

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Mikromechanisches Drehratensensorelement	3
2.1	Technologie der Mikromechanik	3
2.2	Dynamik des Sensorelements	5
2.3	Grundlagen der Elektrostatik	8
2.3.1	Elektrostatik der lateralen Kammstruktur	10
2.3.2	Elektrostatik der parallelen Plattenstruktur	12
2.3.3	Elektrostatische Federkonstante	13
3	Signalverarbeitung des Referenzsystems	15
3.1	Echtzeitsimulation	15
3.1.1	Entwicklungsmethodik	16
3.1.2	Software	19
3.1.3	Hardware	20
3.2	Auswerteverfahren zur Signaldetektion	23
3.2.1	Kapazitive Signalwandlung	23
3.2.2	Zeitkontinuierliche C/U-Wandlung	25
3.2.3	Zeitdiskrete C/U-Wandlung	27
3.3	C/U-Wandlung des Referenzsystems	30
3.3.1	Amplitudenmodulation	33
3.3.2	Synchrone Demodulation	34
3.3.3	Nichtidealitäten bei der Amplitudenmodulation	36
3.4	Resonanter Sensorantrieb	37
3.4.1	Automatische Amplitudenregelung	39
3.4.2	Phasenregelkreis	40
3.5	Coriolisdetektion	42

3.5.1	Elektrostatische Mitkopplung	42
3.5.2	Detektion mit offenem Regelkreis	43
3.5.3	Detektion mit geschlossenem Regelkreis	45
3.5.4	Demodulation des Coriolissignals	46
3.5.5	Nichtidealitäten bei der Drehratendetektion	47
4	Energieeffiziente Antriebskreisregelung	51
4.1	Reduktion des Leistungsbedarfs	51
4.1.1	Leistungsaufnahme in Digitalschaltungen	52
4.1.2	Leistungsaufnahme in Analogschaltungen	53
4.1.3	Energieeffizienter Frontendbetrieb	55
4.2	Abtastung zeitkontinuierlicher Signale	57
4.3	Unterabtastung des Antriebsdetektionssignals	59
4.4	Amplitudenabhängige Resonanzregelung	62
4.4.1	Systemrealisierung der digitalen Antriebskreisregelung	65
4.4.2	Digitaler Resonanzregler	68
4.4.3	Adaption der Arbeitsschrittweite	72
4.5	Messergebnisse Antriebskreis	77
4.5.1	Messergebnisse bei Unterabtastung des Antriebsdetektions- signals innerhalb des digitalen Schaltungsteils	77
4.5.2	Messergebnisse bei Unterabtastung des trägermodulierten Antriebsdetektionssignals direkt durch den A/D-Wandler	82
5	Energieeffiziente Coriolisdetektion	89
5.1	Unterabtastung von Bandpasssignalen	89
5.2	Unterabtastung des Drehratendetektionssignals	96
5.3	Systemrealisierung	98
5.3.1	Ausgangsfiler	100
5.4	Messergebnisse Detektionskreis	103
5.4.1	Systemrealisierung zur Unterabtastung des Detektionskreis- es innerhalb des digitalen Schaltungsteils	103
5.4.2	Spektrale Betrachtung des Drehratendetektionssignals bei Unterabtastung	105

5.4.3 Rauschmessung bei Unterabtastung des Drehratendetekti- onssignals	106
6 Leistungsaufnahme und Rauschverhalten	111
6.1 Power-Down Betrieb	111
6.2 Rauschverhalten bei Unterabtastung	116
6.3 Reduktion der Rauschfaltung	118
7 Zusammenfassung und Ausblick	121
A Formelzeichen und Abkürzungen	125
B Abbildungsverzeichnis	131
C Tabellenverzeichnis	139
D Literaturverzeichnis	141