

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen der Automatisierungstechnik	9	1.4.12	Analogwertverarbeitung	85
1.1	Einführung	9	1.4.13	Funktionen (FC) und Funktionsbausteine (FB)	87
1.1.1	Automatisierung und Automaten	9	1.4.14	Datenbausteine	89
1.1.2	Entwicklungsphasen industrieller Technik	10	1.4.15	Ablaufsteuerung	90
1.1.3	Industrie 4.0	13	1.4.16	Betriebsarten	94
1.1.4	Cyber-Physische-Systeme (CPS)	14	1.4.17	Kleinststeuerung LOGO!	97
1.2	Steuerungstechnik	16	1.4.18	Bedienen und Beobachten mit WINCC	101
1.2.1	Steuerungsarten	16	1.4.19	Prozess-Simulation	105
1.2.2	Programmsteuerungen	19	1.4.20	IEC 61131	108
1.2.3	Elektrische Kontaktsteuerungen	20	1.4.21	Zuverlässigkeit und Sicherheit	109
1.2.3.1	Bauelemente und Betriebsmittel	20	1.5	Grundlagen der Analogsignalverarbeitung	110
1.2.4	Schutzmaßnahmen	31	1.5.1	Operationsverstärker (OP)	110
1.2.4.1	Gefahren	31	1.5.2	Grundschaltungen	111
1.2.4.2	Schutzartenkennzeichnung	31	1.5.3	Analog-Digital-Umsetzer und Digital-Analog-Umsetzer	114
1.2.4.3	Schutzklassen	32	1.6	Regelungstechnik	116
1.2.4.3	Fehlerstrom-Schutzschalter (FI-Schalter, RCD ¹)	33	1.6.1	Begriffe	116
1.2.4.4	Elektrostatische Entladungen (ESD ¹)	35	1.6.2	Regelungsarten	117
1.2.4.5	Sicherheitsfunktionen	36	1.6.3	Regelkreisglieder	119
1.2.5	Grundschaltungen	37	1.6.3.1	Proportionalglied ohne Verzögerung (P-Glied)	119
1.2.6	Integrierte Schaltkreise (IC) und Grundverknüpfungen	40	1.6.3.2	Proportionalglied mit Verzögerung 1. Ordnung (P-T ₁ -Glied)	120
1.2.7	Schaltalgebra	41	1.6.3.3	Proportionalglied mit Verzögerung 2. Ordnung (P-T ₂ -Glied) und Schwingungsglied	121
1.2.8	Kombinatorische Steuerungen	42	1.6.3.4	Integralglied (I-Glied)	124
1.2.9	Sequentielle ¹ Steuerungen	45	1.6.3.5	Differenzierglied (D-Glied)	125
1.2.10	GRAFCET	46	1.6.3.6	Totzeitglied (T _t -Glied)	125
1.2.11	Sequentielle Steuerungen mit Flip-Flop	52	1.6.3.7	Zusammenwirken mehrerer Regelkreisglieder	127
1.2.12	Zustandsfolgediagramm (Graph)	54	1.6.4	Regler und Regelkreise	128
1.3	Digitale Speicher	57	1.6.4.1	Schaltende Regler	128
1.3.1	Mechanische Speicher	57	1.6.4.2	Analoge Regler	129
1.3.2	Optische Datenspeicher	58	1.6.4.3	Digitale Regler (Software-Regler)	131
1.3.2.1	Barcodes	58	1.6.4.4	Regelung von P-Strecken	134
1.3.2.2	2D-Codes	59	1.6.4.5	Regelung von I-Strecken	135
1.3.3	Elektronische Speicher	60	1.6.4.6	Einstellen eines Reglers	137
1.3.4	Magnetische Speicher	62	1.6.4.7	Selbstoptimierende Regler	138
1.4	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)	63	1.7	Schaltpläne	139
1.4.1	Aufbau und Funktionsweise	63	1.7.1	Strukturierung	139
1.4.2	Systemaufbau	65	1.7.2	Referenzkennzeichen	141
1.4.3	Programmierung	66	1.7.3	Schaltplanerstellen mit FluidSIM®	143
1.4.4	Programmabarbeitung, Organisationsbausteine	68	1.7.4	Steuern und Regeln mit FluidSIM®	144
1.4.5	Adressierung und Datentypen	69	2	Aktoren	145
1.4.6	Grundverknüpfungen	70	2.1	Pneumatische Aktoren	145
1.4.7	Speicher (Merker)	73	2.1.1	Einführung	145
1.4.8	Flankenauswertung	75	2.1.2	Komponenten der Pneumatik	146
1.4.9	Zähloperationen	77	2.1.2.1	Wartungsgeräte	146
1.4.10	Programmieren von Zeiten	79			
1.4.11	Digitale Grundoperationen (Wortverarbeitung)	82			

2.1.2.2	Aktoren	147	2.4.2	Tauchspulenantriebe	232
2.1.2.3	Ventile	150	2.3.3	Magnetostriktive Aktoren	232
2.1.2.4	Signalgeber und Signalwandler	155	2.4.4	Kapazitive Mikroaktoren	233
2.1.3	Pneumatische Steuerungen	156	2.4.5	Thermische Aktoren	234
2.1.3.1	Schaltplanaufbau	156	2.4.5.1	Thermobimetall-Aktoren	234
2.1.3.2	Pneumatische Verknüpfungssteuerungen	158	2.4.5.2	Dehnstoff-Aktoren	235
2.1.3.3	Pneumatische Ablaufsteuerungen	160	2.4.5.3	Memory-Metall-Aktoren	235
2.1.3.4	Elektrische Ansteuerung von Aktoren	161	2.4.6	MRF-Aktoren	236
2.1.3.5	Vakuumtechnik	164	2.5	CNC-Achsantriebssysteme	237
2.1.3.6	Sicherheitsfunktionen	165	2.5.1	Struktur	237
2.1.3.7	Energieeffizienz	166	2.5.2	Art der Wegmessung	237
2.2	Hydraulische Aktoren	167	2.5.3	Antriebsarten	239
2.2.1	Allgemeines	167	2.5.4	Mechanische Übertragungsglieder	240
2.2.2	Physikalische Grundlagen	167	2.4.5	Lageregelung	242
2.2.2.1	Hydrostatik	167	3	Sensoren	244
2.2.2.2	Hydrodynamik	169	3.1	Allgemeines	244
2.2.3	Hydraulikflüssigkeiten	170	3.2	Sensoren für Wege, Winkel und Abstände	245
2.2.4	Aufbau hydraulischer Steuerungen	172	3.2.1	Sensorsignale durch Widerstandsänderung	245
2.2.5	Hydraulikpumpen	173	3.2.2	Sensorsignale durch magnetische Kopplung	250
2.2.6	Hydraulikspeicher	175	3.2.3	Sensorsignale mittels magnetischer und elektrischer Felder	251
2.2.7	Antriebselemente	177	3.2.4	Sensoren zur Füllstandsmessung	252
2.2.8	Hydraulikventile	180	3.2.5	Optische Sensoren	253
2.2.8.1	Druckventile	180	3.2.6	Sensorsignale durch Laufzeitmessung	257
2.2.8.2	Wegeventile	183	3.2.7	Näherungsempfindliche Schalter (binäre Sensoren)	259
2.2.8.3	Sperrventile	184	3.2.8	Digitale Weg- und Winkelmessung	260
2.2.8.4	Stromventile	185	3.2.8.1	Inkrementale Weg- und Winkelmessung	260
2.2.9	Stetigventile	187	3.2.8.2	Absolute Weg- und Winkelmessung	264
2.2.10	Proportionaltechnik	188	3.2.8.3	Zyklisch analoge Weg- und Winkelmessung	265
2.2.11	Servoventile	195	3.2.8.4	Berührungsloses Messen mit Autofokus-Systemen	266
2.2.12	Mobilhydraulik	197	3.3	Geschwindigkeitssensoren	267
2.3	Elektrische Aktoren	198	3.4	Sensoren für Dehnungen, Kräfte, Drehmomente und Drücke	268
2.3.1	Einführung	198	3.5	Beschleunigungssensoren	272
2.3.2	Rechnerische Grundlagen	200	3.6	Temperatursensoren	273
2.3.3	Erste Orientierung	203	3.7	Sensoren für elektrische Größen (Messumformer)	276
2.3.4	Gleichstromantriebe (DC-Antriebe)	204	3.8	Sensoren zur Sicherheitstechnik	277
2.3.5	Drehstromasynchronmotor	210	3.9	Störungen in Sensorleitungen	280
2.3.5.1	Aufbau des Kurzschlussläufers	210	4	Computergesteuerte Maschinen	282
2.3.5.2	Das Drehfeld	211	4.1	CNC-Werkzeugmaschinen	282
2.3.5.3	Funktionsweise	212	4.1.1	Der Produktionsprozess	282
2.3.5.4	Anlasssteuerungen	213	4.1.2	NC-Achsen und deren Steuerung	285
2.3.5.5	Drehrichtungsumkehr	214			
2.3.5.6	Betriebsarten und Fahrprofile	214			
2.3.5.7	Drehzahlsteuerung und Drehzahlregelung	215			
2.3.6	Drehstromsynchronmotor	219			
2.3.6.1	Servoantriebe	219			
2.3.6	Direktantriebe	220			
2.3.7	Kühlung und Bauformen	223			
2.3.8	Antriebsprojektierung	224			
2.3.9	EMV-Maßnahmen	225			
2.3.10	Kleinmotoren	227			
2.3.10.1	DC-Kleinmotoren	227			
2.3.10.2	Schrittmotoren	228			
2.4	Mechatronische Aktoren	229			
2.4.1	Piezoaktoren	229			

4.1.3	CNC-Programmierung	287	5	Montageautomatisierung	369
4.1.3.1	DIN-Programmierung	287	5.1	Grundlagen	369
4.1.3.2	Werkstatorientiertes Produzieren (WOP)	297	5.2	Materialfluss	370
4.1.4	Interpolation	299	5.2.1	Lagern	370
4.1.5	Leistungsfähigkeit	301	5.2.2	Puffern	371
4.1.6	Offene CNC-Steuerung	303	5.2.3	Bunkern	372
4.2	3D-Druckverfahren	304	5.2.4	Magazinieren	373
4.2.1	Allgemeines	304	5.2.5	Fördersysteme	374
4.2.2	AM-Verfahren	305	5.3	Maschinelle Montage	377
4.2.3	Die Informationskette und die Prozesskette	307	5.3.1	Montageautomaten	377
4.3	Messen und Prüfen	308	5.3.2	Automatisiertes Fügen	378
4.3.1	Koordinatenmessgeräte	308	6	Prozesse steuern	382
4.3.1.1	Aufbau und Wirkungsweise	309	6.1	Einführung	382
4.3.1.2	Bauarten	310	6.2	Statistische Prozessregelung (SPC)	383
4.3.1.3	Messsysteme	310	6.2.1	Prüfdaten	383
4.3.1.4	Tastsysteme	311	6.2.2	Normalverteilung	384
4.3.1.5	Zusatzausstattungen	313	6.2.3	Wahrscheinlichkeitsnetz	385
4.3.1.6	Steuerungen und Antriebe	314	6.2.4	Auswertung einer Stichprobe	385
4.3.1.7	Messwertverarbeitung und Messwertauswertung	314	6.2.5	Qualitätsregelkarten	389
4.3.1.8	Tastelementkalibrierung	317	6.3	Maschinenfähigkeit und Prozessfähigkeit	391
4.3.1.9	Durchführung eines Messauftrags	317	6.4	Betriebsdatenerfassung (BDE)	394
4.3.2	Laser-Tracking	322	6.4.1	Codeleser	395
4.3.3	Optisches 3D-Scannen	323	6.4.2	Mobile Datenspeicher	396
4.3.3.1	Räumlichen Wahrnehmung und Triangulation	323	6.4.3	Chipkarten, Chipmünzen, RFIDs	397
4.3.3.2	Scannen mit Punkten und mit Linien	324	7	Informationstechnik	400
7.2.3.3	Streifenlichtscanner	325	7.1	Programmierung	400
4.3.3.4	Photogrammetrie	330	7.1.1	Programmiersprachen	400
4.3.4	Röntgen-Computertomographie (CT)	332	7.1.2	Software Engineering	401
4.3.4.1	Allgemeines	332	7.1.3	Qualität der Software	402
4.3.4.2	CT in der industriellen Messtechnik	332	7.1.4	Sicherung gegen unberechtigte Nutzung	402
4.3.4.3	Auflösung	333	7.1.5	Betriebssystem Windows	403
4.4	Robotertechnik	335	7.1.6	Objektorientierte Programmierung (OOP)	406
4.4.1	Einführung	335	7.1.7	Algorithmen	408
4.4.2	Einteilung	336	7.1.8	Strukturierte Programmierung	409
4.4.3	Kinematischer Aufbau	337	7.1.9	Rechnerinterne Datendarstellung	410
4.4.4	Greifer	341	7.1.10	Programmaufbau und Programmkomponenten	413
4.4.5	Roboterprogrammierung	342	7.1.11	Strukturierte Anweisungen	415
4.4.6	Koordinatensysteme	345	7.1.12	Strukturierung mit Funktionen	417
4.4.7	Die Bewegungserzeugung	349	7.1.13	Fallbeispiel: Steuerkurve	418
4.4.8	Koordinatentransformation	351	7.1.14	Einsatz von Smartphone, Tablet und iPad	424
4.4.9	Interpolation und Betriebsarten	352	7.1.15	Grafische Programmierung	425
4.4.10	Schleppabstand und Bahngeschwindigkeit	354	7.2	Steuern mit Computer	431
4.4.11	Sensorführung von Robotern	356	7.2.1	Zusatzbaugruppen	431
4.4.12	Kollaborierende Roboter	362	7.2.2	Elemente zu einem i 4.0 Projekt „Werkstück prägen“	432
4.4.13	Schutzmaßnahmen	363	7.3	Regelung mit PC und SPS	440
4.5	Sicherheit von Maschinen und Anlagen	365			

7.3.1	Hardware und Software	440	7.8	Virtuelle Umgebung	487
7.3.2	Grafische Ausgabe	441	7.7.1	Allgemeines	487
7.3.3	Regelkreisglieder	442	7.8.2	Szenensteuerung	488
7.3.3.1	Proportionalglied ohne Verzögerung (P-Glied)	442	7.8.3	Augmented Reality, Mixed Reality	489
7.3.3.2	Integralglied (I-Glied)	443	8	Kommunikationstechnik	490
7.3.3.3	Totzeitglied (T_T -Glied)	444	8.1	Local Area Network (LAN)	490
7.3.3.4	Proportionalglied mit Verzögerung 1. Ordnung (P- T_1 -Glied)	445	8.1.1	Ethernet-LAN	492
7.3.3.5	Proportionalglied mit Verzögerung 2. Ordnung (P- T_2 -Glied) und Schwingungsglied	446	8.1.1.1	Einführung	492
7.3.4	Regelkreise	447	8.1.1.2	Peer-to-Peer-Netzwerk	495
7.3.4.1	P-Regelung mit P- T_1 -Strecke	447	8.1.1.3	Client-Server-Netzwerk	495
7.3.4.2	P-Regelung und P- T_1 -Strecke (SPS-Simulation)	448	8.1.1.4	Peer-to-Peer-Netzwerk mit zwei PCs	496
7.3.4.3	I-Regelung und P- T_1 -Strecke	449	8.1.1.5	Erweiterung zu einem Client-Server-Netzwerk	499
7.3.4.4	PI-Regelung einer P- T_1 -Strecke mit Störgrößenaufschaltung (Beispiel)	450	8.1.2	Wireless LAN (WLAN)	501
7.3.4.5	Optimierung der Reglerparameter	451	8.2	Feldbus-Systeme	503
7.3.4.6	P-Regler mit P- T_1 -I-Strecke (Lageregelung)	452	8.2.1	CAN-Bus	503
7.3.4.7	Lageregelung mit Totzeit	454	8.2.2	Aktor-Sensor-Interface (AS-i)	505
7.3.4.8	Geschwindigkeitsvorsteuerung	455	8.2.3	PROFIBUS, PROFIBUS-DP	507
7.3.5	Fuzzy-Logic	456	8.2.4	PROFINET	510
7.3.5.1	Grundlagen der Fuzzy-Technologie	456	8.2.5	PROFIsafe	511
7.3.5.2	Fuzzy-Regelung einer Bandsägemaschine	457	8.3	Schnittstellen	513
7.4	Programmiersprache Java	459	8.3.1	Aufgaben und Art der Schnittstellen	513
7.4.1	Einführung	459	8.3.2	USB-Schnittstelle	514
7.4.2	Erstellen einer Applikation	460	8.3.3	Firewire (IEEE 1394)	514
7.4.3	HTML	460	8.3.4	Serielle Schnittstelle V.24	515
7.4.4	Erstellen von Grafiken	462	8.3.5	Serielle Schnittstelle RS 485	517
7.4.5	Animationen	463	8.3.6	IO-Link	518
7.4.6	Multithreading	463	9	Aufgaben und Übungen	519
7.4.7	Java-Script	464	9.1	Aufgaben und Übungen zur Pneumatik	519
7.5	Visual Basic für Excel	465	9.2	Aufgaben und Übungen zur Hydraulik	524
7.5.1	Aufbau eines VBA-Programms	465	9.3	Aufgaben und Übungen zu GRAFCET	526
7.5.2	Aufruf von VBA	466	9.4	Aufgaben und Übungen zur SPS	527
7.5.3	Erstellen von Funktionen	467	9.5	Aufgaben und Übungen zur Regelungstechnik	540
7.5.4	Variable und Zugriff auf Zellen	468	9.6	Aufgaben und Übungen zum Programmieren	544
7.5.5	Projekt: SPC-Maschinenregelung	470	9.7	Aufgaben und Übungen zur Antriebstechnik	547
7.5.6	Erstellen eines Formulars als Unterprogramm	471	9.8	Aufgaben und Übungen zur CNC-Technik	548
7.5.7	Kommunikation: Excel mit S7	472	Fachwörterbuch Deutsch – Englisch, Sachwortverzeichnis	550	
7.6	Relationale Datenbanken	473	Quellenverzeichnis	560	
7.6.1	Datenbankobjekte	474			
7.6.2	Entwerfen einer Datenbank	476			
7.7	Bildverarbeitung	479			
7.7.1	Grauwertbildverarbeitung	479			
7.7.2	Binärbildverarbeitung	484			
7.7.3	Farbbildverarbeitung und Farbbildcodierung	485			