

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	<b>V</b>
<b>1. Bevor Sie beginnen</b>	<b>1</b>
1.1 Lernziele und Konzeption des Buches	1
1.2 Installation der PSPICE Demoversion 9.1	4
<b>Teil 1</b>	
<b>2 Schneller Einstieg in CAPTURE und PSPICE</b>	<b>7</b>
2.1 Mit CAPTURE die Schaltung eingeben	7
2.2 Die Analyseart festlegen	16
2.3 Die Schaltung simulieren und in PROBE darstellen	18
2.4 Mit mehreren Simulationsprofilen arbeiten	20
2.5 Die Ausgabedatei von PSPICE (Output-File)	22
2.6 Zusammenfassung der wichtigsten Befehle	25
<b>3 Die Quellen in PSPICE kurz und bündig</b>	<b>27</b>
3.1 Quellen für analoge Schaltungen	27
3.1.1 Gleichspannungsquellen	28
3.1.2 Einfache Wechselspannungsquelle VAC	29
3.1.3 Sinusquelle VSIN	30
3.1.4 Quellen mit frequenzmoduliertem Signalverlauf	31
3.1.5 Impulsförmige Quelle VPULSE	32
3.1.6 Quellen mit stückweise linearem Verlauf	33
3.1.7 Quellen mit exponentiellem Signalverlauf	35
3.2 Quellen für digitale Schaltungen	36
3.2.1 Digitale Signalquelle für 1 Bit	37
3.2.2 Digitale Signalquelle für 4 und mehr Bits	38
3.2.3 Digitale Taktquelle DigClock	39
3.2.4 Digitale Signalverläufe in einer Datei	39
3.3 Stimulus-Quellen	40
3.3.1 Analoge Stimulus-Quelle VSTIM	40
3.3.2 Digitale Stimulus-Quelle DigStim	41
<b>4 Kompaktkurs Analysearten</b>	<b>42</b>
4.1 Arbeitspunktanalysen (Bias Point)	43
4.1.1 Bias-Point-Detail-Analyse	44
4.1.2 Transfer-Function-Analyse (Kleinsignal-Übertragungsfunktion)	44
4.1.3 DC-Sensitivity-Analyse (Empfindlichkeitsanalyse)	45
4.2 DC-Sweep-Analyse	45
4.2.1 Parametric-Sweep (Parameter-Analyse)	48
4.3 Analyse im Zeitbereich, Transienten-Analyse	49

4.4	Analysen im Frequenzbereich	50
4.4.1	Fourier-Analyse (Spektralanalyse)	50
4.4.2	Wechselstromanalyse und Frequenzgang (AC-Sweep)	52
4.4.3	Rauschanalyse	54
4.5	Weitere Analysen	55
4.5.1	Statistische Analyse (Monte-Carlo-Analyse)	55
4.5.2	Worst-Case-Analyse	58
4.5.3	Temperaturanalyse	58

## Teil 2

### 5 Analoge Schaltungen mit PSPICE simulieren 60

5.1	Statisches und dynamisches Verhalten von Dioden	61
5.1.1	Durchlass-Kennlinie einer Diode	61
5.1.2	Emissionskoeffizient und Bahnwiderstand einer Diode	63
5.1.3	Temperatureinfluss auf die Kennlinie einer Diode	67
5.1.4	Simulation des Umschaltverhaltens einer Diode	70
5.1.5	Einweggleichrichterschaltung ohne Ladekondensator	72
5.1.6	Einweggleichrichterschaltung mit Ladekondensator	73
5.1.7	Zweiweggleichrichterschaltung ohne und mit Ladekondensator	76
5.2	Statisches und dynamisches Verhalten von Z-Dioden	78
5.2.1	Durchlass- und Sperrkennlinie einer Z-Diode	78
5.2.2	Spannungsstabilisierung mit Z-Diode	81
5.2.3	Spannungsstabilisierung mit Z-Diode bei veränderlicher Last	84
5.2.4	Spannungsbegrenzung	86
5.2.5	Begrenzerschaltung mit zwei Z-Dioden	87
5.2.6	Sollspannungsmesser	89
5.3	Statisches und dynamisches Verhalten von Transistoren	91
5.3.1	Kennlinien eines Transistors	91
5.3.2	Kleinsignalverstärker in Emitterschaltung	94
5.3.3	Klirrfaktor eines Kleinsignalverstärkers in Emitterschaltung	96
5.3.4	Amplituden- und Phasengang eines Kleinsignalverstärkers	98
5.3.5	Rauschanalyse an einem Kleinsignalverstärker	100
5.3.6	Konstantstromquelle	102
5.3.7	Kollektorschaltung	104
5.3.8	Impedanzwandler mit Kollektorschaltung	106
5.3.9	Indikator für Widerstandsänderung	108
5.3.10	Blinkgeber für 24 V Wechselspannung	110
5.3.11	Schaltung eines einfachen Operationsverstärkers	112
5.3.12	Komplementäre Ausgangsstufe	116
5.4	Statisches und dynamisches Verhalten von Feldeffekttransistoren	118
5.4.1	Kennlinien eines Feldeffekttransistors	118
5.4.2	Kleinsignalverstärker in Source-Schaltung	121
5.4.3	Amplituden- und Phasengang eines Kleinsignalverstärkers	123
5.4.4	FET in Drain-Schaltung	126
5.4.5	FET als steuerbarer Widerstand	128
5.4.6	Mehrstufiger Verstärker in Source-Schaltung	132

5.4.7	MOSFET als Schalter	134
5.4.8	Sample- and Hold-Schaltung	136
5.4.9	CMOS-Inverter	139
5.4.10	Konstantstromquelle mit JFET	141
5.5	Statisches und dynamisches Verhalten von Operationsverstärkern	143
5.5.1	Übertragungskennlinie, Offsetspannung und Eingangsströme	143
5.5.2	Frequenzgang eines Operationsverstärkers	146
5.5.3	Invertierender Verstärker	148
5.5.4	Nichtinvertierender Verstärker	150
5.5.5	Frequenzkennlinien des nichtinvertierenden Verstärkers	152
5.5.6	Subtrahierer	154
5.5.7	Addierer	157
5.5.8	Integrator	159
5.5.9	Differenzierer	163
5.5.10	Hochpass erster Ordnung	168
5.5.11	Tiefpass erster Ordnung	170
5.5.12	Bandpass	173
5.5.13	Fensterkomparator	176

## **6 Digitale Schaltungen mit PSPICE simulieren** **179**

6.1	Statisches und dynamisches Verhalten von Schaltnetzen	179
6.1.1	Simulation aller mit zwei Variablen möglichen Funktionen	179
6.1.2	Simulation eines einfachen Schaltnetzes	182
6.1.3	Distributives Gesetz	184
6.1.4	Das Gesetz von De Morgan	186
6.1.5	Ringoszillator	188
6.1.6	Hazards	190
6.1.7	1-Bit-Vergleicher	194
6.1.8	4-Bit-Vergleicher	199
6.1.9	4-Bit-Addierer	204
6.1.10	4-Bit-Multiplizierer	208
6.1.11	Digitaler Schmitt-Trigger	213
6.1.12	Pegelumsetzer analog zu digital	215
6.2	Statisches und dynamisches Verhalten von Kippschaltungen	220
6.2.1	RS-Flipflops	220
6.2.2	Zustandsgesteuertes RS-Flipflop	221
6.2.3	Taktflankengesteuertes RS-Flipflop	225
6.2.4	D-Flipflop	227
6.2.5	JK-Flipflop	229
6.2.6	Synchroner Schalter für Taktsignal	233
6.2.7	Synchrones Monoflop	234
6.2.8	Synchronisation von Impulsen	236
6.2.9	Synchroner Änderungsdetektor	240
6.2.10	Bewegungsrichtungs-Diskriminator	241
6.3	Statisches und dynamisches Verhalten von Zählern	244
6.3.1	Synchroner mod-5-Vorwärtszähler	244
6.3.2	Synchroner mod-5-Vorwärts-/Rückwärtszähler	247

6.3.3	Synchroner mod-8-Rückwärtszähler	249
6.3.4	Synchroner mod-12-Vorwärtszähler	251
6.3.5	Synchroner BCD-Vorwärtszähler im 8-4-2-1-Kode	253
6.3.6	Synchroner BCD-Rückwärtszähler im Aiken-Kode	255
6.3.7	Synchroner 4-Bit-Vorwahlzähler	256
6.3.8	Synchroner 8-Bit-Vorwärtszähler	258
6.3.9	Asynchroner mod-5-Vorwärtszähler im Dualkode	262
6.3.10	Asynchroner mod-8-Vorwärtszähler im Dualkode	265
6.4	Statisches und dynamisches Verhalten von Schieberegistern	266
6.4.1	4-Bit-Parallel-Serien-Umsetzer	266
6.4.2	4-Bit-Serien-Parallel-Umsetzer	268
6.4.3	4-Bit-Universal-Schieberegister	271
6.4.4	8-Bit-Serien-Parallel-Umsetzer	274
6.4.5	8-Bit-Schieberegister	276
6.4.6	8-Bit-FIFO	277
6.4.7	Rückgekoppeltes Schieberegister (4-Bit-Umlaufregister)	279
6.4.8	Rückgekoppeltes 6-Bit-Schieberegister mit zwei verschiedenen Schrittweiten	281
6.4.9	8-Bit-Johnson-Zähler	284
6.4.10	Mod-8-Zähler mit einem 3-Bit-Schieberegister	286
6.4.11	Linear rückgekoppeltes Schieberegister (LFSR)	289
6.4.12	Verschlüsselungsschaltung mit Zufallsgenerator	291
6.5	Schaltungen mit Halbleiterspeichern	293
6.5.1	ROM mit vier logischen Funktionen	293
6.5.2	ROM für 4x4-Bit-Multiplikation	296
6.5.3	Signalgenerator für Sinus und Dreieck	301
6.5.4	4-Bit-Vorwärts-/Rückwärtszähler im BCD-Kode	304
6.6	Schaltwerke	307
6.6.1	Gesteuerter Oszillator	307
6.6.2	Automat zum Testen auf gerade oder ungerade Parität	309

## Teil 3

<b>7</b>	<b>Wie man neue Modelle in CAPTURE einbindet</b>	<b>314</b>
7.1	Modelle von neuen Bauteilen einbinden	315
7.1.1	Typen von Modellbeschreibungen	317
7.2	Einbinden eines neuen Bauteils mit vorhandenem Modell	318
7.2.1	Integration eines neuen Transistors	319
7.2.2	Integration eines Modells für eine rote Leuchtdiode	323
7.2.3	Einbindung eines Bauteils mit zwei Einheiten im Gehäuse	327
7.3	Erstellen einer neuen Schaltzeichenbibliothek	336
7.3.1	Ein Bauteil in eine Bibliothek kopieren	337
7.4	Eigene Modelle erstellen	338
7.4.1	Modell einer Frequenzweiche eines Lautsprechers.	338
7.4.1.1	Erstellen der Modellbibliothek für die Frequenzweiche	339
7.4.1.2	Herstellen des Symbols der Frequenzweiche	342
7.4.1.3	Test des neuen Bauteils	344

7.4.2	Modelle von logischen Schaltkreisen erstellen	344
7.4.3	Modelle mit dem Modell-Editor erstellen	352
7.5	Aufgaben	354

## **8 Analog Behavioral Modeling (ABM) 355**

---

8.1	Gesteuerte Quellen	355
8.1.1	Modell eines JFET-Transistors mit gesteuerter Quelle	356
8.1.2	Modell einer nichtlinearen Kapazität mit gesteuerter Quelle	357
8.2	Beschreibung der ABM-Modell	359
8.2.1	Basisfunktionen	359
	8.2.1.1 Amplitudenmoduliertes Signal	360
8.2.2	Begrenzer (Limiter)	361
	8.2.2.1 Begrenzung der Ausgangsspannung eines idealen Operationsverstärkers	362
8.2.3	Tschebyscheff Filter	363
	8.2.3.1 Beispiel mit Tschebyscheff-Bandpass	364
8.2.4	Integral- und Differentialfunktionen	365
8.2.5	Wertetabellen	366
	8.2.5.1 Bandpass mit Tabellen	367
	8.2.5.2 Kennlinie einer LED	368
8.2.6	Laplace-Funktion	369
	8.2.6.1 Tiefpass 1. Ordnung	370
8.2.7	Allgemeine ABM-Funktionen	371
8.2.8	Mathematische Funktionen	371
	8.2.8.1 IF-THEN-Ausdrücke	372
8.3	Simulation digitaler Filter	373
8.3.1	Simulation eines Tschebyscheff-Tiefpasses zweiter Ordnung	374
8.3.2	Simulation eines Bessel-Hochpasses dritter Ordnung	375

## **9 OrCAD Demoversion 10.0 379**

---

9.1	Installation der OrCAD Demoversion 10.0	379
9.2	Veränderungen in der Demoversion 10.0	381

## **Anhang 386**

---

A1	Überblick über die verwendeten Analysearten, Bauteile und Quellen	386
A2	Antworten auf häufig gestellte Fragen	390
A3	Funktionen im Trace-Menü von PROBE	393
A4	Berechnung der Filterkoeffizienten im Internet	395

## **Literaturverzeichnis 396**

## **Sachwortverzeichnis 397**