

# Inhaltsverzeichnis

<b>Danksagung</b>	<b>III</b>
<b>Liste der verwendeten Formelzeichen</b>	<b>VIII</b>
<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2. Basiskomponenten analoger Fuzzy-Regler</b>	<b>5</b>
2.1. Der MOS-Stromspiegel . . . . .	7
2.2. Funktionsnetzwerke zur Fuzzifizierung . . . . .	12
2.2.1 Schaltungsprinzip zur Realisierung stückweise linearer Funktionen . .	13
2.2.2 Beispiele . . . . .	17
2.2.3 Erweiterungsmöglichkeiten . . . . .	19
2.2.4 Genauigkeit und Geschwindigkeit der Funktionsnetzwerke . . . . .	22
2.3. Inferenzschaltungen . . . . .	24
2.3.1 Inferenzgatter in Stromtechnik . . . . .	25
2.3.2 Minimum- und Maximumgatter mit Differenzverstärkern . . . . .	26
2.3.3 Substitution der Operationsverstärker durch Komparatoren . . . . .	31
2.4. Der Defuzzifizierer . . . . .	36
2.4.1 Defuzzifizierer mit Bipolartransistoren . . . . .	38
2.4.2 Defuzzifizierer in CMOS-Technik . . . . .	41
2.5. Zusammenfassung . . . . .	47
<b>3. Paarigkeitsoptimierung analoger Schaltungen</b>	<b>48</b>
3.1. Paarigkeitsanalysen in der Netzwerksimulation . . . . .	49
3.2. Strategien zur Optimierung der Bauelementeähnlichkeit . . . . .	52
3.3. Voraussetzungen für die Optimierung . . . . .	55
3.4. Die Flächenstrategie für MOS-Transistoren . . . . .	57
3.4.1 Die Zielfunktion . . . . .	57
3.4.2 Die Zwangsbedingungen . . . . .	58
3.4.3 Das Optimum . . . . .	60
3.4.4 Durchführung der Flächenstrategie . . . . .	62
3.4.5 Nachweis des globalen Minimums . . . . .	64

3.5. Verallgemeinerung der Flächenstrategie . . . . .	65
3.6. Das Optimierungsprogramm <i>MATCHO</i> . . . . .	69
3.6.1 Die Topologieanalyse . . . . .	69
3.6.2 Ablauf der Optimierung . . . . .	70
3.7. Beispiele zum Optimierungsverfahren . . . . .	72
3.8. Grenzen und Ausblick der Paarigkeitsoptimierung . . . . .	80
<b>4. Realisierung eines Ein-Chip Fuzzy-Systems</b>	<b>82</b>
<b>5. Programmierbarkeit analoger Fuzzy-Regler</b>	<b>88</b>
5.1. Reduktion der Schaltungsredundanz . . . . .	88
5.1.1 Verminderung der Anzahl der Minimumoperatoren . . . . .	88
5.1.2 Die dynamisch verwaltete Regelbasis . . . . .	90
5.2. Schaltungstechnische Umsetzung der dynamischen Regelverwaltung . . . . .	91
5.2.1 Zuordnung der aktiven Funktionen zu den Minimumgattern . . . . .	92
5.2.2 Erweiterung der Regelsyntax . . . . .	93
5.2.3 Auswahl der aktiven Regeln . . . . .	94
5.2.4 Logik und Speicher . . . . .	96
5.3. Komplexität einiger Beispielkonfigurationen . . . . .	98
5.4. Aufbau eines Gesamtsystems . . . . .	100
<b>6. Approximation des Reglerkennfeldes</b>	<b>104</b>
6.1. Approximation mehrdimensionaler Kennfelder . . . . .	105
6.2. Mehrdimensionales Funktionsnetzwerk . . . . .	109
6.2.1 Rampengeneratoren in Stromtechnik . . . . .	110
6.2.2 Netzwerke zur Realisierung von Ebenen . . . . .	111
6.2.3 Erweiterungsmöglichkeiten . . . . .	112
6.2.4 Programmierbarkeit des Kennfeldreglers . . . . .	112
6.2.5 Aspekte zur Reproduktionsgenauigkeit der Schaltung . . . . .	114
6.3. Das Optimierungsprogramm <i>WEIGHTS</i> . . . . .	117
6.4. Beispiele zur Kennfeldapproximation . . . . .	118
6.5. Realisierung eines Kennfeldreglers . . . . .	119

<b>7. Anwendungsbeispiel: Drehzahlkompensation</b>	<b>123</b>
7.1. Problemstellung . . . . .	123
7.2. Motivation für den Einsatz eines analogen Fuzzy-Reglers . . . . .	124
7.3. Die Regelstrecke . . . . .	125
7.4. Entwicklung des Reglers . . . . .	127
7.4.1 Vorgabe eines Sollkennfeldes . . . . .	127
7.4.2 Konfiguration des Reglers . . . . .	128
7.4.3 Dynamisches Reglerverhalten . . . . .	129
7.5. Analoger Fuzzy-Regler zur Drehzahlkompensation von Universalmotoren . . .	131
<b>8. Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>136</b>
<b>Literatur</b>	<b>138</b>