

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_F , I_S , N_E und I_{SE}	20
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	25

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. ...	33
2.3.5	Modellparameter zur Transitfrequenz	39
2.3.6	Streuparameter- Analysen zum HF-Transistor.	40
	Literatur.	63
3	Sperrschicht-Feldeffekttransistoren	65
3.1	Großsignalmodell.	65
3.2	Extraktion von Modellparametern aus Kennlinien	67
3.2.1	Ermittlung von Schwellspannung und Transkonduktanz.	67
3.2.2	Ermittlung der Bahnwiderstände	69
3.3	Kleinsignalmodell	71
3.4	Maximale stabile Leistungsverstärkung	72
3.4.1	Berechnung	72
3.4.2	Simulationsschaltungen zur Leistungsverstärkung	73
3.4.3	Extraktion von Modellparametern	75
3.5	Ermittlung des Funkelrauschkoeffizienten.	76
	Literatur.	81
4	MOS-Feldeffekttransistoren	83
4.1	Großsignalmodell.	83
4.2	Extraktion von Modellparametern aus Kennlinien	86
4.3	Kleinsignalmodelle von MOSFET.	90
4.4	Maximale stabile Leistungsverstärkung	90
4.4.1	Berechnung für $U_{BS} = 0$	90
4.4.2	Simulationsschaltungen zur Leistungsverstärkung	91
4.4.3	Extraktion von Modellparametern über v_{ps}	95
4.4.3.1	Parameter des NMOSFET	95
4.4.3.2	Parameter des PMOSFET	98
	Literatur.	99
5	Leistungs-MOS-Feldeffekttransistor	101
5.1	Modellparameter des Leistungs-MOSFET IRF 150	101
5.2	Extraktion der Modellparameter	101
5.2.1	Statische Modellparameter.	101
5.2.2	Vierpol-Kapazitäten.	103
5.2.3	Maximale stabile Leistungsverstärkung	106
5.2.3.1	Simulationsschaltungen zu v_{ps}	106
5.2.3.2	Ermittlung von Modellparametern über die Leistungsverstärkung	108
	Literatur.	111

6	Operationsverstärker	113
6.1	Aufbau und Hauptkenngrößen	113
6.2	Gleichstrom-Modelle	115
6.2.1	Analysen zu den Makromodellen	115
6.2.1.1	Übertragungskennlinie	116
6.2.1.2	Eingangs- und Betriebsruhestrome	117
6.2.1.3	Übertragungsfunktion	117
6.2.1.4	Gleichtaktkenngrößen	117
6.2.2	Erzeugung der linearen Gleichstrom-Modelle	120
6.2.2.1	Einfache Gleichstrom-Modelle	120
6.2.2.2	Erweitertes Gleichstrom-Modell	124
6.3	Kleinsignal-HF-Modelle	127
6.3.1	Frequenzanalysen am Makromodell	127
6.3.1.1	Frequenzgang der Differenzverstärkung	127
6.3.1.2	Frequenzgang der Gleichtaktunterdrückung	128
6.3.2	Erzeugung der HF-Modelle	129
6.3.2.1	HF-Modell für den Differenzbetrieb	129
6.3.2.2	HF-Modell für den Gleichtaktbetrieb	131
	Literatur	133
7	Optokoppler	135
7.1	Prinzipschaltung und elektrische Kenngrößen	135
7.2	Parameterextraktion zur LED	136
7.2.1	Extraktion von Parametern aus Strom-Spannungs-Kennlinien	136
7.2.1.1	Durchlasskennlinie	136
7.2.1.2	Sperrkennlinie	138
7.2.2	Extraktion von Parametern aus der Kapazitätskennlinie	139
7.2.3	Extraktion der Transitzeit aus der Sperrerrholungszeit	140
7.3	Parameterextraktion zum Fototransistor	141
7.3.1	Extraktion von Parametern aus Strom- Spannungs-Kennlinien	141
7.3.2	Extraktion der Early-Spannung aus dem Ausgangskennlinienfeld	144
7.3.3	Extraktion von Parametern aus Kennlinien für den Inversbetrieb	146
7.3.4	Extraktion von Modellparameter aus den Kapazitätskennlinien	148
7.3.5	Extraktion von Modellparametern aus der Leistungsverstärkung v_{ps}	149
7.3.5.1	Transitzeit in der Vorwärtsrichtung	149
7.3.5.2	Transitzeit in der Rückwärtsrichtung	151
7.3.6	Auswertung der Transitzeiten über die Transitfrequenz	152
7.4	Parameterextraktion zum Optokoppler	154
7.4.1	Analyse des Stromübertragungsfaktors	154
7.4.2	Gleichstrom-Modell des Optokopplers	156
7.4.3	Statische Kennlinien	160

7.4.4	NF-Signal-Übertragung	161
7.4.5	Frequenzabhängigkeit des Stromübertragungsfaktors	163
7.4.6	Temperaturabhängigkeit des Optokopplers	165
	Literatur	167
8	Sensoren	169
8.1	Temperatursensoren	169
8.1.1	NTC-Sensoren	169
8.1.2	PTC-Sensoren	171
8.2	Feuchtesensoren	173
8.2.1	Elektrolytische Feuchtesensoren	173
8.2.2	Kapazitive Feuchtesensoren	176
8.3	Optische Sensoren	178
8.3.1	Fotowiderstände	178
8.3.2	RGB-Farbsensor	180
8.3.2.1	Technische Daten	180
8.3.2.2	Parameterextraktion	180
8.3.2.3	Licht-Spannungswandlung	183
8.3.2.4	Kennlinien des Farbsensors	185
8.4	Folien-Kraftsensor	188
8.4.1	Aufbau und Messschaltung	188
8.4.2	Widerstandskennlinie	189
8.5	Piezoelektrische Summer	190
8.5.1	Summer für externe Ansteuerung	191
8.5.2	Summer mit Selbstansteuerung	194
8.6	Ultraschallwandler	202
8.6.1	Kenndaten	202
8.6.2	Ultraschall-Sender und – Empfänger	204
8.6.3	Ermittlung von Bandbreiten	208
8.7	Chemische Sensoren	212
8.7.1	Metalloxid-Gassensor	212
8.7.2	Katalytischer Gassensor	213
8.7.3	Wärmeleitungs-Gassensor	218
8.7.4	Ionensensitiver Feldeffekttransistor	222
8.7.4.1	Aufbau und Modellierung	222
8.7.4.2	Schaltungen zur Erfassung des pH-Wertes	223
	Literatur	232

9 Solarzellen	235
9.1 Multikristalline Solarzelle	235
9.1.1 Vereinfachte Ersatzschaltung	235
9.1.2 Erweiterte Ersatzschaltung	238
9.1.3 Multikristallines Solarmodul	243
9.2 Monokristalline Solarzelle	243
9.3 Amorphes Silizium-Solarmodul	245
Literatur	251