

## Auf einen Blick

1	Arduino – was ist das? .....	17
2	Arduino-Hardware .....	59
3	Das Experimentierumfeld .....	121
4	Arduino-Software .....	193
5	Sensoren .....	317
6	Eingabeelemente .....	383
7	Anzeigeelemente .....	429
8	Aktoren .....	531
9	Externe Speicher .....	571
10	Kommunikation .....	583
11	Datenformate und Kommunikationsprotokolle .....	675
12	Arduino-Benchmarks .....	687
13	Projektideen für den Arduino .....	691
14	Gehäuse für den Arduino .....	745
15	Der Arduino in industriellen Anwendungen .....	749

# Inhalt

Materialien zum Buch .....	14
Geleitwort .....	15
<b>1 Arduino – was ist das?</b> .....	<b>17</b>
<b>1.1 Arduino – etwas Hintergrund</b> .....	<b>17</b>
<b>1.2 Open Source: Die Lizenzen des Arduino-Projekts</b> .....	<b>18</b>
<b>1.3 Maker und die Arduino-Community</b> .....	<b>21</b>
<b>1.4 Arduino Uno Rev3 – der Standard</b> .....	<b>26</b>
1.4.1 Ein- und Ausgangspins .....	27
1.4.2 Serielle Schnittstellen .....	29
1.4.3 Spannungsversorgung .....	29
1.4.4 Warum eigentlich die Bezeichnung »Uno«? .....	30
<b>1.5 Details zum Mikrocontroller</b> .....	<b>31</b>
1.5.1 Mikrocontroller-Kern .....	32
1.5.2 Mikrocontroller-Peripherie .....	37
<b>2 Arduino-Hardware</b> .....	<b>59</b>
<b>2.1 Die Produktfamilie Arduino</b> .....	<b>59</b>
2.1.1 Klassische Arduino-Boards .....	59
2.1.2 Kompakte Arduino-Boards .....	67
2.1.3 Die Arduino-MKR-Serie .....	74
2.1.4 Arduino Yún .....	78
2.1.5 Arduino Uno Rev3 und Onion Omega2 .....	84
<b>2.2 Arduino-kompatible Boards</b> .....	<b>85</b>
2.2.1 Seeeduno v4.2 .....	86
2.2.2 LilyPad Arduino .....	87
2.2.3 Maduino GPRS A6 .....	88
2.2.4 BBC micro:bit bzw. Calliope mini .....	89
2.2.5 SparkFun Pro nRF52840 Mini .....	91
2.2.6 STM32 Nucleo .....	92
2.2.7 Teensy 4.0 .....	94

2.2.8	ESP8266 .....	95
2.2.9	ESP32 .....	98
2.2.10	M5Stack und M5StickC .....	102
2.2.11	Maixduino .....	107
<b>2.3</b>	<b>Arduino-Shields .....</b>	<b>109</b>
2.3.1	Arduino-Standard-Shields .....	109
2.3.2	Arduino-MKR-Shields .....	115
<b>3</b>	<b>Das Experimentierumfeld .....</b>	<b>121</b>
<b>3.1</b>	<b>Elektronische Bauteile .....</b>	<b>121</b>
3.1.1	Widerstand, Kondensator und Spule .....	121
3.1.2	Taster, Schalter und Relais .....	128
3.1.3	Dioden .....	128
3.1.4	Transistoren und FETs als Schalter .....	131
3.1.5	Operationsverstärker .....	137
<b>3.2</b>	<b>Grundlagen zur Schaltungstechnik .....</b>	<b>139</b>
3.2.1	Ohmsches Gesetz .....	139
3.2.2	Kirchhoffsche Regeln .....	139
3.2.3	Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen .....	144
<b>3.3</b>	<b>Breadboards und Zubehör .....</b>	<b>145</b>
3.3.1	Breadboards .....	145
3.3.2	Breadboard Holder .....	148
3.3.3	Breadboard Power .....	150
<b>3.4</b>	<b>Qwiic, Grove und mikroBUS Connection .....</b>	<b>150</b>
3.4.1	Qwiic Connection .....	151
3.4.2	Grove System .....	153
3.4.3	mikroBUS System .....	153
<b>3.5</b>	<b>Spannungsversorgung .....</b>	<b>154</b>
3.5.1	USB-Anschluss .....	155
3.5.2	USB-Hub mit Schnellladeanschluss .....	157
3.5.3	Steckernetzteil .....	158
3.5.4	Labornetzgerät .....	159
3.5.5	Lithium-Polymer-Akku .....	161
3.5.6	Spannungsversorgung mit Solarzellen .....	164
3.5.7	Reduzierung des Strombedarfs für Batteriebetrieb .....	166
<b>3.6</b>	<b>Messtechnik .....</b>	<b>170</b>
3.6.1	Multimeter .....	170

3.6.2	Funktionsgenerator .....	173
3.6.3	Oszilloskop .....	176
3.6.4	BitScope Micro .....	178
3.6.5	Saleae Logic Analyzer .....	183
<b>3.7</b>	<b>CAD-Software .....</b>	<b>184</b>
3.7.1	Fritzing .....	184
3.7.2	KiCAD .....	187
3.7.3	EAGLE .....	189
3.7.4	EasyEDA Standard .....	190
3.7.5	Welches Tool soll ich verwenden? .....	191
<b>4</b>	<b>Arduino-Software .....</b>	<b>193</b>
<b>4.1</b>	<b>Schritte bei der Programmerstellung .....</b>	<b>193</b>
<b>4.2</b>	<b>Die Arduino-Entwicklungsumgebung .....</b>	<b>194</b>
<b>4.3</b>	<b>Die Arduino-Create-Plattform .....</b>	<b>202</b>
4.3.1	Bestandteile .....	202
4.3.2	Unterstützte Controller .....	209
<b>4.4</b>	<b>Arduino Create vs. Arduino IDE .....</b>	<b>210</b>
<b>4.5</b>	<b>Programmieren in C++ .....</b>	<b>211</b>
4.5.1	Empfehlenswerte Online-Tutorials .....	211
4.5.2	Einführung in die Grundlagen von C++ .....	212
<b>4.6</b>	<b>Den Arduino programmieren .....</b>	<b>242</b>
4.6.1	Programmstruktur .....	242
4.6.2	Arduino-Funktionen .....	243
4.6.3	Hello World .....	264
4.6.4	Arduino-Librarys .....	266
<b>4.7</b>	<b>Alternative Programmierumgebungen .....</b>	<b>270</b>
4.7.1	BASCOM-AVR .....	270
4.7.2	FlashForth .....	273
4.7.3	MicroPython .....	277
4.7.4	Fazit .....	281
<b>4.8</b>	<b>Arduino-Boards in Betrieb nehmen .....</b>	<b>281</b>
4.8.1	Arduino Uno .....	283
4.8.2	Arduino Uno WiFi Rev2 .....	284
4.8.3	Arduino Yún .....	290

4.8.4	ESP32 .....	305
4.8.5	M5Stack bzw. M5StickC .....	308
4.8.6	Teensy 4.0 .....	312

## 5 Sensoren 317

5.1	Der Thermistor als Temperatursensor .....	317
5.2	Der Temperatursensor TMP36 .....	320
5.3	Der Temperatur- und Feuchtigkeitssensor DHTxx/AM23xx .....	324
5.4	Der Temperatur- und Feuchtigkeitssensor Si7021 .....	330
5.5	Der Temperatursensor DS18B20 .....	334
5.6	Die barometrischen Drucksensoren BMP180, BMP280 und BME280 .....	339
5.7	Der Luftqualitätssensor MQ135 .....	344
5.8	Der Grove-Feinstaubsensor PPD42NS .....	350
5.9	Der Lichtstärkesensor GY-30 (BH1750FVI) .....	354
5.10	Der Farbsensor GY-TCS3200D .....	358
5.11	Ultraschall-Entfernungsmessung .....	364
5.12	ToF-Entfernungsmessung .....	369
5.13	Bewegungsdetektion mit PIR-Sensoren .....	373
5.14	Wetterdaten .....	376

## 6 Eingabelemente 383

6.1	Taster und Schalter .....	383
6.2	Keypads .....	385
6.3	Joysticks .....	393
6.4	Drehgeber .....	396
6.5	Touch-Sensoren .....	401
6.6	Touch-Panels .....	402
6.7	RFID .....	406
6.8	NFC .....	415

## 7 Anzeigeelemente 429

7.1	LEDs und RGB-LEDs .....	429
7.2	Sieben-Segment-Anzeige .....	435
7.3	LED-Dot-Matrix-Anzeige .....	438
7.4	Seriell gesteuerte RGB-LEDs .....	442
7.4.1	NeoPixel .....	443
7.4.2	DotStar .....	448
7.4.3	NeoPixel vs. DotStar .....	452
7.4.4	FastLED .....	453
7.5	LCDs .....	456
7.5.1	Display mit HD44780 .....	456
7.5.2	Grove-LCDs mit I <sup>2</sup> C .....	459
7.5.3	LCD Keypad Shield .....	461
7.5.4	Arduino-Shield mit EA DOGS102W-6 und EA PCBARDDOG1701 .....	466
7.5.5	Nokia5110-Grafik-LCD .....	471
7.6	OLED-Display .....	479
7.7	Touchscreen .....	490
7.7.1	Waveshare 2.8" Touch LCD Shield .....	491
7.7.2	Nextion 2.8" HMI LCD Touch Display .....	501

## 8 Aktoren 531

8.1	Relais .....	531
8.2	Motoren .....	536
8.2.1	Servo .....	536
8.2.2	DC-Motor .....	541
8.2.3	Schrittmotor .....	557

## 9 Externe Speicher 571

9.1	Internes EEPROM .....	571
9.2	Externes EEPROM .....	574
9.3	FRAM .....	578

<b>10 Kommunikation</b>	583
<b>10.1 Serielles Interface UART, der interne Monitor</b>	583
<b>10.2 SPI</b>	590
<b>10.3 I<sup>2</sup>C-Bus</b>	595
<b>10.4 1-Wire-Bus</b>	598
<b>10.5 CAN</b>	606
<b>10.6 Bluetooth und BLE</b>	614
10.6.1 Serielle Bluetooth-Module	615
10.6.2 Mikrocontroller mit BLE	616
<b>10.7 Der Arduino im Netzwerk</b>	629
10.7.1 Ethernet	629
10.7.2 WiFi	634
10.7.3 Performancetests	637
<b>10.8 LoRa bzw. LoRaWAN</b>	639
10.8.1 LoRa/LoRaWAN – Begriffe	639
10.8.2 LoRa-Datenübertragung	640
10.8.3 The Things Network (TTN)	647
10.8.4 LoRaWAN-Knoten	651
<b>10.9 GSM</b>	664
10.9.1 Module und Provider	664
10.9.2 Arduino Uno mit SIM800 EVB	666
10.9.3 Maduino GPRS A6	670
<b>11 Datenformate und Kommunikationsprotokolle</b>	675
<b>11.1 JSON</b>	675
<b>11.2 MQTT</b>	678
11.2.1 MQTT-Grundlagen	678
11.2.2 MQTT-Broker	680
11.2.3 MQTT-Client	682

<b>12 Arduino-Benchmarks</b>	687
<b>13 Projektideen für den Arduino</b>	691
<b>13.1 Tragbare Elektronik (Wearables)</b>	691
<b>13.2 Überwachung des Raumklimas</b>	694
<b>13.3 Open Data aus dem Internet</b>	702
13.3.1 OpenWeatherMap	702
13.3.2 Covid-19-Datenbank	707
<b>13.4 Pushover-Statusmeldungen</b>	713
13.4.1 Pushover-Server	714
13.4.2 Pushover Android Client	715
13.4.3 Pushover-Integration ins Arduino-Programm	717
<b>13.5 Arduino Yún</b>	722
13.5.1 Netzwerk-Performance	722
13.5.2 Zwei Welten verbinden	724
13.5.3 Erfassen von Messdaten	726
<b>13.6 M5StickC</b>	733
13.6.1 M5StickC-Hats	733
13.6.2 M5StickC-Thermometer	734
13.6.3 M5StickC – Messen der Wassertemperatur	735
<b>13.7 Maschinelles Lernen</b>	738
<b>14 Gehäuse für den Arduino</b>	745
<b>14.1 ArduiBox Open – Hutschienengehäuse für den Arduino</b>	745
<b>14.2 AZ-Touch MKR/ESP</b>	747
<b>15 Der Arduino in industriellen Anwendungen</b>	749
<b>15.1 Prototyping mit dem Arduino</b>	749
<b>15.2 Industrieanwendungen</b>	749

<b>Anhang</b>	753
<b>A.1 Arduino Programming Cheat Sheet</b> .....	753
<b>A.2 Arduino-Simulatoren</b> .....	754
<b>A.3 Arduino-Distributoren</b> .....	756
<b>A.4 Arduino-Beschaffungskosten</b> .....	757
<b>A.5 Technische Daten im Vergleich</b> .....	759
<b>A.6 Spezifikation von Widerständen</b> .....	765
A.6.1 Bedrahtete Widerstände .....	765
A.6.2 SMD-Widerstände .....	767
<b>A.7 Zahlensysteme</b> .....	768
Index .....	771