Rauschanalyse einer Emitterschaltung

9.3 Performance-Analyse

9.4 Hilfsmittel zur Festlegung und Analyse des Arbeitspunktes

9.4.1 Die Bias-Point-Detail-Analyse

9.4.2 Die Transfer-Analyse

9.4.3 Die DC-Sensitivity-Analyse

9.5 Die Monte-Carlo-Analyse

9.6 Die Worst-Case-Analyse

9.6.1 Überblick über den Aufbau der Worst-Case-Analyse

9.6.2 Ermittlung des Worst Case eines aktiven Filters

9.7 Übungen

10 Analoge Verhaltensbeschreibung: Analog Behavioral Modeling ABM

10.1 Anwendungen

10.2 ABM-Funktionen und Bauteile

10.3 Mit mathematischen Funktionen arbeiten: Attribut EXPR

10.4 Arbeiten mit Tabellen: Attribut TABLE

10.5 Es wird komplex: Laplace-Gleichungen mit LAPLACE, ELAPLACE und GLAPLACE

11 Anwendungen in der analogen und digitalen Schaltungstechnik, Leistungselektronik und Regelungstechnik

11.1 Analoge Schaltungstechnik

11.1.1 Einstufige Transistorverstärker

11.1.2 Hi-Fi-Verstärker mit MOSFET-Endstufe

11.1.3 Transistoren in Schaltanwendungen

11.1.4 Schaltungen mit Operationsverstärker

11.2 Leistungselektronik

11.2.1 Gesteuerte Thyristorbrücken

11.2.2 Blindleistungskompensation im Dreiphasennetz

11.3 Digitale und Mixed-Mode-Schaltungen

11.3.1 Analog-Digitalwandler und Digital-Analogwandler

11.3.2 Synchroner Modulo-x-Zähler

11.4 Regelungstechnik

11.4.1 Reglerparameter

11.4.2 P-Regelung

11.4.3 I-Regelung

11.4.4 PI-Regelung

11.4.5 PID-Regelung

12 Elektrische Stressanalyse: Smoke Analysis

12.1 Die Belastungsgrenzen eines Bauteils: Smoke Parameter

12.2 Sorgt für gezielte Unterlast: Derating

13 Modelle einbinden

13.1 Grundsätzliches über SPICE/PSpice-Modelle

13.2 Modell-Bibliotheken an- und abmelden

13.3 Symbol-Bibliotheken an- und abmelden

13.4 Modelle an Symbole anbinden

13.5 Neue PSpice-Modelle einbinden mit Symbolen aus *discretes2005.olb*

13.6 *discretes2005.olb*: Symbole für importierte Modelle

13.7 Neue PSpice-Modelle und -Symbole einbinden mithilfe des Model Editors

13.8 Erstellen von neuen Bauteilsymbolen mit der Funktion Generate Part

13.9 Übungen

Anhang

Handbücher

Die Farben des Probe-Bildschirms ändern

Übersicht Tastaturbefehle (Shortcuts)

Probe: mathematische Operatoren und Funktionen,
Messfunktionen

Bauteil-Liste der Bibliothek *eeval.olb* auf plus.hanser-fachbuch.de

Bauteil-Liste der Bibliothek *misc.olb* bzw. *sample.lib*
auf plus.hanser-fachbuch.de

Die Spannungsquellen für die Transienten-Analyse

Die Messgeräte in *misc.olb*

Die Schalter aus *misc.olb*

Die Drehstromquelle aus *misc.olb*

Die regelungstechnischen Bausteine aus *misc.olb*

Zusatzmodelle auf plus.hanser-fachbuch.de

Weiterführende Informationen und Literaturliste

Vorwort

Essentially, all models are wrong, but some are useful!

George Edward Pelham Box

In der Geschichte der Elektrotechnik gab es nur wenige Innovationen, von denen die Arbeit der elektronischen Schaltungsentwicklung so stark beeinflusst wurde, wie die Einführung von SPICE (*Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis*) bzw. PSpice (*Personal SPICE*). Seit der Einführung von PSpice genügt ein handelsüblicher PC, um das Betriebsverhalten komplexer elektronischer Schaltungen im Detail zu simulieren.

Der Grad der Übereinstimmung zwischen Simulation und realer Schaltung steht und fällt mit der Qualität der Simulationsmodelle und der Berücksichtigung von Randbedingungen wie beispielsweise Umgebungstemperatur oder Streuung von Bauteilwerten. Hier gibt es in den vergangenen Jahren zwei Trends zu beobachten: Zum einen wurde PSpice ständig weiterentwickelt und durch neue Analysen erweitert. Zum anderen erkannten Hersteller von elektronischen Bauteilen, dass die Verfügbarkeit von hochwertigen Simulationsmodellen die Entwicklungszeit von Baugruppen

deutlich verkürzen hilft. Probleme einer Schaltung können frühzeitig erkannt und bereits in der Entwicklung berücksichtigt werden. Damit wird die Verfügbarkeit von hochwertigen Simulationsmodellen zu einem Marktvorteil gegenüber anderen Herstellern. Ein Zeichen für diese Entwicklung ist die Kooperation des Bauteilherstellers Texas Instruments Inc. (TI) mit der Firma Cadence Design Systems Inc., aus der das Produkt *PSpice for TI* hervorgegangen ist, oder auch die Weiterentwicklung und Pflege des Simulators *LTspice* durch den Bauteilhersteller Analog Devices Inc.

Das oben angeführte Zitat „Essentially, all models are wrong, but some are useful“ bezog George Box, der britische Professor der Universität Wisconsin, zunächst auf statistische Modelle. Seine Aussage wurde im Nachgang auf andere wissenschaftlich-technische Modellierungen und Simulationen erweitert. Sinngemäß seien ihrem Wesen nach alle Modelle und Simulationen falsch, da sie die Wirklichkeit nur bis zu einem gewissen Grad abbilden. Aber dennoch sind Modellierung und Simulation hilfreich und notwendig, auch wenn sie keine perfekte Abbildung der Wirklichkeit liefern. Eine Simulation oder ihr Modell ist dann „valide“, wenn die Eignung für eine konkrete Zielsetzung erfüllt ist. Die Erfahrungen des Autors haben gezeigt: Wenn eine Schaltung in der Simulation zum gewünschten Ergebnis führt, dann kann die Schaltung auch in der Praxis funktionieren, muss sie aber nicht zwangsläufig. Denn die Realität ist bei der Erzeugung von Problemen und Hindernissen sehr erfindungsreich! Und das ist genau das interessante Spannungsfeld, in dem sich ein:e Elektroniker:in befindet. Bei der Inbetriebnahme von Schaltungen in der Praxis können sich beispielsweise Kopplungen von Störsignalen auf Leitungen, unvorhergesehene Spannungs- und Stromeinbrüche oder nicht

spezifiziertes Temperaturverhalten als Problem herausstellen. In der Praxis versucht man in diesen Fällen, das Simulationsmodell zu verfeinern. Im Umkehrschluss könnte formuliert werden: Zeigt eine Schaltung in der Simulation nicht das gewünschte Ergebnis, dann wird sie dies mit großer Sicherheit auch nicht in der Praxis tun.

Für professionelle Schaltungsentwickler:innen, in der Maker-Szene und für Hobbyisten sind Simulationsprogramme elektronischer Schaltungen zum unverzichtbaren Werkzeug geworden. Es gibt davon eine ganze Reihe, fast alle sind Weiterentwicklungen des legendären Programms SPICE, das an der Universität Berkeley entwickelt wurde. PSpice markiert unter diesen Programmen immer noch eindrucksvoll den Standard, auch wenn an leistungsfähigen Alternativen gearbeitet wird.

Das Buch erhebt den Anspruch, eine Einführung in PSpice zu geben, die dem oder der interessierten Elektroniker:in Freude bereitet. Der PSpice-Lehrgang dieses Buches besteht aus überschaubaren und in sich abgeschlossenen Abschnitten. Die Beispielschaltungen, mit denen Sie die PSpice-Simulation kennenlernen, sind in der Regel typische Schaltungen der elektrotechnischen Grundlagen. Auf diese Weise können Sie die Ergebnisse der Simulation jederzeit selbst auf Richtigkeit überprüfen und so das nötige Vertrauen in Ihre eigene Arbeit sowie in die Arbeit von PSpice gewinnen. Dieses Vertrauen benötigen Sie z. B. bei der Analyse größerer nichtlinearer elektronischer Schaltungen, bei denen die Simulationsergebnisse oftmals auch dem oder der routinierten Elektroniker:in nicht auf den ersten Blick einleuchten. Trotzdem sollten Sie Simulationsergebnisse stets kritisch hinterfragen. Liegt beispielsweise die Stromstärke durch ein Bauteil statt im erwarteten Milliampere-Bereich bei mehreren Kiloampere, dann

ist vermutlich etwas an der Simulation faul und nicht an Ihrer Vorstellung! Die Gründe können vielfältig sein: Wurde lediglich ein Widerstandswert von Megaohm fälschlicherweise mit „m“ statt „meg“ angegeben oder ist vielleicht das Simulationsmodell des Bauteils fehlerhaft?

In der Lite-Version von PSpice werden bereits ca. 300 Symbolbibliotheken mitgeliefert. Schaltzeichen und Symbole folgen dabei dem amerikanischen *IEEE Std 315* Standard. Speziell für das Buch wurden Schaltzeichen nach den internationalen, in Europa gebräuchlichen Normen *IEC 60617* bzw. *DIN EN 60617* entwickelt und werden auf plus.hanser-fachbuch.de zur Verfügung gestellt. Die Schaltpläne des Buches lassen sich auch mit amerikanischen Symbolen zeichnen, in einigen Beispielen wurden diese Symbole ausschließlich verwendet.

In diesem Buch wird folgender „Spagat“ versucht: Es soll gleichzeitig Einführungslehrgang für den Einsteiger, angemessene Hilfe für den Fortgeschrittenen und Nachschlagewerk für Einsteiger und Fortgeschrittene sein. Diesem Anspruch soll die folgende Gliederung des Buches dienen:

- Der erste Teil mit den [Kapiteln 1](#) bis [7](#) vermittelt Grundlagen und richtet sich an Einsteiger:innen. In diesem Teil soll durch viele Schritt-für-Schritt-Aktionen die Vorgehensweise transparent und einfach nachvollziehbar werden. Nach sorgfältigem Durcharbeiten beherrschen Sie die wichtigsten Analysearten und können PSpice sinnvoll nutzen.
- Der zweite Teil mit den [Kapiteln 8](#) bis [13](#) vermittelt Detailkenntnisse und richtet sich an fortgeschrittene Leser:innen bzw. an diejenigen, die den ersten Teil bearbeitet und daran anschließend bereits einige

Erfahrungen in der Anwendung von PSpice gewonnen haben. Folglich wird zur besseren Übersichtlichkeit in vielen Fällen auf die detaillierten Schritt-für-Schritt-Aktionen verzichtet und ein Schwerpunkt auf Anwendungen gelegt.

Mit den Kenntnissen, die Sie durch das Studium dieses Buches erwerben, sind Sie hoffentlich gut vorbereitet, um PSpice erfolgreich für Grundsaltungen der elektronischen Schaltungstechnik in Ausbildung, Studium und beruflicher Praxis einsetzen zu können.

Allen Kolleginnen und Kollegen, Studierenden und Leser:innen, deren Anregungen dabei eingeflossen sind, sei herzlich gedankt. Meinem geschätzten Kollegen Prof. Dr. Frank Fischer danke ich herzlich für die kritische Durchsicht des Manuskripts! An dieser Stelle möchte ich mich auch bei Frau Christina Kubiak und Herrn Frank Katzenmayer und ihrem Team vom Carl Hanser Verlag für die hervorragende Unterstützung und stets motivierende, vertrauensvolle Zusammenarbeit bei der Überarbeitung des Buches bedanken! Mein Dank geht an die Firma Cadence Design Systems Inc. und dem Distributor FlowCAD GmbH, die im Rahmen des OrCAD-Studierendenprogramms gebührenfrei eine professionelle Vollversion des OrCAD PCB Designers mit dem PSpice Simulator anbieten. Ebenso danke ich für die Genehmigung, den Leser:innen die PSpice-Lite-Version zur Verfügung stellen zu können.

Eine Herzensangelegenheit ist mein Dank an meine Familie und besonders an meine Frau Evelyn für ihre Geduld und Unterstützung!

München, im September 2022
Thomas Zeh

Überarbeitung der achten Auflage

Die Resonanz auf die bisherigen Auflagen hat das Konzept des Autors Robert Heinemann eindrucksvoll bestätigt. In meiner beruflichen Praxis in der Industrie und Hochschule habe ich sein Buch bei der Anwendung von PSpice außerordentlich schätzen gelernt. Seit dem Erscheinen der siebten Auflage sind nun über elf Jahre vergangen und sowohl PSpice als auch die Computertechnik haben sich signifikant weiterentwickelt. Die der siebten Auflage zugrunde liegende PSpice-Version 16.0 wird von den aktuellen Windows-Versionen nicht mehr unterstützt. Umso mehr habe ich mich gefreut, dass Herr Heinemann sofort bereit war, mein Anliegen zur Überarbeitung des Buches zu unterstützen. Für diese Bereitschaft und Unterstützung möchte ich mich herzlich bedanken.

Die Neuauflage des Buches basiert auf der Version OrCAD PSpice 17.2 Lite, welche unter plus.hanser-fachbuch.de heruntergeladen werden kann. Die Version 17.2 ist bisher die letzte Lite-Version von PSpice. Für die aktuelle Version 17.4 wurde das Lizenzmodell umgestellt: Für Studierende gibt es im Rahmen des OrCAD-Studentenprogramms gebührenfrei eine professionelle Vollversion. Den kommerziellen Kunden steht vor der Kaufentscheidung eine zeitlich limitierte „Free Trial“-Option zur Verfügung. In der Version 17.4. wurden neben einigen Verbesserungen die Menüstruktur und das Erscheinungsbild von OrCAD PSpice modernisiert. Nutzer:innen der Version 17.2 werden sich schnell in der neuen Version zurechtfinden und die Schaltungsbeispiele des Buches simulieren können. Für einige Leser:innen dürfte auch die Nutzung des Produkts *PSpice for TI* interessant sein, für welches bei Texas Instruments Inc. eine gebührenfreie Lizenz angefordert werden kann. Zur Nutzung und

zum Funktionsumfang von *PSpice for TI* finden Sie Details im Einführungskapitel.

Für die achte Auflage wurde das Buch grundlegend überarbeitet. Die bisherige Dreiteilung aus „Grundlagen“, „Hohe Schule“ und „Einblicke sowie Anwendungen“ wurde zugunsten einer Zweiteilung aus den Grundlagenkapiteln 1–7 und den Aufbaukapiteln 8–13 aufgehoben. Dabei wurden gleichartige Themen aus separaten Kapiteln zu einem Kapitel zusammengeführt wie beispielsweise

- *Digitaltechnik 1 und Digitaltechnik 2* zum neuen [Kapitel 7](#) *Simulation in der Digitaltechnik*,
- *Anwendungen 1, Anwendungen 2 und Regelungstechnik* zu einem umfangreichen [Kapitel 11](#) *Anwendungen in der analogen und digitalen Schaltungstechnik, Leistungselektronik und Regelungstechnik*. Hinzugekommen sind Schaltungen der Verstärkertechnik, Schaltanwendungen und lineare Spannungsregler.

Sämtliche Kapitel der vorherigen Auflage wurden auf PSpice 17.2 aktualisiert. Neu hinzugekommene Themen sind beispielsweise in

- [Abschnitt 2.2](#) *Der PSpice-Workflow*,
- [Abschnitt 2.5](#) *Schaltungen, die sich nicht (sofort) simulieren lassen*,
- [Abschnitt 7.1](#) *Beschreibungsmodell eines digitalen Bauteils*,
- [Kapitel 8](#) *Anpassungen, Operatoren und Funktionen von Probe*,
- [Kapitel 9](#) *Erweiterte Analysen: Fourier, Rauschgrößen, Performance, Arbeitspunkt, Monte-Carlo und Worst-Case*,

- [Kapitel 10](#) *Analoge Verhaltensbeschreibung: Analog Behavioral Modeling ABM*,
- [Kapitel 12](#) *Elektrische Stressanalyse: Smoke Analysis*

zu finden. Die für die Schaltungen benötigten Bauteile werden nun in übersichtlichen Listen mit Referenzen zu den Bibliotheken zusammengefasst.

In der Praxis hat die Bestimmung von Rauschgrößen in elektronischen Schaltungen eine wichtige Bedeutung. Dieses Thema ist zugegebenermaßen nicht ganz einfach zu erfassen, aber PSpice erleichtert die Arbeit. Im neuen Abschnitt *Ursache und Beschreibung von Rauschsignalen* in [Kapitel 9](#) werden Rauschgrößen und deren Verwendung in PSpice im Detail diskutiert. Der Vergleich von mathematischen Berechnungen mit den Simulationsergebnissen soll ein besseres Verständnis schaffen, die Rauschparameter in PSpice zu durchblicken und diese in der Praxis anzuwenden.

Mit der analogen Verhaltensbeschreibung (Analog Behavioral Modeling, kurz ABM) bietet PSpice eine mächtige Funktionserweiterung, mit der sich Bauteile, Ströme und Spannungen mittels mathematischer Funktionen oder gesteuerten Quellen beschreiben lassen. Das neue [Kapitel 10](#) *Analoge Verhaltensbeschreibung: Analog Behavioral Modeling ABM* soll beim Einsatz von ABM unterstützen.

Nachdem sich mit PSpice Spannungen, Ströme und Leistungen sehr genau simulieren lassen, liegt es nahe, die vom Bauteilhersteller vorgegebenen Belastungsgrenzen der Simulation hinzuzufügen und das Simulationsergebnis auf Einhaltung der Grenzen zu überprüfen. Genau dies erledigt die Smoke Analysis, die im neuen [Kapitel 12](#) *Elektrische*

Stressanalyse: Smoke Analysis erläutert wird. Mit der *Smoke Analysis* können gezielt Belastungsgrenzen reduziert werden. In der Industrie kennt man das Verfahren als *Derating* (Herabsetzung, Unterlastung). Es ist mittlerweile eine Standardprozedur bei der Entwicklung von Elektronik mit hohen Zuverlässigkeitsanforderungen.

Für Kommentare und Anregungen zum Buch bin ich stets dankbar, bitte nutzen Sie hierfür die E-Mail-Adresse zeh.spicelab@web.de. Auf plus.hanser-fachbuch.de finden Sie neben den Zusatzmaterialien auch ein Korrekturverzeichnis (Errata). Ich würde mich freuen, wenn auch die achte Auflage des Buches eine gute Unterstützung bei der Schaltungssimulation für Sie ist und Ihnen interessante Einblicke sowie Freude beim Lesen und bei der Bearbeitung ermöglicht!

München, im September 2022
Thomas Zeh

Robert Heinemann zur Neuauflage des Buches

Die 7. Auflage dieses Buches habe ich erstellt, als ich schon lange die Altersgrenze überschritten hatte. Die Arbeit an dem Buch machte mir zwar immer noch viel Freude, aber meine Kräfte hatten nachgelassen, so dass ich für mich beschloss, keine neue Auflage mehr zu erstellen. Als Prof. Zeh vorschlug, das Buch neu herauszugeben, habe ich begeistert zugestimmt. Ich wünsche Prof. Zeh und dem Buch viel Erfolg und noch viele Auflagen.

Braunschweig, im September 2022
Robert Heinemann