

Inhaltsverzeichnis

1 Halbleiterdioden	1
1.1 Dioden-Modell	1
1.2 Statische Modellparameter der Schaltdiode 1N 4148	3
1.2.1 Simulation der Durchlasskennlinie	3
1.2.2 Parameterextraktion über MODEL EDITOR	5
1.2.3 Auswertung mit Gleichungen	6
1.3 Transitzeit der Schaltdiode 1N 4148	7
1.3.1 Simulationsschaltung	7
1.3.2 Extraktion der Transitzeit aus der Sperrerholungszeit	8
1.4 Modellparameter der Kapazitätsdiode	8
1.4.1 Kapazitätskennlinie	8
1.4.2 Parameterextraktion über MODEL EDITOR	9
1.4.3 Rechnerische Auswertung	10
1.4.4 Grafisches Ermittlungsverfahren	10
1.4.5 Simulation der Kapazitätskennlinie	11
1.5 Modellparameter der Z-Diode 1N 750	13
1.5.1 Z-Kennlinie und differentieller Z-Widerstand	13
1.5.2 Extraktion von BV und I_{BV}	13
Literatur	14
2 Bipolartransistoren	15
2.1 Großsignalmodell	15
2.2 Extraktion statischer Modellparameter	18
2.2.1 Kennlinien bei $U_{CB} = 0$	18
2.2.2 Parameterextraktion von N_P , I_S , N_E und I_{SE}	19
2.2.3 Abschätzung von B_F und I_{KF}	21
2.2.4 Ermittlung der EARLY-Spannung V_{AF}	23
2.2.5 Ermittlung des Kollektorbahnwiderstandes R_C	24
2.3 Extraktion dynamischer Modellparameter	27
2.3.1 Kapazitätsparameter	27

2.3.2	Kleinsignalmodell	28
2.3.3	Maximale stabile Leistungsverstärkung	30
2.3.4	Extraktion von C_{JC} , R_B und T_F über die Leistungsverstärkungen	32
2.3.5	Modellparameter zur Transitfrequenz	39
	Literatur.	41
3	Sperrschicht-Feldeffekttransistoren	43
3.1	Großsignalmodell.	43
3.2	Extraktion von Modellparametern aus Kennlinien	45
3.2.1	Ermittlung von Schwellspannung und Transkonduktanz.	45
3.2.2	Ermittlung der Bahnwiderstände	47
3.3	Kleinsignalmodell	49
3.4	Maximale stabile Leistungsverstärkung	50
3.4.1	Berechnung	50
3.4.2	Simulationsschaltungen zur Leistungsverstärkung	51
3.4.3	Extraktion von Modellparametern.	53
3.5	Ermittlung des Funkelrauschkoeffizienten.	54
	Literatur.	59
4	MOS-Feldeffekttransistoren	61
4.1	Großsignalmodell.	61
4.2	Extraktion von Modellparametern aus Kennlinien	64
4.3	Kleinsignalmodelle von MOSFET.	68
4.4	Maximale stabile Leistungsverstärkung	68
4.4.1	Berechnung für $U_{BS} = 0$	68
4.4.2	Simulationsschaltungen zur Leistungsverstärkung	69
4.4.3	Extraktion von Modellparametern über v_{ps}	74
4.4.3.1	Parameter des NMOSFET	74
4.4.3.2	Parameter des PMOSFET	76
	Literatur.	77
5	Leistungs-MOS-Feldeffekttransistor	79
5.1	Modellparameter des Leistungs-MOSFET IRF 150	79
5.2	Extraktion der Modellparameter	79
5.2.1	Statische Modellparameter.	79
5.2.2	Vierpol-Kapazitäten	81
5.2.3	Maximale stabile Leistungsverstärkung	84
5.2.3.1	Simulationsschaltungen zu v_{ps}	84
5.2.3.2	Ermittlung von Modellparametern über die Leistungsverstärkung	86
	Literatur.	90

6 Operationsverstärker	91
6.1 Aufbau und Hauptkenngrößen	91
6.2 Gleichstrom-Modelle	93
6.2.1 Analysen zu den Makromodellen	93
6.2.1.1 Übertragungskennlinie	94
6.2.1.2 Eingangs- und Betriebsruhestrome	95
6.2.1.3 Übertragungsfunktion	95
6.2.1.4 Gleichtaktkenngrößen	95
6.2.2 Erzeugung der linearen Gleichstrom-Modelle	98
6.2.2.1 Einfache Gleichstrom-Modelle	98
6.2.2.2 Erweitertes Gleichstrom-Modell	102
6.3 Kleinsignal-HF-Modelle	105
6.3.1 Frequenzanalysen am Makromodell	105
6.3.1.1 Frequenzgang der Differenzverstärkung	105
6.3.1.2 Frequenzgang der Gleichtaktunterdrückung	106
6.3.2 Erzeugung der HF-Modelle	107
6.3.2.1 HF-Modell für den Differenzbetrieb	107
6.3.2.2 HF-Modell für den Gleichtaktbetrieb	109
Literatur	111
7 Optokoppler	113
7.1 Prinzipschaltung und elektrische Kenngrößen	113
7.2 Parameterextraktion zur LED	114
7.2.1 Extraktion von Parametern aus Strom-Spannungs-Kennlinien	114
7.2.1.1 Durchlasskennlinie	114
7.2.1.2 Sperrkennlinie	116
7.2.2 Extraktion von Parametern aus der Kapazitätskennlinie	117
7.2.3 Extraktion der Transitzeit aus der Sperrerholungszeit	118
7.3 Parameterextraktion zum Fototransistor	118
7.3.1 Extraktion von Parametern aus Strom- Spannungs-Kennlinien	118
7.3.2 Extraktion der Early-Spannung aus dem Ausgangskennlinienfeld	123
7.3.3 Extraktion von Parametern aus Kennlinien für den Inversbetrieb	124
7.3.4 Extraktion von Modellparameter aus den Kapazitätskennlinien	126
7.3.5 Extraktion von Modellparametern aus der Leistungsverstärkung v_{ps}	128
7.3.5.1 Transitzeit in der Vorwärtsrichtung	128
7.3.5.2 Transitzeit in der Rückwärtsrichtung	130
7.3.6 Auswertung der Transitzeiten über die Transistfrequenz	131
7.4 Parameterextraktion zum Optokoppler	133
7.4.1 Analyse des Stromübertragungsfaktors	133

7.4.2	Gleichstrom-Modell des Optokopplers	135
7.4.3	Statische Kennlinien	139
7.4.4	NF-Signal-Übertragung	141
7.4.5	Frequenzabhängigkeit des Stromübertragungsfaktors	142
7.4.6	Temperaturabhängigkeit des Optokopplers	143
	Literatur	147
8	Sensoren	149
8.1	Temperatursensoren	149
8.1.1	NTC-Sensoren	149
8.1.2	PTC-Sensoren	151
8.2	Feuchtesensoren	153
8.2.1	Elektrolytische Feuchtesensoren	153
8.2.2	Kapazitive Feuchtesensoren	156
8.3	Optische Sensoren	158
8.3.1	Fotowiderstände	158
8.3.2	RGB-Farbsensor	160
8.3.2.1	Technische Daten	160
8.3.2.2	Parameterextraktion	160
8.3.2.3	Licht-Spannungswandlung	163
8.3.2.4	Kennlinien des Farbsensors	165
8.4	Folien-Kraftsensor	168
8.4.1	Aufbau und Messschaltung	168
8.4.2	Widerstandskennlinie	169
8.5	Piezoelektrische Summer	170
8.5.1	Summer für externe Ansteuerung	171
8.5.2	Summer mit Selbstansteuerung	174
8.6	Ultraschallwandler	182
8.6.1	Kenndaten	182
8.6.2	Ultraschall-Sender und – Empfänger	183
8.6.3	Ermittlung von Bandbreiten	188
8.7	Chemische Sensoren	192
8.7.1	Metalloxid-Gassensor	192
8.7.2	Katalytischer Gassensor	193
8.7.3	Wärmeleitungs-Gassensor	198
8.7.4	Ionensensitiver Feldeffekttransistor	202
8.7.4.1	Aufbau und Modellierung	202
8.7.4.2	Schaltungen zur Erfassung des pH-Wertes	203
	Literatur	212
	Stichwortverzeichnis	215