

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	9
Kapitel 1 • Regelungssysteme	11
1.1 Offene und geschlossene Regelkreise	11
1.2 Der Mikrocontroller im Regelkreis	12
1.3 Entwurf von Regelungssystemen	15
Kapitel 2 • Sensoren	16
2.1 Sensoren in computerbasierten Regelungen	16
2.2 Temperatursensoren	18
2.2.2 Digitale Temperatursensoren	25
2.3 Positionssensoren	26
2.4 Geschwindigkeits- und Beschleunigungssensoren	29
2.5 Kraftsensoren	30
2.6 Drucksensoren	31
2.7 Flüssigkeitssensoren	33
2.8 Durchflusssensoren	36
Kapitel 3 • Übertragungsfunktionen und Zeitverhalten	38
3.1 Übersicht	38
3.2 Systeme erster Ordnung	38
3.2.1 Zeitverhalten	41
3.3 Systeme zweiter Ordnung	44
3.3.1 Zeitverhalten	47
3.4 Zeitverzögerung	52
3.5 Übertragungsfunktion eines geschlossenen Regelkreises	53
Kapitel 4 • Zeitdiskrete (digitale) Systeme	55
4.1 Übersicht	55
4.2 Der Abtastprozess	55
4.3 Die Z-Transformation	59
4.3.1 Einheitssprungfunktion	59
4.3.2 Einheitenrampenfunktion	60
4.3.3 Tabellen für z-Transformationen	60

4.4 Die z-Transformation einer Funktion, ausgedrückt als Laplace-Transformation.	60
4.5 Inverse z-Transformationen	62
4.6 Impulsübertragungsfunktion und Manipulation von Blockdiagrammen	63
4.6.1 Open-Loop-Systeme	64
4.7 Zeitverhalten im offenen Regelkreis.	65
4.8 Zeitverhalten des geschlossenen Regelkreises.	69
Kapitel 5 • Der PID-Regler in zeitkontinuierlichen Systemen	72
5.1 Überblick	72
5.2 Der Proportional-Regler in einem System erster Ordnung	73
5.3 Integral-Regler in einem System erster Ordnung.	74
5.4 Differential-Regler in einem System erster Ordnung	75
5.5 Proportional + Integralregler in einem System erster Ordnung	76
5.6 Proportional- Integral-Differentialregler in einem System erster Ordnung.	77
5.7 Auswirkungen von PID-Parameter-Änderungen	78
5.8 Einstellen eines PID-Reglers	79
5.8.1 Ziegler- und Nichols-Tuning der geöffneten Regelschleife.	80
5.8.2 Open-Loop-Cohen-Coon-PID-Tuning	81
5.8.3 Closed-loop Tuning	86
5.8.4 Praktisches PID-Tuning	88
5.9 Selbstoptimierende PID-Regler	89
5.10 Erhöhen und Verringern von PID-Parametern	89
5.11 Sättigungseffekte und integraler Überlauf.	89
5.12 Differentieller Kick	90
5.13 Verwendung des PID-Regelungssimulators	91
Kapitel 6 • Digitale PID Regler.	93
6.1 Überblick	93
6.2 Digital PID	93
6.3 Auswahl der Abtastzeit T	94
6.4 Implementierung des PID-Algorithmus in Mikrocontrollersystemen	95
Kapitel 7 • Ein-Aus-Temperaturregelung	97
7.1 Überblick	97
7.2 Temperaturregler.	97

7.3 Projekt 1: EIN-AUS-Temperaturregelung mit Arduino Uno	98
7.4 Projekt 2: EIN-AUS-Temperaturregelung mit Hysterese und Arduino Uno	103
7.5 Projekt 3: EIN-AUS-Temperaturregelung mit Tastensteuerung – Arduino Uno	105
7.6 Projekt 4: EIN-AUS-Temperaturregelung mit Drehgeber und Arduino Uno	108
7.7 Projekt 5: EIN-AUS-Temperaturregelung mit Raspberry Pi 4	113
Kapitel 8 • PID-Temperaturregelung mit dem Raspberry Pi	124
8.1 Überblick	124
8.2 Projekt 1 – Temperaturbestimmung mit einem Thermistor	124
8.3 Projekt 2: Open-Loop-Zeitantwortfunktion für einen Eingangssprung	128
8.4 Project 3: PI Temperaturregelung	136
8.5 Projekt 4: PID-Temperaturregelung	142
8.6 Benutzung von PID Regelschleifen-Simulatoren	148
Kapitel 9 • PID-Temperaturregelung mit dem Arduino Uno	150
9.1 Überblick	150
9.2 Projekt 1: Auslesen der Temperatur eines Thermistors	150
9.3 Project 2: PID Temperaturregelung	152
9.4 Projekt 3: PID-Temperaturregelung mit Arduino Uno und Timer-Interrupt	158
9.5 Projekt 4: PID-Temperaturregelung mit der Arduino Uno PID-Bibliothek	161
Kapitel 10 • Drehzahlregelung von Gleichstrommotoren mit Arduino und Raspberry Pi	166
10.1 Überblick	166
10.2 Elektromotortypen	166
10.3 Bürsten-Gleichstrommotoren	167
10.3.1 Gleichstrommotoren mit Permanentmagneten	168
10.3.2 Gleichstrommotoren mit Serienwicklung	168
10.3.3 Nebenschluss-Motoren	169
10.3.4 Doppelschluss-Motoren	169
10.3.5 Fremderregte BDC-Motoren	170
10.3.6 Servomotoren	170
10.3.7 Schrittmotoren	171
10.4 Bürstenlose Gleichstrommotoren	172
10.5 Auswahl von Motoren	172

10.6 Übertragungsfunktion eines Gleichstrom-Bürstenmotors.	172
10.7 Der in den Projekten verwendete Gleichstrommotor.	175
10.8 Projekt 1: Motorgeschwindigkeits- und Richtungssteuerung unter Verwendung einer integrierten H-Brücke	177
10.9 Projekt 2: Anzeige der Motordrehzahl mit Arduino Uno.	184
10.10 Projekt 3: Anzeige der Motordrehzahl auf einem LCD mit Arduino Uno.	188
10.11 Projekt 4: Anzeige der Motordrehzahl mit dem Raspberry Pi	191
10.12 Projekt 5: Anzeige der Motordrehzahl auf einem LCD mit dem Raspberry Pi	193
10.13 Projekt 6: Charakterisierung des Gleichstrommotors mit einem Raspberry Pi	196
10.14 Projekt 7: PID-Motordrehzahlregelung mit Raspberry Pi	198
10.15 Projekt 8: PID-Motordrehzahlregelung mit einem Arduino Uno	202
Kapitel 11 • Wasserstandskontrolle.	207
11.1 Überblick	207
11.2 Ultraschall-Sender-Empfänger-Modul	207
11.3 Projekt 1: Entfernungsmessung mit dem Ultraschallmodul HC-SR04 und einem Arduino Uno	207
11.4 Projekt 2: Entfernungsmessung mit dem Ultraschallmodul HC-SR04 und einem Raspberry Pi	211
11.5 Projekt 3: Sprungantwort des Systems mit einem Raspberry Pi.	214
11.6 Projekt 4: PID-basierte Wasserstandsregelung mit einem Raspberry Pi	218
11.7 Projekt 5: PID-basierte Wasserstandsregelung mit einem Arduino Uno.	224
Kapitel 12 • PID-basierte LED-Helligkeitsregelung	229
12.1 Überblick	229
12.2 Projekt 1: Sprungantwortverhalten der LED-Helligkeitssteuerung mit einem Raspberry Pi	229
12.3 Projekt 2: PID-basierte LED-Helligkeitsregelung mit dem Raspberry Pi.	233
12.4 Projekt 3: PID-basierte LED-Helligkeitssteuerung mit dem Arduino Uno	238
12.5 Projekt 4: PID-basierte LED-Helligkeitssteuerung mit der Arduino Uno-Bibliothek	241
Index	244