

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Einordnung der Arbeit in den aktuellen wissenschaftlichen Kontext	2
1.2	Systemspezifikationen für den Schaltungsentwurf	4
1.3	Einteilung und Aufbau der Arbeit	5
1.4	Transistoren der 250 nm <i>IHP</i> [®] -BiCMOS-Technologie	6
2	Grundlagen von Leistungsverstärkern	9
2.1	Verstärkereigenschaften	10
2.1.1	Leistung, Leistungsverstärkung	10
2.1.2	Effizienz (Wirkungsgrad, <i>PAE</i>)	11
2.1.3	Bandbreite	11
2.1.4	Linearität	12
2.1.5	Erweiterung der Linearität auf Verstärker mit geschlossener Schleife	16
2.1.6	Anpassung von Leistungsverstärkern	21
2.2	Unterteilung der Leistungsverstärker	22
2.2.1	Lineare Leistungsverstärker	22
2.2.2	Nichtlineare Leistungsverstärker	24
2.2.3	Transistorstapelung	26
2.3	Methoden zur Steigerung der Effizienz und Linearität von Leistungsverstärkern	28
2.3.1	Doherty	28
2.3.2	LINC/Chireix	31
2.3.3	Leistungsverstärker mit Gegenkopplung (allgemein)	34

2.4	Stabilitätsuntersuchungen an Leistungsverstärkern mit Hilfe der Schleifenverstärkung	36
2.5	Erweiterte Untersuchung der Schleifenverstärkung bei mehrfachverzweigter Rückführung	44
2.5.1	Schwachstellen der Stabilitätsuntersuchungen in <i>Cadence</i> [®]	45
2.5.2	Erweiterung der einfachen Schleifenverstärkungsanalyse	46
2.5.3	Schleifenanalyse an zweifach verzweigten Rückführungen	51
2.5.4	Verallgemeinerung der Schleifenanalyse an <i>n</i> -fach verzweigten Rückführungen	57
2.5.5	Simulationsvergleich zwischen einfach verzweigten und mehrfach verzweigten Rückführungen	63
3	Entwurfsmethodiken für den optimierten Aufbau linearer Leistungsverstärker	67
3.1	<i>Load-Pull</i> -Optimierung	69
3.2	Ausgangskennlinienfeldoptimierung	71
3.3	Transistortransferkennlinienanpassung	75
3.3.1	Einfache Leistungsverstärker in Emitterschaltung	75
3.3.2	Erweiterung auf einfache Leistungsverstärker mit Gegenkopplung	80
3.3.3	Transistorgestapelte Leistungsverstärker	83
3.3.4	Erweiterung auf transistorgestapelte Leistungsverstärker mit Gegenkopplung	87
3.3.5	Programmablauf für <i>Skill</i> -Skript	90
4	Messaufbau	95
4.1	Messvorbereitung	97
4.2	Arbeitspunkteinstellung	99
4.3	Kleinsignalmessung	100
4.4	Leistungsmessung	101
4.5	Zweitonmessung	106
4.6	Fehlerabschätzung	108
4.6.1	Fehlerabschätzung bei Kleinsignalmessungen	108
4.6.2	Fehlerabschätzung bei Großsignalmessungen	108

5 Entwurf und Test von Leistungsverstärkern mit Gegenkopplung	111
5.1 Spezifikationen und Technologiegrenzen	112
5.2 Einfache, gegengekoppelte Leistungsverstärker	112
5.2.1 Aufbau des Transistorfelds	113
5.2.2 Auswirkung der Gegenkopplung auf Verstärkerkennwerte und daraus resultierende Optimierungsmöglichkeiten	118
5.2.3 Zusammenfassung zur Verstärkerauslegung	144
5.2.4 Leistungsverstärkerentwurf mit einfacher Rückführung	146
5.2.5 Leistungsverstärkerentwurf mit mehrfach verzweigter Rückführung	148
5.3 Gegengekoppelte Leistungsverstärker mit Transistorstapelung	163
5.3.1 Aufbau des Transistorfelds	164
5.3.2 Auswirkung der Gegenkopplung auf Verstärkerkennwerte und daraus resultierende Optimierungsmöglichkeiten	166
5.3.3 Zusammenfassung zur Verstärkerauslegung	175
5.3.4 Schaltung des gestapelten Leistungsverstärkers	179
5.3.5 Simulation	187
5.3.6 Messergebnisse	194
6 Bewertung der entworfenen Leistungsverstärker	199
6.1 Vergleich mit anderen Arbeiten	199
6.2 Fehlerbetrachtung sowie Optimierungs- und Erweiterungsmöglichkeiten	201
7 Fazit und Ausblick	209
Lebenslauf	211
Literatur	213