

Inhalt

Danksagung	xxv
Kapitel 1: Einführung	1
Kapitel 2: Ein genauerer Blick auf den Arduino und die IDE	11
Kapitel 3: Erste Schritte	27
Kapitel 4: Grundbausteine	53
Kapitel 5: Funktionen	97
Kapitel 6: Zahlen, Variablen und arithmetische Operationen	115
Kapitel 7: Den Arduino erweitern	145
Kapitel 8: Numerische LED-Anzeigen und Matrizen	177
Kapitel 9: Flüssigkristallanzeigen	195
Kapitel 10: Ihre eigenen Arduino-Bibliotheken erstellen	217
Kapitel 11: Numerische Tastenfelder	239
Kapitel 12: Benutzereingaben über einen Touchscreen	247
Kapitel 13: Gestatten, Familie Arduino!	261
Kapitel 14: Motoren und Bewegung	281
Kapitel 15: GPS für den Arduino	323
Kapitel 16: Drahtlose Datenübertragung	339
Kapitel 17: Infrarot-Fernbedienungen	371
Kapitel 18: RFID-Transponder lesen	385
Kapitel 19: Datenbusse	401
Kapitel 20: Echtzeituhren	419
Kapitel 21: Das Internet	437
Kapitel 22: Mobilfunkkommunikation	453
Index	469

Inhaltsverzeichnis

DANKSAGUNG	xxv
-------------------------	------------

1

EINFÜHRUNG	1
Unendliche Möglichkeiten	2
Die Masse macht's	4
Teile und Zubehör	5
Benötigte Software	6
macOS	6
Windows 10	7
Ubuntu Linux	8
Sicherheit	8
Ausblick	9

2

EIN GENAUERER BLICK AUF DEN ARDUINO UND DIE IDE	11
Der Arduino	11
Die IDE	17
Der Befehlsbereich	17
Der Textbereich	19
Der Meldungsbereich	19
Ein erster Sketch in der IDE	19
Kommentare	20
Die Einrichtungsfunktion	21
Die Hardware steuern	21
Die Schleifenfunktion	22
Den Sketch überprüfen	23
Den Sketch hochladen und ausführen	24
Den Sketch bearbeiten	25
Ausblick	25

3

ERSTE SCHRITTE	27
Projekte planen	28
Elektrizität	29
Stromstärke	29
Spannung	29
Leistung	29
Elektronische Bauteile	30
Widerstände	30
Leuchtdioden (LEDs)	34
Steckplatinen	36
Projekt Nr. 1: LED-La-Ola	39
Der Algorithmus	39
Die Hardware	39
Der Schaltplan	39
Der Sketch	40
Den Sketch ausführen	41
Verwenden von Variablen	42
Projekt Nr. 2: Wiederholungen mit for-Schleifen	43
Die Helligkeit der LEDs durch Pulsbreitenmodulation ändern	44
Projekt Nr. 3: PBM-Beispiel	46
Weitere elektronische Bauteile	46
Transistoren	47
Gleichrichterdiode(n)	48
Relais	49
Schaltungen mit höherer Spannung	49
Ausblick	51

4

GRUNDBAUSTEINE	53
Schaltpläne	54
Symbole für die Bauteile	54
Leitungen in Schaltplänen	57
Schaltpläne analysieren	58

Kondensatoren	59
Die Kapazität von Kondensatoren	59
Kapazitätswerte ablesen	59
Arten von Kondensatoren	60
Digitale Eingänge	61
Projekt Nr. 4: Beispiel für digitale Eingänge	63
Der Algorithmus	64
Die Hardware	64
Der Schaltplan	64
Der Sketch	68
Den Sketch verstehen	69
Konstanten mit #define erstellen	69
Digitale Eingangspins messen	69
Entscheidungen mit if	69
Mehr Entscheidungsmöglichkeiten mit if-else	70
Boolesche Variablen	71
Logische Vergleichsoperatoren	72
Zwei und mehr Vergleiche	73
Projekt Nr. 5: Eine Verkehrsampel	74
Das Ziel	74
Der Algorithmus	74
Die Hardware	75
Der Schaltplan	75
Der Sketch	76
Den Sketch ausführen	79
Analoge und digitale Signale	79
Projekt Nr. 6: Ein Testgerät für Einzelzellenbatterien	81
Das Ziel	81
Der Algorithmus	82
Die Hardware	82
Der Schaltplan	82
Der Sketch	83
Rechnen mit dem Arduino	84
Fließkommavariablen	84
Vergleichsoperatoren für Berechnungen	85
Die Genauigkeit der Analogmessung durch eine Bezugsspannung verbessern	85
Externe Bezugsspannung	86
Interne Bezugsspannung	87

Regelbare Widerstände 87

Piezoelektrische Summer 89

 Das Schaltplansymbol 89

Projekt Nr. 7: Einen Piezosummer ausprobieren 90

Projekt Nr. 8: Ein Thermometer mit Ampelanzeige 92

 Das Ziel 92

 Die Hardware 93

 Der Schaltplan 93

 Der Sketch 94

Ausblick 95

5

FUNKTIONEN 97

Projekt Nr. 9: Eine Funktion zur Wiederholung einer Aktion erstellen 98

Projekt Nr. 10: Eine Funktion mit einstellbarem Blinkvorgang erstellen . . . 99

Funktionen zur Rückgabe von Werten 100

Projekt Nr. 11: Ein Thermometer mit Blinkcodeanzeige 101

 Die Hardware 102

 Der Schaltplan 102

 Der Sketch 102

Daten vom Arduino im seriellen Monitor anzeigen 104

 Der serielle Monitor 105

Projekt Nr. 12: Die Temperatur im seriellen Monitor anzeigen 106

 Debugging im seriellen Monitor 108

Entscheidungen mit while-Anweisungen 108

 while 109

 do-while 109

Daten vom seriellen Monitor an den Arduino senden 110

Projekt Nr. 13: Eine Zahl mit 2 multiplizieren 110

long-Variablen 112

Projekt Nr. 14: long-Variablen verwenden 112

Ausblick 114

ZAHLEN, VARIABLEN UND ARITHMETISCHE OPERATIONEN 115

Zufallszahlen generieren	116
Zufallszahlen aus dem Umgebungsstrom generieren	116
Projekt Nr. 15: Einen elektronischen Würfel erstellen	118
Die Hardware	118
Der Schaltplan	118
Der Sketch	119
Den Sketch ändern	121
Schnellkurs in Binärzahlen	121
Binärzahlen	121
Bytevariablen	122
Erweitern der digitalen Ausgänge mit Schieberegistern	123
Projekt Nr. 16: Eine Binärzahlenanzeige aus LEDs bauen	124
Die Hardware	125
Der Schaltplan	125
Der Sketch	126
Projekt Nr. 17: Ein Binärzahlenquiz konstruieren	128
Der Algorithmus	128
Der Sketch	128
Arrays	131
Arrays definieren	131
Auf Werte in Arrays verweisen	131
In Arrays lesen und schreiben	132
Siebensegmentanzeigen	133
Die LEDs steuern	134
Projekt Nr. 18: Eine einstellige Anzeige konstruieren	136
Die Hardware	136
Der Schaltplan	136
Der Sketch	137
Zweistellige Zahlen anzeigen	138
Projekt Nr. 19: Zwei Siebensegmentanzeigen steuern	138
Die Hardware	138
Der Schaltplan	139
Modulo	140

Projekt Nr. 20: Ein Digitalthermometer konstruieren	141
Die Hardware	142
Der Sketch	142
Ausblick	143

7

DEN ARDUINO ERWEITERN 145

Shields	146
---------------	-----

ProtoShield	148
-------------------	-----

Projekt 21: Ein individuelles Shield erstellen

 149

Die Hardware	149
--------------------	-----

Der Schaltplan	150
----------------------	-----

Das Layout des ProtoShields	150
-----------------------------------	-----

Das Design	151
------------------	-----

Die Bauteile festlöten	152
------------------------------	-----

Testen des ProtoShields	154
-------------------------------	-----

Sketche durch Bibliotheken erweitern	155
--	-----

Eine Arduino-Bibliothek als ZIP-Datei herunterladen	155
---	-----

Eine Arduino-Bibliothek mit dem Library Manager importieren	158
---	-----

SD-Speicherkarten	159
-------------------------	-----

Das Kartenmodul anschließen	160
-----------------------------------	-----

Ihre SD-Karte testen	161
----------------------------	-----

Projekt 22: Daten auf die Speicherkarte schreiben

 162

Der Sketch	162
------------------	-----

Projekt Nr. 23: Ein Gerät zur Temperaturoaufzeichnung konstruieren

 164

Die Hardware	164
--------------------	-----

Der Sketch	165
------------------	-----

Zeitmessung mit millis() und micros()	167
---	-----

Projekt Nr. 31: Eine Stoppuhr konstruieren

 169

Die Hardware	169
--------------------	-----

Der Schaltplan	170
----------------------	-----

Der Sketch	170
------------------	-----

Interrupts	172
------------------	-----

Interrupt-Modi	173
----------------------	-----

Interrupts einrichten	173
-----------------------------	-----

Interrupts aktivieren und deaktivieren	174
--	-----

Projekt Nr. 25: Interrupts verwenden	174
Der Sketch	174
Ausblick	176

8

NUMERISCHE LED-ANZEIGEN UND MATRIZEN 177

Numerische LED-Anzeigen	178
Die Bibliothek installieren	179
Projekt Nr. 26: Digitale Stoppuhr	182
Projekt Nr. 27: LED-Matrix-Module verwenden	185
Installieren der Bibliothek	187
Die Display-Schriftart bearbeiten	191
Ausblick	193

9

FLÜSSIGKRISTALLANZEIGEN 195

LCD-Module	195
Ein LCD in einem Sketch verwenden	197
Text anzeigen	198
Variablen und Zahlen anzeigen	199
Projekt Nr. 28: Eigene Zeichen definieren	200
LCD-Grafikmodule	202
Das LCD-Grafikmodul anschließen	203
Das LCD verwenden	203
Die Anzeige steuern	204
Projekt Nr. 29: Textfunktionen in Aktion	206
Der Sketch	206
Den Sketch ausführen	207
Komplexere Anzeigeeffekte mit Grafikfunktionen erstellen	207
Projekt Nr. 30: Die Grafikfunktionen in Aktion	209
Der Sketch	209
Projekt Nr. 31: Eine Temperaturverlaufskurve aufzeichnen	212
Der Algorithmus	212
Die Hardware	212
Der Sketch	213
Den Sketch ausführen	215
Den Sketch ändern	216
Ausblick	216

10

IHRE EIGENEN ARDUINO-BIBLIOTHEKEN ERSTELLEN 217

Ihre erste Arduino-Bibliothek erstellen	218
Aufbau einer Arduino-Bibliothek	219
Die Header-Datei	219
Die Quelldatei	221
Die Datei KEYWORDS.TXT	222
Ihre neue Arduino-Bibliothek installieren	224
Erstellen einer ZIP-Datei mit Windows 7 und höher	224
Erstellen einer ZIP-Datei mit macOS oder später	225
Ihre neue Bibliothek installieren	227
Eine Bibliothek erstellen, die Werte annimmt, um eine Funktion auszuführen	228
Eine Bibliothek erstellen, die Sensorwerte verarbeitet und anzeigt	232
Ausblick	238

11

NUMERISCHE TASTENFELDER 239

Numerische Tastenfelder verwenden	239
Ein Tastenfeld anschließen	240
Programme für das Tastenfeld schreiben	240
Den Sketch testen	241
Entscheidungen mit switch-case	242
Projekt Nr. 32: Ein Schloss mit Tastenfeld konstruieren	243
Der Sketch	243
Funktionsweise	245
Den Sketch testen	245
Ausblick	246

12

BENUTZEREINGABEN ÜBER EINEN TOUCHSCREEN 247

Touchscreens	247
Den Touchscreen anschließen	248
Projekt Nr. 33: Bereiche auf dem Touchscreen ansprechen	249
Die Hardware	249
Der Sketch	249
Den Sketch testen	251
Den Touchscreen kalibrieren	251

Projekt Nr. 34: Einen Ein/Aus-Schalter mit zwei Zonen entwerfen	252
Der Sketch	253
Funktionsweise	254
Den Sketch testen	255
Die Funktion map()	255
Projekt Nr. 35: Einen Schalter mit drei Berührungszonen entwerfen	256
Die Touchscreen-Karte	256
Der Sketch	256
Den Sketch verstehen	259
Ausblick	259

13

GESTATTEN, FAMILIE ARDUINO! 261

Projekt Nr. 36: Einen eigenen Steckplatinen-Arduino bauen	261
Die Hardware	262
Der Schaltplan	265
Den Sketch ausführen	268
Die zahlreichen verschiedenen Arduino-Platinen	272
Arduino Uno	273
Freetronics Eleven	273
Der Adafruit Pro Trinket	274
Der Arduino Nano	275
Der Arduino LilyPad	276
Der Arduino Mega 2560	276
Der Freetronics EtherMega	277
Der Arduino Due	277
Ausblick	279

14

MOTOREN UND BEWEGUNG 281

Kleine Bewegungen mithilfe von Stellmotoren	281
Stellmotoren auswählen	282
Einen Stellmotor anschließen	283
Den Stellmotor in Bewegung setzen	283
Projekt Nr. 37: Ein Zeigerthermometer bauen	284
Die Hardware	284
Der Schaltplan	284
Der Sketch	285

E-Motoren	287
Einen Motor auswählen	287
Der Darlington-Transistor TIP120	287
Projekt Nr. 38: Den Motor steuern	288
Die Hardware	288
Der Schaltplan	289
Der Sketch	290
Kleine Schrittmotoren	291
Projekt Nr. 39: Ein Roboterfahrzeug bauen und steuern	295
Die Hardware	296
Der Schaltplan	297
Das Motor-Shield anschließen	298
Der Sketch	300
Anschließen weiterer Hardware	304
Kollisionserkennung	305
Projekt Nr. 40: Kollisionen mithilfe eines Mikroschalters erkennen	305
Der Schaltplan	306
Der Sketch	306
Infrarotsensoren zur Abstandsmessung	309
Verkabelung	310
Den IR-Abstandssensor testen	311
Projekt Nr. 41: Kollisionen mithilfe eines IR-Abstandssensors verhindern	313
Der Sketch	313
Den Sketch modifizieren und weitere Sensoren anschließen	316
Ultraschallsensoren	316
Den Ultraschallsensor anschließen	316
Den Ultraschallsensor testen	318
Projekt Nr. 42: Kollisionen mithilfe eines Ultraschall-Abstandssensors verhindern	318
Der Sketch	318
Ausblick	321

15

GPS FÜR DEN ARDUINO 323

Was ist GPS?	323
Den GPS-Shield testen	326
Projekt Nr. 43: Einen einfachen GPS-Empfänger bauen	328
Die Hardware	328
Der Sketch	329
Den Sketch ausführen	330
Projekt Nr. 44: Eine genaue GPS-gestützte Uhr konstruieren	331
Die Hardware	331
Der Sketch	331
Projekt Nr. 45: Den Bewegungsverlauf eines Objekts aufzeichnen	333
Die Hardware	333
Der Sketch	334
Den Sketch ausführen	336
Ausblick	338

16

DRAHTLOSE DATENÜBERTRAGUNG 339

Preiswerte Module für die drahtlose Datenübertragung	339
Projekt Nr. 46: Eine drahtlose Fernbedienung konstruieren	341
Die Hardware des Senders	341
Der Schaltplan des Senders	342
Die Hardware des Empfängers	342
Der Schaltplan des Empfängers	343
Der Sketch des Senders	344
Der Sketch des Empfängers	346
LoRa-Funkdatenmodule für größere Reichweite und höhere Geschwindigkeit	347
Projekt Nr. 47: Fernsteuern über LoRa Wireless	348
Die Hardware des Senders	348
Der Schaltplan des Senders	349
Die Hardware des Empfängers	350
Der Schaltplan des Empfängers	350
Der Sketch des Senders	351
Der Sketch des Empfängers	353

Projekt Nr. 48: Fernsteuern über LoRa mit Bestätigung 355

 Die Hardware des Senders 355

 Der Schaltplan des Senders 356

 Der Sketch des Senders 356

 Der Sketch des Empfängers 360

Projekt Nr. 49: Übertragung von Sensordaten über eine drahtlose LoRa-Verbindung 362

 Die Hardware des Senders 362

 Die Hardware des Empfängers 363

 Der Schaltplan des Empfängers 363

 Der Sketch des Senders 364

 Der Sketch des Empfängers 366

Ausblick 369

17

INFRAROT-FERNBEDIENTUNGEN 371

Was ist Infrarot? 371

Vorbereitung für die Infrarotübertragung 372

 Der IR-Empfänger 372

 Die Fernbedienung 373

 Der Testsketch 373

 Den Sketch testen 374

Projekt Nr. 50: Den Arduino fernsteuern 375

 Die Hardware 375

 Der Schaltplan 376

 Der Sketch 376

 Den Sketch erweitern 378

Projekt Nr. 51: Ein Raupenfahrzeug fernsteuern 379

 Die Hardware 379

 Der Sketch 379

Ausblick 383

18

RFID-TRANSPONDER LESEN 385

Das Innenleben von RFID-Transpondern 386

Die Hardware testen 387

 Der Schaltplan 387

 Die Schaltung prüfen 387

Der Test-Sketch	388
Anzeigen der ID-Nummer der RFID-Transponder	388
Projekt Nr. 52: Ein einfaches RFID-Steuerungssystem konstruieren	389
Der Sketch	389
Funktionsweise	392
Daten im eingebauten EEPROM des Arduino speichern	392
Lesen und Schreiben im EEPROM	393
Projekt Nr. 53: Ein RFID-Steuerungssystem konstruieren, das sich die letzte Aktion merkt	395
Der Sketch	395
Funktionsweise	398
Ausblick	399

19

DATENBUSSE	401
Der I ² C-Bus	401
Projekt Nr. 54: Einen externen EEPROM verwenden	404
Die Hardware	404
Der Schaltplan	404
Der Sketch	405
Das Ergebnis	407
Projekt Nr. 55: Einen IC zur Porterweiterung verwenden	408
Die Hardware	408
Der Schaltplan	408
Der Sketch	410
Der SPI-Bus	411
Die Anschlüsse	411
Den SPI-Bus nutzen	412
Daten an ein SPI-Gerät senden	413
Projekt Nr. 56: Ein Digitalpotenziometer verwenden	413
Die Hardware	414
Der Schaltplan	414
Der Sketch	415
Ausblick	417

ECHTZEITUHREN 419

Der Anschluss des RTC-Moduls 420

Projekt Nr. 57: Datum und Uhrzeit mit einem RTC-Modul einstellen und anzeigen 420

Die Hardware 421

Der Sketch 421

Funktionsweise 424

Projekt Nr. 58: Eine einfache Digitaluhr bauen 425

Die Hardware 425

Der Sketch 426

Funktionsweise 428

Projekt Nr. 59: Eine Stechuhr konstruieren 429

Die Hardware 429

Der Sketch 430

Funktionsweise 434

Ausblick 435

DAS INTERNET 437

Erforderliches Material 437

Projekt Nr. 60: Eine Fernüberwachungsstation konstruieren 439

Die Hardware 439

Der Sketch 440

Fehlersuche 443

Funktionsweise 443

Projekt Nr. 61: Einen Arduino-Tweeter konstruieren 444

Die Hardware 445

Der Sketch 445

Den Arduino vom Web aus steuern 447

Projekt Nr. 62: Eine Fernsteuerung für den Arduino einrichten 448

Die Hardware 448

Der Sketch 449

Den Arduino fernsteuern 450

Ausblick 452

MOBILFUNKKOMMUNIKATION	453
Die Hardware	454
Hardware-Konfiguration und -Test	455
Projekt Nr. 63: Bau eines Arduino-Wählers	458
Die Hardware	458
Der Schaltplan	459
Der Sketch	459
Den Sketch verstehen	460
Projekt Nr. 64: Bau eines Arduino SMS-Senders	461
Der Sketch	461
Den Sketch verstehen	462
Projekt Nr. 65: Eine SMS-Fernbedienung bauen	463
Die Hardware	464
Der Schaltplan	464
Der Sketch	464
Den Sketch verstehen	467
Ausblick	468
INDEX	469