

# Inhaltsverzeichnis

Notationen und Symbole	ix
<b>1 Einführung</b>	<b>1</b>
<b>2 CORDIC-Algorithmus und CORDIC-Prozessor</b>	<b>6</b>
2.1 Einführung	6
2.2 Definition der Koordinatensysteme	6
2.3 Die Iterationsgleichungen	7
2.4 CORDIC-Funktionen	8
2.4.1 Nebenbedingungen des CORDIC-Algorithmus	9
2.5 Realisierung eines CORDIC-Prozessors	12
2.5.1 Winkelkodierverfahren	13
2.5.2 CORDIC-Prozessor	13
2.5.3 Erweiterung des Konvergenzbereichs	14
2.5.4 Mikrorotations- und Skalierungsstufe	14
2.5.5 CORDIC-Vektoreinheit VAPU90	15
2.5.6 CORDIC-Simulatoren	17
<b>3 Aufbau eines Referenzprozesses</b>	<b>19</b>
3.1 Einführung	19

---

3.2	Manipulatormechanik . . . . .	19
3.3	Auswahl geeigneter Aktoren und Sensoren . . . . .	21
3.4	Datenerfassung, Aktor- und Sensorelektronik . . . . .	27
3.4.1	Hardware . . . . .	28
3.4.2	Software . . . . .	28
3.5	Parallele Datenverarbeitung mit Transputern . . . . .	30
3.5.1	Schnittstelle zum Transputer . . . . .	31
3.5.2	Transputersoftware . . . . .	32
3.6	Ausblick . . . . .	33
<b>4</b>	<b>Kinematik von Handhabungssystemen</b>	<b>36</b>
4.1	Bedeutung der kinematischen Gleichungen . . . . .	36
4.2	Denavit-Hartenberg-Konvention . . . . .	39
4.3	Konfiguration des Manipulators . . . . .	40
4.4	Kinematische Gleichungen des Manipulators . . . . .	41
<b>5</b>	<b>Modellbildung des elastischen Mehrgelenk-Manipulators</b>	<b>43</b>
5.1	Einführung . . . . .	43
5.1.1	Dynamische Methoden . . . . .	45
5.1.2	Kineto-Statistische Methode . . . . .	47
5.2	Bewegungsgleichungen des elastischen Manipulators . . . . .	48
5.2.1	Bewegungsgleichungen des segmentierten Manipulators in Global- koordinaten . . . . .	50

---

5.2.2	Bewegungsgleichungen des segmentierten Manipulators in Gelenkkoordinaten . . . . .	56
5.3	Einbeziehung der Elastizität der Gelenkverbindungen . . . . .	58
5.4	Berechnung der Massenmatrix . . . . .	61
5.5	Simulationsergebnisse . . . . .	67
5.6	Regelung des Manipulators . . . . .	79
5.6.1	PV-Kaskadenregelung . . . . .	80
5.6.2	Regelung durch Entkopplung . . . . .	81
5.7	Unterstützung der Simulation durch den CORDIC-Algorithmus . . . . .	86
5.7.1	Vergleich der Rechenzeiten zwischen CORDIC und Standardrechner . . . . .	87
<b>6</b>	<b>Trajektorienplanung . . . . .</b>	<b>93</b>
6.1	Einführung . . . . .	93
6.1.1	Trajektorienplanung im Arbeitsraum . . . . .	94
6.1.2	Trajektorienplanung im Konfigurationsraum . . . . .	97
6.2	Bestimmung des Konfigurationsraums . . . . .	101
6.2.1	Hindernisse und Arbeitsraumgrenze . . . . .	103
6.2.2	Potentialeinfluß durch Eigenkollisionsgefahr . . . . .	105
6.2.3	Sektor- und Tangenteneinteilung . . . . .	111
6.3	Wegsuche . . . . .	113
6.3.1	Optimale Endkonfiguration . . . . .	115
6.3.2	Qualitativer Greiferweg . . . . .	115

---

6.3.3	Exakter Greiferweg . . . . .	119
6.4	Simulationsergebnisse . . . . .	121
6.4.1	Beispiele . . . . .	121
6.5	Unterstützung der Trajektorien-simulation durch den CORDIC-Algorithmus	132
6.5.1	Rechenzeiten der Konfigurations-raumerstellung . . . . .	132
6.5.2	Rechenzeiten der Wegsuche . . . . .	136
6.5.3	Bewertung der Zeitberechnungen . . . . .	138
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>140</b>
	<b>Anhang</b>	<b>143</b>
<b>A</b>	<b>Beziehungen zwischen festen und beweglichen Koordinatensystemen</b>	<b>143</b>
<b>B</b>	<b>Konfigurationsdaten der verwendeten Manipulatoren und Regler</b>	<b>148</b>
<b>C</b>	<b>CORDIC-Funktionen</b>	<b>154</b>
	<b>Literatur</b>	<b>158</b>