

Inhaltsverzeichnis

Vorwort des Herausgebers	9
1. Einführung	11
2. Analyse linearer statischer Zweipolnetzwerke	20
2.1 Auswertung der Kirchhoffschen Sätze	21
2.1.1 Der Netzwerkgraph	22
2.1.2 Schnitte des Netzwerkgraphen	24
2.1.3 Kreise des Netzwerkgraphen	26
2.1.4 Die Kirchhoffschen Sätze in graphentheoretischer Formulierung ..	28
2.1.5 Auswahl linear unabhängiger Gleichungen	28
2.1.5.1 Gerüste des Netzwerkgraphen	29
2.1.5.2 Fundamentale Schnitte	30
2.1.5.3 Fundamentale Kreise	31
2.1.5.4 Linear unabhängige Gleichungen aus den Kirchhoffschen Sätzen ..	33
2.1.5.5 Unabhängige und abhängige Ströme und Spannungen	34
2.2 Auswertung der Zweipolbeziehungen	36
2.3 Netzwerkanalyseverfahren	38
2.3.1 Existenz und Eindeutigkeit einer Lösung	38
2.3.2 Möglichkeiten zur Gewinnung von Netzwerkanalyseverfahren	39
2.3.3 Schnittanalyse	40
2.3.4 Maschenanalyse	41
2.3.5 Knotenanalyse	42
2.3.6 Erweiterte Knotenanalyse für Schaltungen mit idealen Spannungsquellen	44
2.3.7 Erweiterung der Knotenanalyse auf gesteuerte Quellen	48
2.3.7.1 Gesteuerte Stromquellen	49
2.3.7.2 Gesteuerte Spannungsquellen	50
2.3.8 Beispiel für die Knotenanalyse mit idealen Spannungsquellen und gesteuerten Stromquellen	50
2.3.9 Modifizierte Knotenanalyse	52
2.4 Verfahren zur Auflösung linearer Gleichungssysteme	54
2.4.1 Rückrechnung	56
2.4.2 Eliminationsverfahren	58
2.4.2.1 Gauß-Elimination	58
2.4.2.2 Verkettete LR-Zerlegung	60
2.4.3 Pivotisierung	63
2.4.4 Genauigkeitsprobleme	66
2.4.5 Verfahren für dünn besetzte Koeffizientenmatrizen	68
2.4.5.1 Speicherung	69
2.4.5.2 Ordnungskriterien	71
2.4.5.3 Berechnungsverfahren	74
2.4.5.4 Zusammenfassung und Beispiel	75
2.4.5.5 Codegenerierung	78

2.5	Analyse linearer Wechselstromschaltungen im eingeschwungenen Zustand	82
3.	Analyse statischer nichtlinearer Netzwerke	87
3.1	Aufstellung der Netzwerkgleichungen	88
3.2	Lösung der nichtlinearen Gleichungssysteme der Netzwerkanalyse .	89
3.2.1	Newton-Verfahren	90
3.2.2	Aufstellung der Jakobimatrix	91
3.2.3	Iterationsprozeß bei der Netzwerkanalyse	93
3.2.4	Probleme der Anwendung des Newton-Verfahrens	93
3.2.4.1	Bedingungen an das Netzwerk	93
3.2.4.2	Abbruchkriterium	94
3.2.4.3	Konvergenzprobleme	95
3.2.4.4	Anfangsnäherung	96
3.2.4.5	Rechenaufwand	97
3.2.4.6	Mehrdeutige Kennlinien	98
3.3	Ein Beispiel für die Analyse eines einfachen nichtlinearen Netzwerks	100
3.4	Statische Kennlinien nichtlinearer Netzwerke	103
4.	Analyse dynamischer nichtlinearer Netzwerke	105
4.1	Aufstellung der Netzwerkgleichungen	108
4.2	Numerische Integrationsverfahren für die Netzwerkanalyse	111
4.2.1	Prinzip der numerischen Integration	112
4.2.1.1	Einfache Integrationsformeln	112
4.2.1.2	Stabilität	114
4.2.1.3	Genauigkeit	116
4.2.2	Forderungen an ein Integrationsverfahren für die Netzwerkanalyse .	120
4.2.3	Lineare Mehrschrittverfahren	123
4.2.4	Prädiktor-Korrektor-Prinzip	125
4.2.5	Variable Schrittweite	126
4.2.6	Variable Ordnung	129
4.2.7	Das BDF-Integrationsverfahren bei Integration auf Zweipolebene .	131
4.2.7.1	Aufstellung der Energiespeichergleichungen	131
4.2.7.2	Schrittweiten- und Ordnungssteuerung	133
4.2.7.3	Probleme	136
4.3	Ablauf einer dynamischen Netzwerkanalyse	137
4.4	Beispiele	139
5.	Empfindlichkeitsanalyse nichtlinearer dynamischer Netzwerke	142
5.1	Motivation und Begriffsbestimmung	142
5.2	Prinzipien von Verfahren zur Empfindlichkeitsanalyse	145
5.3	Prinzip der Herleitung der dynamischen Empfindlichkeitsanalyse ..	149
5.4	Dynamische Empfindlichkeitsanalyse für unabhängige Knotenpotentiale	150

5.4.1	Voraussetzungen für die Zweipole des Netzwerks	151
5.4.2	Gewinnung des grundlegenden Gleichungssystems	151
5.4.3	Auswertung des Gleichungssystems	156
5.4.3.1	Besetzung der Matrizen	156
5.4.3.2	Ein-Parameter-Empfindlichkeitsanalyse	160
5.4.3.3	Mehr-Parameter-Empfindlichkeitsanalyse	161
5.5	Empfindlichkeitsanalyse für beliebige Netzantworten	162
5.5.1	Herleitung	162
5.5.2	Ein-Parameter-Empfindlichkeitsanalyse	164
5.5.3	Mehr-Parameter-Empfindlichkeitsanalyse	164
5.6	Empfindlichkeitsanalyse bei beliebigem Netzwerkanalyseverfahren	165
5.7	Schaltungsanalyse mit Hilfe von Empfindlichkeitsdaten	166
5.7.1	Qualitative Auswertung von Empfindlichkeitskurven	171
5.7.2	Empfindlichkeiten von Verzögerungszeiten	174

6.	Parameteroptimierung des Nominalverhaltens nichtlinearer dynamischer Schaltungen	177
6.1	Einführung und Motivation	177
6.2	Methodik der Schaltungsoptimierung	182
6.2.1	Zielfunktionen	183
6.2.1.1	Kurvenanpassung	184
6.2.1.2	Reellwertig vorgegebene Gütekriterien	186
6.2.1.3	Zusammengesetzte Zielfunktionen	188
6.2.1.4	Eigenschaften von Zielfunktionen	189
6.2.2	Nebenbedingungen	192
6.2.2.1	Nebenbedingungen über die Werte der Entwurfsparameter	192
6.2.2.2	Nebenbedingungen über das Schaltungsverhalten	194
6.2.2.2.1	Innere Straffunktionen	197
6.2.2.2.2	Äußere Straffunktionen	199
6.2.2.2.3	Probleme von Strafkostenfunktionen	200
6.2.2.2.4	Sequential Unconstrained Minimization Technique	202
6.2.3	Abbruchkriterien	203
6.2.3.1	Abbruch der uneingeschränkten Optimierung	204
6.2.3.2	Abbruch der sequentiellen uneingeschränkten Optimierung	206
6.2.4	Optimierungsverfahren	207
6.2.4.1	Eindimensionale Optimierungsverfahren	208
6.2.4.1.1	Bestimmung eines Unimodalitätsintervalls	208
6.2.4.1.2	Fibonacci-Verfahren	210
6.2.4.1.3	Intervallteilung nach dem Goldenen Schnitt	212
6.2.4.1.4	Intervallschachtelung mit Hilfe von Interpolationsformeln	213
6.2.4.2	Mehrdimensionale Optimierungsverfahren	214
6.2.4.2.1	GAUSS-SEIDEL-Verfahren	214
6.2.4.2.2	ROSENBROCK-Verfahren	215
6.2.4.2.3	Verfahren mit konjugierten Richtungen	216
6.2.4.2.4	Methode des Steilsten Abstiegs	218
6.2.4.2.5	NEWTON-RAPHSON-Algorithmus	220
6.2.4.2.6	Kombinierter Algorithmus	221

6.2.4.2.7	Quasi-Newton-Verfahren; Algorithmus nach FLETCHER und POWELL	222
6.2.4.2.8	Das Verfahren von FLETCHER	224
6.2.4.3	Auswahl von Optimierungsverfahren für den Schaltungsentwurf	226
6.3	Beispiel für den Ablauf einer Parameteroptimierung	227
6.3.1	Kurvenanpassung	228
6.3.2	Verzögerungszeit als Zielfunktion	231
6.4	Probleme der Parameteroptimierung nichtlinearer dynamischer Schaltungen	233
6.4.1	Rechenzeit	233
6.4.2	Steuerung der Optimierung	234
6.4.3	Ergebnisinterpretation	234
6.4.4	Abhängige Parameter	235
6.4.5	Toleranzbehaftete Parameter	235
7.	Toleranzanalyse	238
7.1	Toleranzanalyse durch Extremwertapproximation mit Hilfe von Empfindlichkeitskoeffizienten	238
7.2	Statistische Toleranzanalyse als Hilfsmittel zur Ausbeutevorhersage	244
7.2.1	Die Methode der Momente	244
7.2.2	Ausbeutevorhersage	247
7.3	Toleranzanalyse durch Optimierung	249
7.3.1	Methodik	249
7.3.2	Durchführung an einem Beispiel	251
8.	Modellierung	254
8.1	Modellierung von Bauelementen	255
8.1.1	Ein dynamisches Modell für den bipolaren Transistor	259
8.1.2	Ein dynamisches Modell für den MOS-Feldeffekttransistor	261
8.2	Modellierung von aufbauspezifischen Effekten	267
8.3	Grenzen der Modellierung	268
Anhang 1:	Berücksichtigung von gesteuerten Spannungsquellen in der erweiterten Knotenanalyse	269
Anhang 2:	Verwendete Formelzeichen und Symbole	274
Literaturverzeichnis		278
Stichwortverzeichnis		282