

Inhalt

1	Arduino – was ist das?	19
1.1	Arduino – etwas Hintergrund	19
1.2	Open Source: Die Lizenzen des Arduino-Projekts	20
1.3	Maker und die Arduino-Community	23
1.4	Arduino Uno Rev3 – der Standard	25
1.4.1	Ein- und Ausgangspins	26
1.4.2	Serielle Schnittstellen	28
1.4.3	Spannungsversorgung	28
1.4.4	Mikrocontroller ATmega328P	29
1.4.5	Warum eigentlich die Bezeichnung »Uno«?	29
1.5	Details zum Mikrocontroller	30
1.5.1	Mikrocontroller-Kern	31
1.5.2	Mikrocontroller-Peripherie	35
2	Arduino-Hardware	59
2.1	Die Produktfamilie Arduino	59
2.1.1	Klassische Arduino-Boards	59
2.1.2	Kompakte Arduino-Boards	67
2.1.3	Arduino-MKR-Serie	77
2.1.4	Arduino-Pro-Familie	80
2.1.5	Arduino Yún	91
2.2	Arduino-kompatible Boards	96
2.2.1	Seeeduino v4.2	97
2.2.2	LilyPad Arduino	98
2.2.3	Maduino GPRS A6	100
2.2.4	BBC micro:bit bzw. Calliope mini	101
2.2.5	SparkFun Pro nRF52840 Mini	102
2.2.6	STM32 Nucleo	104
2.2.7	Teensy 4.x	105
2.2.8	ESP8266	107
2.2.9	ESP32	110

2.2.10	M5Stack, M5StickC/M5StickC Plus, M5ATOM und M5Stamp	117
2.2.11	Raspberry Pi Pico	125
2.2.12	Seeed XIAO und Wio Terminal	132
2.2.13	Adafruit Feather und SparkFun Thing Plus	134
2.2.14	Maixduino	134
2.3	Arduino-Shields	137
2.3.1	Arduino-Standard-Shields	137
2.3.2	Arduino-MKR-Shields	142
2.4	Expansionsboards	146
2.4.1	Arduino Portenta H7	146
2.4.2	Seeeduino XIAO	146
2.4.3	Raspberry Pi Pico	147

3 Das Experimentierumfeld 151

3.1	Elektronische Bauteile	151
3.1.1	Widerstand, Kondensator und Spule	151
3.1.2	Taster, Schalter und Relais	158
3.1.3	Dioden	159
3.1.4	Transistoren und FETs als Schalter	161
3.1.5	Operationsverstärker	167
3.2	Grundlagen zur Schaltungstechnik	169
3.2.1	Ohmsches Gesetz	169
3.2.2	Kirchhoffsche Regeln	169
3.2.3	Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen	174
3.3	Breadboards und Zubehör	175
3.3.1	Breadboards	175
3.3.2	Breadboard Holder	177
3.3.3	Breadboard Power	179
3.4	Qwiic, Grove und mikroBUS Connection	180
3.4.1	Qwiic Connection	180
3.4.2	Grove-System	182
3.4.3	mikroBUS System	182
3.5	Spannungsversorgung	183
3.5.1	USB-Hub mit Schnellladeanschluss	186
3.5.2	Steckernetzteil	187
3.5.3	Labornetzgerät	188

3.5.4	Lithium-Polymer-Akku	189
3.5.5	Spannungsversorgung mit Solarzellen	193
3.5.6	Reduzierung des Strombedarfs für Batteriebetrieb	194
3.6	Messtechnik	198
3.6.1	Multimeter	198
3.6.2	Funktionsgenerator	199
3.6.3	Oszilloskop	201
3.6.4	BitScope Micro	202
3.6.5	Saleae Logic Analyzer	207
3.7	CAD-Software	208
3.7.1	Fritzing	208
3.7.2	KiCAD	211
3.7.3	EAGLE	211
3.7.4	EasyEDA Standard	211
3.7.5	Welches Tool soll ich verwenden?	212
4	Arduino-Software	215
4.1	Schritte bei der Programmerstellung	215
4.2	Die Arduino-Entwicklungsumgebung	216
4.2.1	Legacy IDE: Arduino 1.8	216
4.2.2	Die neue Arduino IDE 2	223
4.3	Die Arduino-Create-Plattform	227
4.3.1	Arduino Web Editor	228
4.3.2	Arduino IoT Cloud	230
4.3.3	Arduino Project Hub	230
4.4	Arduino Create vs. Arduino IDE	231
4.5	Programmieren in C++	232
4.5.1	Empfehlenswerte Online-Tutorials	233
4.5.2	Einführung in die Grundlagen von C++	233
4.6	Den Arduino programmieren	261
4.6.1	Programmstruktur	261
4.6.2	Arduino-Funktionen	262
4.6.3	Hello World	282
4.6.4	Arduino-Librarys	285

4.7	Arduino-Boards in Betrieb nehmen	288
4.7.1	Arduino Uno	289
4.7.2	Arduino Uno WiFi Rev2	291
4.7.3	Arduino Yún	296
4.7.4	ESP32	309
4.7.5	M5Stack bzw. M5StickC/C Plus	311
4.7.6	Teensy 4.x	315
4.7.7	Raspberry Pi Pico	318
4.8	Arduino-Debugging	321
4.8.1	Debugging mit digitalem Ausgang	321
4.8.2	printf()-Debugging	322
4.8.3	MicroDebug-Library	322
4.8.4	ArduinoTrace-Library	326
4.8.5	Arduino-Debugging mit SEGGER J-Link Debugger	328
5	Sensoren	337
<hr/>		
5.1	Der Thermistor als Temperatursensor	337
5.2	Der Temperatursensor TMP36	340
5.3	Der Temperatur- und Feuchtigkeitssensor DHTxx/AM23xx	344
5.4	Der Temperatur- und Feuchtigkeitssensor Si7021	350
5.5	Der Temperatursensor DS18B20	353
5.6	Die barometrischen Drucksensoren BMP180, BMP280 und BME280	357
5.7	Der Luftqualitätssensor MQ135	362
5.8	Der Grove-Feinstaubsensor PPD42NS	368
5.9	Der Lichtstärkesensor GY-30 (BH1750FVI)	371
5.10	Der Farbsensor GY-TCS3200D	375
5.11	Ultraschall-Entfernungsmessung	381
5.12	ToF-Entfernungsmessung	386
5.13	Bewegungsdetektion mit PIR-Sensoren	389
5.14	Wetterdaten	392

6	Eingabelemente	399
6.1	Taster und Schalter	399
6.2	Keypads	401
6.3	Joysticks	408
6.4	Drehgeber	411
6.5	Touch-Sensoren	415
6.6	Touch-Panels	416
6.7	RFID	419
6.8	NFC	429
7	Anzeigeelemente	441
7.1	LEDs und RGB-LEDs	441
7.2	Sieben-Segment-Anzeige	447
7.3	LED-Dot-Matrix-Anzeige	450
7.4	Seriell gesteuerte RGB-LEDs	454
7.4.1	NeoPixel	454
7.4.2	DotStar	459
7.4.3	NeoPixel vs. DotStar	462
7.4.4	FastLED	463
7.5	LCDs	465
7.5.1	Display mit HD44780	466
7.5.2	Grove-LCDs mit I ² C	467
7.5.3	LCD Keypad Shield	470
7.5.4	Arduino-Shield mit EA DOGS102W-6 und EA PCBARDDOG1701	473
7.5.5	Nokia-5110-Grafik-LCD	478
7.6	OLED-Display	486
7.7	Touchscreen	496
7.7.1	Waveshare 2.8" Touch LCD Shield	497
7.7.2	Nextion 2.8" HMI LCD Touch Display	507

8	Aktoren	537
8.1	Relais	537
8.2	Motoren	542
8.2.1	Servo	542
8.2.2	DC-Motor	547
8.2.3	Schrittmotor	561
9	Externe Speicher	575
9.1	Internes EEPROM	575
9.2	Externes EEPROM	578
9.3	FRAM	581
10	Kommunikation	585
10.1	Serielltes Interface UART, der interne Monitor	585
10.2	SPI	591
10.3	I²C-Bus	597
10.4	1-Wire-Bus	600
10.5	CAN	606
10.6	Bluetooth und BLE	614
10.6.1	Serielle Bluetooth-Module	615
10.6.2	Mikrocontroller mit BLE	616
10.7	Der Arduino im Netzwerk	628
10.7.1	Ethernet	628
10.7.2	WiFi	634
10.7.3	Die Performance testen	645
10.8	LoRa bzw. LoRaWAN	647
10.8.1	LoRa/LoRaWAN – Begriffe	648
10.8.2	LoRa-Datenübertragung	649
10.8.3	The Things Network (TTN)	655
10.8.4	LoRaWAN-Knoten	658

10.9 GSM	673
10.9.1 Module und Provider	673
10.9.2 Arduino Uno mit SIM800 EVB	675
10.9.3 Maduino GPRS A6	679
10.10 3GPP LPWAN	681
10.10.1 NB-IoT	684
10.10.2 LTE-M	705
10.11 Netzwerkverbindungen mit nRF24L01	709
10.11.1 Transceiver nRF24L01	710
10.11.2 nRF24L01-Modul	711
10.11.3 nRF24L01 mit SMA-Antenne	713
10.11.4 nRF24L01-Reichweitenmessung	713
10.11.5 Die Netzwerkknoten in der Übersicht	715
10.11.6 Initialisierung des nRF24L01	718
10.11.7 Datenübertragung zwischen zwei Sensorknoten	719
10.11.8 Datenübertragung zwischen mehreren Sensorknoten	723

11 Datenformate und Kommunikationsprotokolle 733

11.1 JSON	733
11.2 MQTT	736
11.2.1 Grundlagen	736
11.2.2 MQTT-Broker	738
11.2.3 MQTT-Client	740

12 Arduino-Benchmarks 745

13 Projektideen für den Arduino 749

13.1 Tragbare Elektronik (Wearables)	749
13.2 Überwachung des Raumklimas	752
13.2.1 Sensirion SCD30	755
13.2.2 Sensirion SGP30 und Bosch BME280	761

13.2.3	Bosch BME680	762
13.2.4	Environmental Sensor AZ-Envy	767
13.3	Open Data aus dem Internet	771
13.3.1	OpenWeatherMap	771
13.3.2	Covid-19-Datenbank	776
13.4	Pushover-Statusmeldungen	781
13.4.1	Pushover-Server	782
13.4.2	Pushover-Android-Client	783
13.4.3	Pushover-Integration ins Arduino-Programm	784
13.5	Überwachung von Pflanzen	789
13.5.1	M5Stack ENV.II und EARTH Unit	790
13.5.2	Kapazitive Bodenfeuchtesensoren	791
13.5.3	LilyGO-T-HiGrow Kit	792
13.6	Messung von radioaktiver Strahlung	794
13.6.1	Messtechnische Voraussetzungen	794
13.6.2	Auswertung der GMZ-Impulse	799
13.7	Arduino Yún	802
13.7.1	Netzwerk-Performance	802
13.7.2	Zwei Welten verbinden	803
13.7.3	Erfassen von Messdaten	805
13.8	M5StickC	812
13.8.1	M5StickC-Hats	812
13.8.2	M5StickC-Thermometer	813
13.8.3	M5StickC – Messung der Wassertemperatur	814
13.9	Kameraanwendungen	817
13.9.1	Arducam Shield V2	818
13.9.2	ArduCAM_ESP32S_UNO_PSRAM Board	822
13.9.3	M5Stack Camera	825
13.10	Maschinelles Lernen	827
13.10.1	TensorFlow Lite	828
13.10.2	Edge Impulse	828
14	Gehäuse für den Arduino	831
14.1	ArduiBox Open – Hutschienengehäuse für den Arduino	831
14.2	RasPiBox Pico für Raspberry Pi Pico	833

14.3	AZ-Touch MKR/ESP/Feather	834
14.4	ESPGateway – ESP32 WiFi/ BLE Gateway	835
15	Der Arduino in industriellen Anwendungen	839
15.1	Prototyping mit dem Arduino	839
15.2	Industrieanwendungen	840
15.2.1	Controllino	840
15.2.2	Industrial Controller	842
15.2.3	Industruino	843
	Anhang	845
A.1	Arduino-Distributoren	845
A.2	Technische Daten im Vergleich	845
A.3	Spezifikation von Widerständen	850
A.3.1	Bedrahtete Widerstände	851
A.3.2	SMD-Widerstände	852
	Index	855