

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b>	<b>iii</b>
<b>Abstract</b>	<b>v</b>
<b>Danksagung</b>	<b>vii</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>xi</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>xviii</b>
<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1. LC-Tank VCO-Architektur . . . . .	3
1.2. Lineare Oszillatorkonzepte . . . . .	5
1.3. Nichtlineares VCO-Entwurfskonzept dieser Arbeit . . . . .	6
1.4. Gliederung der Arbeit . . . . .	8
<b>2. Kapazitätsmodellierung von MOS-Varaktoren im VCO</b>	<b>9</b>
2.1. MOS-Varaktorarchitekturen . . . . .	11
2.1.1. BSD-Varaktor . . . . .	11
2.1.2. Akkumulationsmode-Varaktor . . . . .	23
2.1.3. Inversionsmode-Varaktor . . . . .	25
2.2. Varaktoren im VCO . . . . .	33
2.2.1. Varaktorkapazität in Abhängigkeit des Ausgangssignals des VCOs	34
2.2.2. Analyse der Abstimmempfindlichkeit . . . . .	35
<b>3. Nichtlinearer VCO-Modellierungsansatz</b>	<b>39</b>
3.1. Modellierung der integrierten Spulen . . . . .	41
3.2. Modellierung der Varaktoren . . . . .	44
3.2.1. Varaktorgüte . . . . .	45
3.2.2. Analytische Approximation des Varaktorserienwiderstandes . . .	47
3.2.3. Vom Ausgangssignal des VCOs abhängige Varaktorkapazität . .	49

3.3.	Modellierung des kreuzgekoppelten Transistorpaares . . . . .	54
3.3.1.	Nichtlineare Strom-Spannungs-Charakteristik . . . . .	54
3.3.2.	Parasitäre Kapazitäten des kreuzgekoppelten Transistorpaares . . . . .	60
3.3.3.	Ausgangswiderstand des kreuzgekoppelten Transistorpaares . . . . .	64
3.4.	Modellierung der Biasstromquelle . . . . .	65
3.5.	Resultierendes nichtlineares Differentialgleichungssystem . . . . .	67
<b>4.</b>	<b>VCO-Entwurf unter Verwendung nichtlinearer Analysemethoden</b>	<b>71</b>
4.1.	Andronov-Hopf-Bifurkationsanalyse . . . . .	72
4.1.1.	Stabilitätsuntersuchung: Bestimmung des ersten Ljapunovkoeffizienten . . . . .	74
4.1.2.	Approximation der Amplitude der periodischen Lösung . . . . .	80
4.1.3.	Anwendung der Bifurkationsanalyse auf das nichtlineare DGL-System eines LC-Tank VCOs . . . . .	83
4.1.4.	Anwendung der Andronov-Hopf-Bifurkationsanalyse im VCO-Entwurf . . . . .	91
4.2.	Methoden der Störungstheorie . . . . .	95
4.2.1.	Mittelungsmethode nach Krylov, Bogoliubov und Mitropolsky . . . . .	97
4.2.2.	Lie-Reihen basierte Mittelungsmethode . . . . .	100
4.2.3.	Anwendung der Mittelungsmethode im VCO-Entwurf . . . . .	104
4.3.	Methode der Harmonischen Balance . . . . .	118
4.3.1.	Implementierung der Methode der Harmonischen Balance . . . . .	119
4.3.2.	Bestimmung der Startwerte für die Methode der Harmonischen Balance . . . . .	124
4.3.3.	Anwendung der Harmonischen Balance im VCO-Entwurf . . . . .	126
<b>5.</b>	<b>Systematischer VCO-Entwurfsablauf</b>	<b>135</b>
5.1.	Beschreibung der einzelnen Schritte des systematischen VCO-Entwurfsablaufs . . . . .	135
5.2.	Bewertung des VCO-Designs . . . . .	147
<b>6.</b>	<b>VCO-Entwurfsbeispiel – Anwendung des systematischen VCO-Entwurfsablaufs</b>	<b>151</b>
6.1.	Entwurf eines 5,5 GHz VCOs für WLAN IEEE 802.11a Anwendungen . . . . .	151
6.1.1.	Optimierung des Abstimmereichs bei gleichzeitig geringer Leistungsaufnahme . . . . .	153

6.2. Bewertung der Ergebnisse des systematischen VCO-Entwurfsablaufs . . .	179
<b>7. Zusammenfassung</b>	<b>186</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>189</b>
<b>A. Anhang</b>	<b>200</b>
A.1. Halbleiterladungsdichte des MOS-Transistors als Funktion des Oberflächenpotentials . . . . .	200
A.2. Kapazität des MOS-Transistors als Funktion des Oberflächenpotentials	205
A.3. Extrinsische Kapazitäten eines MOS-Transistors . . . . .	209
A.4. Im Varaktorkapazitätsmodell benötigte EKV-Modellparameter . . . . .	213
A.5. Tangens Hyperbolicus Näherung der CV-Charakteristik von Inversionsmode-Varaktoren . . . . .	214
A.6. Transformation auf reelle Jordan-Normalform . . . . .	216
A.7. Berechnung der Taylorkoeffizienten $g_{11}$ , $g_{02}$ , $g_{20}$ und $g_{21}$ . . . . .	219
A.8. Ablaufschema der Bifurkationsanalyse . . . . .	220