

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
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> <sup>®</sup> -BiCMOS-Technologie	6
<b>2</b>	<b>Grundlagen von Leistungsverstärkern</b>	<b>9</b>
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 $n$ -fach verzweigten Rückführungen .....	57
2.5.5	Simulationsvergleich zwischen einfach verzweigten und mehrfach verzweigten Rückführungen .....	63
<b>3</b>	<b>Entwurfsmethodiken für den optimierten Aufbau linearer Leistungsverstärker .....</b>	<b>67</b>
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
<b>4</b>	<b>Messaufbau .....</b>	<b>95</b>
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

---

<b>5 Entwurf und Test von Leistungsverstärkern mit Gegenkopplung</b>	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
<b>6 Bewertung der entworfenen Leistungsverstärker</b>	199
6.1 Vergleich mit anderen Arbeiten	199
6.2 Fehlerbetrachtung sowie Optimierungs- und Erweiterungsmöglichkeiten	201
<b>7 Fazit und Ausblick</b>	209
<b>Lebenslauf</b>	211
<b>Literatur</b>	213