

Arduino & Co

Messen, Schalten und Tüfteln

Pfiffige Lösungen mit **Arduino Pro Mini** und ATmega328-Boards



Robert Sontheimer

● © 2022: Elektor Verlag GmbH, Aachen.

1. Auflage 2022

● Alle Rechte vorbehalten.

Die in diesem Buch veröffentlichten Beiträge, insbesondere alle Aufsätze und Artikel sowie alle Entwürfe, Pläne, Zeichnungen und Illustrationen sind urheberrechtlich geschützt. Ihre auch auszugsweise Vervielfältigung und Verbreitung ist grundsätzlich nur mit vorheriger schriftlicher Zustimmung des Herausgebers gestattet.

Die Informationen im vorliegenden Buch werden ohne Rücksicht auf einen eventuellen Patentschutz veröffentlicht. Die in diesem Buch erwähnten Soft- und Hardwarebezeichnungen können auch dann eingetragene Warenzeichen sein, wenn darauf nicht besonders hingewiesen wird. Sie gehören dem jeweiligen Warenzeicheninhaber und unterliegen gesetzlichen Bestimmungen.

Bei der Zusammenstellung von Texten und Abbildungen wurde mit größter Sorgfalt vorgegangen. Trotzdem können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden. Verlag, Herausgeber und Autor können für fehlerhafte Angaben und deren Folgen weder eine juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung übernehmen.

Für die Mitteilung eventueller Fehler sind Verlag und Autor dankbar.

● Erklärung

Der Autor und der Herausgeber dieses Buches haben alle Anstrengungen unternommen, um die Richtigkeit der in diesem Buch enthaltenen Informationen sicherzustellen. Sie übernehmen keine Haftung für Verluste oder Schäden, die durch Fehler oder Auslassungen in diesem Buch verursacht werden, unabhängig davon, ob diese Fehler oder Auslassungen auf Fahrlässigkeit, Unfall oder andere Ursachen zurückzuführen sind.

Umschlaggestaltung: Elektor, Aachen

Satz und Aufmachung: Robert Sontheimer

Druck: Ipskamp Printing, Enschede, Niederlande

● ISBN 978-3-89576-477-6

Ebook 978-3-89576-478-3

Elektor-Verlag GmbH, Aachen

www.elektor.de

Elektor ist Teil der Unternehmensgruppe Elektor International Media (EIM), der weltweit wichtigsten Quelle für technische Informationen und Elektronik-Produkte für Ingenieure und Elektronik-Entwickler und für Firmen, die diese Fachleute beschäftigen. Das internationale Team von Elektor entwickelt Tag für Tag hochwertige Inhalte für Entwickler und DIY-Elektroniker, die über verschiedene Medien (Magazine, Videos, digitale Medien sowie Social Media) in zahlreichen Sprachen verbreitet werden. **www.elektor.de**

Arduino & Co

Messen, Schalten und Tüfteln

Pfiffige Lösungen mit Pro Mini und ATmega328-Boards

Robert Sontheimer

Inhalt

Vorwort	5
Kapitel 1 • ATmega Boards	14
1.1 Die „Pro Mini“ Bauform	14
Ein Computer für 2 Euro.....	15
Versionen 5V/16MHz und 3,3V/8MHz.....	16
ATmega328P und ATmega168PA.....	16
Anschluss-Belegungen.....	17
1.2 „Uno“ Versionen.....	18
1.3 „LilyPad“ und ähnliche.....	19
16 MHz „LilyPads“.....	20
1.4 Das „Nano“ Board.....	20
Kapitel 2 • USB-Adapter mit serieller Schnittstelle	21
2.1 USB-Adapter mit dem CP2102.....	21
2.1.1 Projekt: Serielles Universal-Adapterkabel.....	22
Aufbau.....	22
Tipp: Sauberes Löten.....	24
Verwendung.....	26
2.1.2 Serieller Micro-USB Adapter.....	26
Kapitel 3 • Einkaufstipps	27
3.1 Die guten alten Elektronik-Versandhändler.....	27
3.1.1 Conrad Elektronik.....	27
3.1.2 Pollin Electronic.....	27
3.1.3 Reichelt Elektronik.....	28
3.2 Online Verkaufsplattformen	28
3.2.2 Ebay.....	28
Such-Einstellungen.....	28
Sicherheit auf Ebay.....	29
3.2.3 Amazon.....	29
3.2.4 AliExpress.....	30
Versandkosten bei AliExpress.....	30
Käuferschutz bei AliExpress.....	30
3.3 Der Bezahlendienst PayPal.....	31
3.4 Thema Zoll.....	32
3.5 Vorsicht Falle!.....	33
Fake Artikel.....	33
Falsche Angaben.....	34
Falsche Zusagen.....	34
3.6 Grundausstattung einkaufen	34
3.6.1 Das benötigte Werkzeug	35
Projekt: Die einfachste Lötstation der Welt.....	35

Sonstige Werkzeuge.....	36
3.6.2 ATmega-Boards.....	37
Serielle Adapter.....	37
3.6.3 Stromversorgung.....	37
Netzteile.....	37
Die Sache mit dem Strom und der Spannung.....	37
Batterie oder Akku.....	39
Lithium-Ionen-Akkus.....	40
Vorsicht, Fake-Akkus.....	40
Laderegler mit Schutzschaltung.....	41
3.6.4 Standard-Bauteile.....	41
Widerstände.....	41
E12-Reihe.....	41
Kondensatoren.....	42
LEDs.....	43
Transistoren.....	43
Buzzer.....	43
Jumper-Kabel.....	44
3.6.5 Messgeräte.....	44
Multimeter.....	45
Infrarot-Thermometer.....	45
Digitaler Messschieber.....	46
Kapitel 4 • Die optimale Bauweise.....	47
4.1 Aufbau mit Breadboard.....	47
4.2 Fliegende Verdrahtung.....	48
4.3 Die Reißnagel-Technik.....	49
4.4 Lochraster Platinen.....	49
Punktraster.....	49
Streifenraster.....	50
Sonstige Raster.....	50
4.5 Aufbau mit Platine.....	51
4.6 Steckverbindungen.....	52
Codierte Steckverbindungen.....	52
Kapitel 5 • Programmierung.....	53
5.1 Die Arduino-Plattform.....	53
5.2 Unser erstes Programm.....	54
Syntax: setup und loop Funktionen.....	54
Sketch: Unser erstes Programm.....	55
5.3 Programme aufspielen.....	56
5.4 Programm-Downloads.....	57
Kapitel 6 • Ein- und Ausgänge der Boards.....	58

6.1 Eingänge digital lesen.....	58
Syntax: Variablen.....	60
Syntax: pinMode, digitalRead und digitalWrite.....	61
Syntax: Vergleiche und Bedingungen.....	62
Syntax: While-Schleifen und Do-While-Schleifen.....	63
Licht-Taster.....	63
Sketch: Licht-Taster.....	64
6.2 Eingänge analog lesen.....	65
Die Referenz-Spannung.....	65
VCC als Referenz.....	65
Interne Referenz.....	66
Externe Referenz.....	66
Syntax: analogRead und analogReference.....	66
6.2.1 Spannungen direkt messen.....	67
Syntax: Konstanten definieren.....	67
Syntax: Serielle Übertragung.....	68
Syntax: Rechnen und zuweisen.....	68
Tücken beim Rechnen.....	69
Syntax: Auf- und abrunden.....	69
Sketch: Spannungen bis VCC messen.....	70
Kalibrierung.....	71
6.2.2 Messung mit interner Referenz und Spannungsteiler.....	71
Mögliche Bereiche.....	72
Sketch: Messen mit interner Referenz & Spannungsteiler.....	72
Kalibrierung.....	74
6.2.3 Messung direkt mit interner Referenz.....	74
Tipp: Zeilen auskommentieren.....	75
Kalibrierung.....	75
6.2.4 Ströme messen.....	76
Sketch: Ströme messen.....	76
Mögliche Bereiche.....	78
Kalibrierung.....	79
6.2.5 Widerstände messen.....	80
Sketch: Widerstände messen.....	81
Widerstände tauschen.....	82
Kalibrierung.....	82
6.3 Ausgänge digital schalten.....	82
Kapitel 7 • Wie schaltet man was?.....	83
7.1 LEDs.....	83
7.1.1 Berechnung von Vorwiderständen.....	84
7.1.2 LEDs im Batteriebetrieb.....	84
7.1.3 Schaltrichtung Masse oder Pluspol.....	85
7.1.4 Projekt: LED-Effekt-Board.....	86

Dimensionierung der Widerstände.....	87
Bauvorlage mit „LilyPad“.....	88
Bauvorlage mit „Pro Mini“.....	89
Syntax: Arrays.....	90
Syntax: For-Schleifen.....	90
Syntax: Delay und Systemzeit.....	91
Einfacher LED-Effekt.....	92
Sketch: LED Rotations-Effekt.....	92
Syntax: Zufallswerte mit random().....	94
LED-Lauflicht-Effekte.....	94
Sketch: LED Lauflicht-Effekte.....	95
Andere Blink-Anwendungen.....	97
7.1.5 Akku-Schutz für Effekt-Blinker.....	97
7.1.6 LEDs mit integriertem Vorwiderstand.....	98
7.1.7 Leistungs-LEDs.....	98
7.2 Schalten mit Transistor.....	99
7.2.1 Transistor BC547.....	100
7.2.2 Transistor BC337-40.....	101
7.2.3 Transistor BD435.....	101
Tipp: Wärmetest.....	102
7.2.4 Schalten mit MOSFETs.....	102
Der NTD4906N & IRLR8726PbF.....	103
Tipp: Wärmeleit-Kleber.....	104
7.2.5 Transistor Array ULN2003A.....	104
7.2.6 Transistor Array ULN2803A.....	105
7.3 Schalten mit Relais.....	106
7.3.1 Solid-State-Relais.....	107
Kapitel 8 • Steuern, regeln und dimmen.....	108
8.1 Pulsweiten-Modulation (PWM).....	108
Syntax: analogWrite.....	109
8.1.1 Projekt: LEDs in allen Farben dimmen.....	109
8.1.2 Kleine Farbenlehre.....	110
8.1.3 Fließender Farbwechsel.....	111
Syntax: Sinus und Cosinus.....	111
Sketch: Fließender Farbwechsel.....	112
Tipp: Kleiner Test mit LED-Effekt-Board.....	113
8.2 Demodulation mit Tiefpass.....	114
Zeitkonstante τ	114
Berechnung.....	115
Restwelligkeit.....	115
Zweifach Filter.....	116
8.3 Regelung mit Rückkopplung.....	116
8.4 Projekt: Regelbare Konstantstromquelle.....	116

Anpassung.....	118
Syntax: Bitweise Operatoren.....	119
Sketch: Regelbare Konstantstromquelle.....	120
Kalibrierung.....	125
8.5 Projekt: Lithium-Ionen-Akku Test- & Ladestation.....	127
Aufbau mit Platine.....	128
Aufbau mit Reißnägeln.....	129
Stromversorgung über USB.....	132
Separate Stromversorgung.....	132
Kühlung.....	133
Sketch: Lithium-Ionen-Akku Test- & Ladestation.....	134
Strom- und Spannungs-Vorgaben.....	149
Serielle Ausgabe.....	151
Innenwiderstand.....	152
Kalibrierung.....	153
8.6 Projekt: Regelbare Stromquelle mit Begrenzungen.....	155
Zeit und Lademenge.....	155
Sketch: Regelbare Stromquelle mit Begrenzungen.....	157
Stromversorgung.....	158
Serielle Ausgabe.....	158
Kühlung.....	159
Vorgabe-Werte, Begrenzungen.....	160
Kalibrierung.....	161
Kapitel 9 • Motoren steuern.....	163
9.1 Gleichstrom-Motoren.....	163
9.1.1 Ansteuerung mit Transistor.....	163
9.1.2 Drehzahlregler mit PWM.....	164
9.1.3 Vorwärts & Rückwärts mit H-Brücke.....	165
Der L9110S.....	165
Der L298N.....	166
9.1.4 Vollsteuerung mit H-Brücke und PWM.....	167
Syntax: Funktionen min und max.....	168
Sketch: Motor Vollsteuerung.....	168
9.2 Schrittmotoren.....	170
9.2.1 Funktionsweise.....	170
Bipolare und Unipolare Version.....	171
Voll- und Halbschrittbetrieb.....	172
Der reale Schrittmotor.....	173
9.2.2 Der 28BYJ-48.....	174
Ansteuerung mit ULN2003-Treiber-Board.....	175
Ansteuerung mit 4 Transistoren.....	176
Tipp: Schrittmotor im Batteriebetrieb.....	177
Sketch: Schrittmotor 28BYJ-48 steuern.....	177

9.2.3 Ansteuerung mit A4988.....	183
Pinbelegung.....	184
Justierung des Stroms.....	185
9.2.4 Ansteuerung mit DRV8825.....	186
Pinbelegung.....	186
Justierung des Stroms.....	187
9.2.5 Versionen A4988 vs. DRV8825.....	188
9.3 Brushless Motoren.....	188
9.3.1 Steuerung mit ESC.....	189
Stromversorgung.....	189
Steuersignal.....	190
Sketch: ESC-Steuerung mit Poti.....	190
9.4 Servos.....	192
Ansteuerung.....	192
Kapitel 10 • Sensoren.....	193
10.1 Analoge Sensoren.....	193
10.1.1 Helligkeitsmessung mit LDR.....	193
10.1.2 Temperaturmessung mit NTC.....	194
Sketch: Temperaturmessung mit NTC.....	195
10.1.3 Analog-Joystick.....	198
10.1.4 Lichtmessung mit Fotodiode.....	199
10.2 Digitale Messung.....	199
10.2.1 Infrarot-Empfänger TL1838 oder VS1838B.....	199
10.2.2 Ultraschall-Entfernungsmesser HC-SR04.....	201
Syntax: pulseIn-Funktion.....	202
Sketch: Ultraschall-Entfernungsmessung.....	202
10.2.3 Bewegungsmelder HC-SR501.....	205
Spannungsversorgung des HC-SR501.....	207
10.2.4 Die I²C-Schnittstelle.....	207
SCL und SDA.....	207
I ² C mit dem ATmega328 und 168.....	209
Syntax: Bibliotheken (Libraries) einbinden.....	209
Syntax: I ² C-Funktionen mit Wire.h.....	210
I ² C-Sensoren.....	211
Breakout Boards.....	211
10.2.5 Luftdruck-Sensor BMP180.....	211
Projekt: Druck- und Höhenmesser mit BMP180.....	212
Syntax: Funktionen definieren.....	213
Sketch: Luftdruck- und Höhenmesser.....	214
Genauigkeit durch doppeltes Oversampling.....	219
10.2.6 Beschleunigungssensor MPU-6050.....	219
Sketch: Dreh- und Beschleunigungsmessung.....	220
Ausgabefenster.....	222

10.2.7 Magnetfeld-Sensor HMC5883L	223
Projekt: 3D-Kompass	223
Sketch: 3D-Kompass	224
Ausgabefenster	227
10.2.8 Multi-Sensor GY-87	227
Kapitel 11 • Weitere Komponenten	228
11.1 Funkfernbedienung	228
Codierung	229
Antenne	229
11.2 Sieben-Segment-Anzeigen	230
Multiplexverfahren	230
11.2.1 Grundprogramm für 1 bis 6 Ziffern	232
Sketch: 7-Segment-Anzeige mit mehreren Ziffern	233
Int, Float, Hex und Grad anzeigen	239
Syntax: Modulo-Operator	239
Sketch: 7-Segment Display-Funktionen	239
11.2.2 Projekt: Voltmeter	244
Sketch: Voltmeter mit 7-Segment-Anzeige	245
11.2.3 Projekt: Thermometer	246
Sketch: Thermometer mit 7-Segment-Anzeige	247
Thermostat	249
11.3 Text-Displays mit Beleuchtung	250
Pinbelegung und Funktion	251
Syntax: Text-Displays ansteuern	252
Sketch: Beispiel mit selbstdefiniertem Zeichen	253
Text-Display mit I ² C-Schnittstelle	254
11.4 Mini-Laser	254
Verwendungsbeispiele	254
11.5 SD-Karten-Modul	256
Anschluss an den Arduino	256
Syntax: Datei-Funktionen mit SD.h	257
Sketch: Datei schreiben und lesen	257
Kapitel 12 • Akkus und Zubehör	260
Tipp: Rundzellen löten	261
12.1 Funktionsweise und Handhabung	262
12.2 Schutzschaltung	262
12.3 Reihenschaltung von Akkus	263
12.4 Balancer	263
12.5 USB-Laderegler	264
Kapitel 13 • Trick 17	265
13.1 Batteriestand ohne Bauteile messen	265

Eine ganz verrückte Messmethode.....	266
Sketch: Batteriespannung ohne Bauteile messen.....	266
Kalibrierung.....	268
13.2 Arduino im Tiefschlaf.....	268
Sketch: Schlaf-Modus (alles aus).....	269
Ein Pin zum Aufwecken.....	269
Sketch: Schlaf-Modus (mit Aufweck-Pin).....	270
13.3 Low-Bat Abschaltung.....	271
Sketch: Low-Bat Abschaltung.....	272
Low-Bat Abschaltung in Projekte integrieren.....	273
13.4 Batteriebetrieb mit „Pro Mini“.....	274
Stromverbrauch reduzieren.....	274
13.5 Projekt: Elektronischer Spielwürfel.....	275
Syntax: EEPROM-Funktionen.....	277
Sketch: Elektronischer Spielwürfel.....	278
Tipp: LED-Effekt-Board als Spielwürfel.....	285
Würfel für Cheater.....	285
13.6 Analoge Messung ohne Warten.....	285
Sketch: Kontinuierliche Analogmessung.....	286
Verwendung.....	289
13.7 Projekt: Universal-Fernbedienungsempfänger.....	291
Das Prinzip auf den Kopf gestellt.....	291
Sketch: 10-Kanal Universal Fernbedienungs-Empfänger.....	294
Empfänger anlernen.....	302
Tipp: Loop exakt takten mit einem Byte.....	304
Tipp: Loop exakt takten mit Integer.....	305
Tipp: Loop takten mit Verspätungs-Option.....	306
Tipp: Loop exakt takten nur mit Systemzeit.....	307
13.8 Projekt: Höhenmesser extrem.....	308
Sketch: Höhenmesser extrem.....	308
Einstellungen und Möglichkeiten.....	312
Kleine Höhenänderungen messen.....	312
Wetter-Trend Barometer.....	313
13.9 Projekt: Infraschall-Rekorder.....	315
Sketch: Infraschall-Rekorder.....	318
Wetter-Rekorder.....	325
Stichwortverzeichnis.....	327