



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Leistungsverstärker	5
2.1	Eigenschaften und Kenngrößen	5
2.1.1	Ausgangsleistung und Verstärkung	5
2.1.2	Wirkungsgrad	9
2.1.3	Linearität	11
2.1.4	Kenngrößen in Verbindung mit modulierten Signalen	20
2.1.5	Lastimpedanz	25
2.1.6	Stabilität	31
2.2	Verstärkerklassen	33
2.2.1	Klassen basierend auf Transistorarbeitspunkt	34
2.2.2	Klassen basierend auf Transistorbetrieb	38
2.3	Techniken zur Steigerung des Wirkungsgrades	47
2.3.1	Envelope Tracking	47
2.3.2	Envelope Elemination/Restoration	48
2.3.3	Outphasing-Verstärker	49
2.3.4	Doherty-Verstärker	51
3	Transistoren für HF-Leistungsverstärker	57
3.1	Wichtige Definitionen	57
3.1.1	Grenzfrequenzen	57
3.1.2	Transistorgröße	59
3.1.3	Leistungsdichte	60
3.2	Halbleitermaterialien	60



3.3	Transistortechnologien	62
3.3.1	SiGe-HBT	66
3.3.2	Si-LDMOS-FET	68
3.3.3	GaN-HEMT	70
3.4	Status und Trend	72
4	Integrierter SiGe-HBT-PA für 6-GHz-Applikationen	79
4.1	Topologie	80
4.2	Leistungstransistoren	81
4.2.1	Technologie	81
4.2.2	Skalierung der Transistoren	83
4.3	Verstärkerentwurf	85
4.3.1	Load/Source-Pull-Simulationen	86
4.3.2	Transformatoren und Anpassnetzwerke	89
4.3.3	Realisierung	96
4.4	Ergebnisse	99
4.4.1	Einton-Anregung	99
4.4.2	Zweiton-Anregung	103
4.4.3	Kleinsignalmessungen	106
4.5	Schlussfolgerungen	106
5	Integrierter 6-GHz-SiGe-PA mit Transformer-Combining	109
5.1	Topologie	110
5.2	Leistungstransistoren	112
5.3	Verstärkerentwurf	114
5.3.1	Load/Source-Pull-Simulationen	115
5.3.2	Transformatoren und Anpassnetzwerke	118
5.3.3	Realisierung	123
5.4	Ergebnisse	127
5.4.1	Einton-Anregung	127
5.4.2	Zweiton-Anregung	131
5.4.3	Kleinsignalmessungen	133
5.5	Schlussfolgerungen und Stand der Technik	134



6	Medium-Voltage-LDMOS-Leistungsverstärker	137
6.1	Leistungstransistor-Generation 1	138
6.1.1	Entwurf der Leistungstransistoren	138
6.1.2	Charakterisierung der Transistoren	142
6.1.3	Verifikation mit Hilfe eines 6-GHz-Leistungsverstärkers	146
6.2	Leistungstransistor-Generation 2	152
6.2.1	Entwurf der Leistungstransistoren	152
6.2.2	Kleinsignal-Charakterisierung	156
6.2.3	Source/Load-Pull-Charakterisierung	160
6.2.4	Leistungsverstärkerentwurf und Ergebnisse	166
6.3	Schlussfolgerungen und Stand der Technik	180
7	GaN-HEMT-Doherty-Leistungsverstärker	183
7.1	Load-Pull-Analyse	184
7.1.1	Grundwellenimpedanz	185
7.1.2	Harmonischen-Terminierung	189
7.2	Doherty-Leistungsverstärker	194
7.2.1	Entwurf	195
7.2.2	Realisierung	199
7.3	Ergebnisse	200
7.3.1	Einton-Anregung	200
7.3.2	Beaufschlagung mit modulierten Signalen	202
7.4	Schlussfolgerungen und Stand der Technik	205
8	Zusammenfassung	207
A	Zusammenhang zwischen IP3 und 1-dB-Kompressionspunkt	211
B	Tabellen zum Stand der Technik	213
C	Publikationsliste	217
	Literaturverzeichnis	221