

Vorwort	13
Kapitel 1 • Elektromotoren	14
1.1 Überblick	14
1.2 Arten von Elektromotoren	14
1.3 Bürstenbehaftete Gleichstrommotoren	15
1.3.1 Permanentmagnet-Gleichstrom-Motoren	17
1.3.2 Reihenschluss-Gleichstrom-Motoren	18
1.3.3 Nebenschluss-Gleichstrom-Motoren	19
1.3.4 Doppelschluss- oder Verbund-Gleichstrom-Motoren	19
1.3.5 Fremderregte Gleichstrom-Motoren	19
1.3.6 Servomotor	20
1.3.7 Schrittmotoren	20
1.4 Bürstenlose Gleichstrom-Motoren	22
1.5 Motorauswahl	22
1.5.1 Drehmoment	22
1.5.2 Geschwindigkeit	24
1.5.3 Genauigkeit	24
1.5.4 Betriebsspannung	24
1.5.5 Kosten	25
1.5.6 Physische Größe und Gewicht	25
1.6 Übertragungsfunktion eines bürstenbehafteten DC-Motors	25
1.7 Drehmoment - Geschwindigkeitseigenschaften	28
1.8 Zusammenfassung	28
Kapitel 2 • Einfache Gleichstrommotor-projekte	29
2.1 Überblick	29
2.2 PROJEKT 1 - Motor EIN/AUS-Steuerung	29
2.2.1 Blockschaltbild	29
2.2.2 Schaltplan - Arduino Uno	30
2.2.3 Schaltplan - Raspberry Pi	31
2.2.4 Programmlisting - Arduino Uno	32
2.2.5 Programmlisting - Raspberry Pi	33

2.2.6 Verwendung eines MOSFET-Schalters	34
2.2.7 Verwendung eines Relais	35
2.3 PROJEKT 2 - Zweistufiger Motordrehzahlsteller	36
2.3.1 Blockschaltbild	37
2.3.2 Schaltplan - Arduino Uno	38
2.3.3 Schaltplan - Raspberry Pi	39
2.3.4 Programmlisting - Arduino Uno	40
2.3.5 Programmlisting - Raspberry Pi	43
2.4 PROJEKT 3 - Variieren der Motordrehzahl	44
2.4.1 Blockschaltbild	45
2.4.2 Schaltplan - Arduino Uno	45
2.4.3 Schaltplan - Raspberry Pi	46
2.4.4 Programmlisting - Arduino Uno	48
2.4.5 Programmlisting - Raspberry Pi	49
2.5 PROJEKT 4 - Änderung der Motordrehrichtung	53
2.5.1 Blockschaltbild	53
2.5.2 Schaltplan - Arduino Uno	56
2.5.3 Schaltplan - Raspberry Pi	57
2.5.4 Programmlisting - Arduino Uno	58
2.5.5 Programmlisting - Raspberry Pi	60
2.6 PROJEKT 5 - Die Verwendung einer integrierten H-Brückenschaltung	62
2.6.1 Blockschaltbild	62
2.6.2 Schaltplan - Arduino Uno	63
2.6.3 Schaltplan - Raspberry Pi	64
2.6.4 Programmauflistung - Arduino Uno	66
2.6.5 Programmlisting - Raspberry Pi	67
2.7 PROJEKT 6 - Drehzahl- und Richtungsregelung mit integrierter H-Brückenschaltung	69
2.7.1 Blockschaltbild	69
2.7.2 Schaltplan - Arduino Uno	72
2.7.3 Schaltplan - Raspberry Pi	73
2.7.4 Programmlisting - Arduino Uno	74
2.7.5 Programmlisting - Raspberry Pi	75

2.8 PROJEKT 7 - Verwendung eines Drehgebers – Drehzahlanzeige des Motors (Arduino Uno)	77
2.8.1 Blockschaltbild	77
2.8.2 Schaltplan	80
2.8.3 Programm-Listing	81
2.9 PROJEKT 8 - Anzeige der Motordrehzahl auf LCD (Arduino Uno)	84
2.9.1 Blockschaltbild	84
2.9.2 Schaltplan	84
2.9.3 Programmlisting	85
2.10 PROJEKT 9 - Identifizierung des Gleichstrommotors (Arduino Uno)	89
2.10.1 Blockschaltbild	89
2.10.2 Schaltplan	89
2.10.3 Programmlisting	89
2.11 PROJEKT 10 - PID-Drehzahlregelung eines Gleichstrommotors	92
2.11.1 Blockschaltbild	92
2.11.2 Schaltplan	93
2.11.3 Programmlisting	94
2.12 PROJEKT 11 - Verwendung eines Drehgebers - Anzeige der Drehzahl eines Motors (Raspberry Pi Zero W)	98
2.12.1 Blockschaltbild	98
2.12.2 Schaltplan	99
2.12.3 Programmlisting	100
2.13 PROJEKT 12 - Anzeige der Motordrehzahl auf LCD (Raspberry Pi Zero W)	102
2.13.1 Blockschaltbild	102
2.13.2 Schaltplan	102
2.13.3 Programmauflistung	103
2.14 PROJEKT 13 - Verwendung von Timer-Interrupts zur Berechnung der Motordrehzahl (Arduino Uno)	107
2.14.1 Blockschaltbild	107
2.14.2 Schaltplan	107
2.8.3 Programmlisting	107
2.15 PROJEKT 14 - Mobile Robotersteuerung (Arduino Uno)	111

2.15.1 Blockschaltbild	111
2.15.2 Schaltplan	113
2.15.3 Programmlisting	114
2.16 PROJEKT 15 - Hindernis vermeidender Roboter (Arduino Uno).	118
2.16.1 Blockschaltbild	118
2.16.2 Schaltplan	119
2.16.3 Programmlisting	121
2.17 PROJEKT 16 - Nachlaufroboter (Arduino Uno)	124
2.17.1 Blockschaltbild	124
2.17.2 Schaltplan	126
2.17.3 Programmlisting	128
2.18 PROJECT 17 - Mobile Robotersteuerung (Raspberry Pi Zero W)	132
2.18.1 Blockschaltbild	132
2.18.2 Schaltplan	133
2.18.3 Programmlisting	134
2.19 PROJEKT 18 - Hindernis vermeidender Roboter (Raspberry Pi Zero W)	139
2.19.2 Schaltplan	139
2.19.3 Programmauflistung	141
2.20 Zusammenfassung.	144
Kapitel 3 • Einfache Schrittmotor-Projekte	145
3.1 Überblick	145
3.1.1 Unipolare Schrittmotoren	145
3.1.2 Bipolare Schrittmotoren	146
3.1.3 Geschwindigkeit eines Schrittmotors	147
3.1.4 Bewegung der Motorwelle	148
3.1.5 Motordrehzeit	148
3.2 PROJEKT 1 – Basis Schrittmotorsteuerung	148
3.2.1 Blockdiagramm	148
3.2.2 Schaltplan (Arduino Uno)	149
3.2.3 Schaltplan (Raspberry Pi Zero W)	151
3.2.4 Steuern des Schrittmotors	152

3.2.5 Programmlisting (Arduino Uno)	153
3.2.6 Programm (Raspberry Pi Zero W)	161
3.3 PROJEKT 2 - Thermometer mit Zifferblatt	164
3.3 .1 Blockdiagramm	164
3.3.2 Schaltplan (Arduino Uno)	166
3.3.3 Schaltplan (Raspberry Pi)	166
3.3.4 Programmlisting (Arduino Uno)	167
3.3.5 Programmlisting (Raspberry Pi Zero W)	169
3.4 Zusammenfassung	174
Kapitel 4 • Einfache Servomotor-Projekte	175
4.1 Überblick	175
4.2 PROJEKT 1 - Grundlegende Servomotor-Steuerung (Arduino Uno)	175
4.2.1 Blockschaltbild	176
4.2.2 Schaltplan	176
4.2.3 Programmlisting	177
4.3 PROJEKT 2 - Steuerung des Servomotors mit einem Potentiometer (Arduino Uno)	180
4.3.1 Blockschaltbild	180
4.3.2 Schaltplan	180
4.3.3 Programmlisting	180
4.4 PROJEKT 3 - Grundlegende Servomotorsteuerung (Raspberry Pi Zero W)	182
4.4.1 Blockschaltbild	183
4.4.2 Schaltplan	183
4.4.3 Programmlisting	183
4.5 PROJEKT 4 - Bewegen der Motorwelle auf einen bestimmten Winkel (Raspberry Pi Zero W)	186
4.5.1 Programmlisting	187
4.6 Zusammenfassung.	188
Kapitel 5 • Roboter-Fernsteuerung über Bluetooth mit Mobiltelefon und Arduino	189
5.1 Überblick	189
5.2.1 Blockschaltbild	189
5.2.2 Schaltplan	190

5.2.3 Android Smartphone Apps	191
5.2.4 Paarung des HC-06	192
5.2.5 Steuerung des Roboters	193
5.2.6 Programmlisting	195
5.3 Zusammenfassung.	201
Kapitel 6 • Roboter-Fernsteuerung über Wi-Fi mit Smartphone und Arduino Uno	202
6.1 Überblick	202
6.2 PROJEKT 1 - Wi-Fi-basierte Roboter-Fernsteuerung	202
6.2.1 Blockschaltbild	202
6.2.2 Schaltplan	203
6.2.3 UDP oder TCP ?	205
6.2.4 Android Smartphone-Apps	205
6.2.5 Steuerung des Roboters	206
6.2.6 Programmlisting	207
6.3 Zusammenfassung.	214
Kapitel 7 • Roboter-Fernsteuerung über Wi-Fi mit Smartphone und Raspberry Pi Zero W	215
7.1 Überblick	215
7.2 PROJEKT 1 - Wi-Fi-basierte Roboter Fernsteuerung	215
7.2.1 Blockdiagramm	215
7.2.2 Schaltplan	215
7.2.3 Programmlisting	216
7.3 Zusammenfassung	223
Kapitel 8 • Roboter-Fernsteuerung über Bluetooth mit Smartphone und Raspberry Pi Zero W	224
8.1 Überblick	224
8.2 PROJEKT 1 - Bluetooth-basierte Roboter-Fernsteuerung	224
8.2.1 Blockdiagramm	224
8.2.2 Schaltplan	224
8.2.3 Bluetooth auf Raspberry Pi Zero W aktivieren.	224
8.2.4 Python-Bluetooth-Bibliothek.	227

8.2.5 Zugriff vom Mobiltelefon aus	227
8.2.6 Programmlisting	227
8.3 Zusammenfassung.	233
Anhang A • Raspberry Pi Zero W	234
A.1 Die Hardware	234
A.2 Einrichten des Raspberry Pi Zero W	235
A.3 Installation des Betriebssystems auf einer SD-Karte	235
A.4 Starten des RASPBERRY Pi Zero W	239
A.5 WiFi und Fernzugriff einrichten	240
A.6 Abschalten oder Neustart im GUI-Modus	246
A.7 Fernzugriff auf den Desktop	247
A.8 Bluetooth aktivieren.	249
A.9 Erstellen und Ausführen eines Python-Programms.	250
A.10 GPIO-Bibliothek.	252
A.10.1 Pin-Nummerierung	253
A.10.2 Kanal- (I/O-Port-Pin-) Konfiguration	253
Anhang B • Liste Der Komponenten	257
Anhang C • Arduino Uno Anschlussbelegung	258
Anhang D • Raspberry Pi Zero W Anschlussbelegung	259
Anhang E • Verwenden der gpiozero-Bibliothek	260
Index	263