

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

Vorwort

Ich erinnere mich, als wäre es gestern gewesen. Ich blätterte im neuen Conrad-Katalog, der gerade angekommen war, und entdeckte dort einen neuen „Homecomputer“, der mich sofort faszinierte. Für weit über 1000 DM wurde ein Computer angekündigt, der zu dem Zeitpunkt noch gar nicht lieferbar war, der Commodore C64, und mir war sofort klar: Irgendwann kauf' ich mir den!

Ja, man ahnt es, ich bin nicht mehr der Jüngste. Das muss so 1982 gewesen sein, und ich ging noch zur Schule. Zwei Jahre später war es dann soweit. Ich konnte mir den C64 leisten. Damals programmierte man in der Programmiersprache „Basic“ oder direkt in Assembler. Ich steuerte alles mögliche mit dem C64, denn über den „Userport“ hatte man 8 Leitungen zur Verfügung, die man als digitale Ein- und Ausgänge nutzen konnte.

Heute bekommt man schon ab 2 Euro kleine Mikrocontroller-Boards, die um ein vielfaches schneller sind und in manchen Bereichen weit mehr können als die damaligen Homecomputer. Die kleinen „Pro Mini“ Boards mit dem ATmega328P Mikrocontroller haben natürlich keine Tastatur und keinen Video-Ausgang. Ansonsten sind es aber vollwertige frei programmierbare kleine Computer mit zahlreichen Ein- und Ausgangspins, mit denen man nach Belieben messen, steuern und schalten kann. Und genau darum soll es in diesem Buch gehen: Einfache, günstige Lösungen für jeden Zweck.

Robert Sontheimer

Danksagung

Bedanken möchte ich mich an dieser Stelle bei Timo Missel für zahlreiche kleine Arbeiten am Buch, bei Matthias Abele für seine Tipps und Korrekturen und nicht zuletzt auch bei Hr. Denis Meyer vom Elektor-Verlag, der mich mit Rat und Tat durch das Buchprojekt begleitet hat.

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

Kapitel 1 • ATmega Boards

Der ATmega328P von Atmel ist einer der beliebtesten Mikrocontroller für alle einfachen Anwendungen, die keine riesige Rechenleistung benötigen. RAM-Speicher, ROM-Speicher bzw. EEPROM, sowie Prozessor und I/O-Schnittstellen sind in einem kleinen Chip vereint und ergeben somit einen eigenständigen kleinen Computer, der über einen USB-Adapter vom PC oder Laptop aus programmiert werden kann.

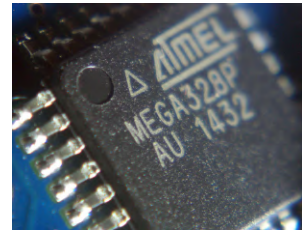


Bild 1a: ATmega328P

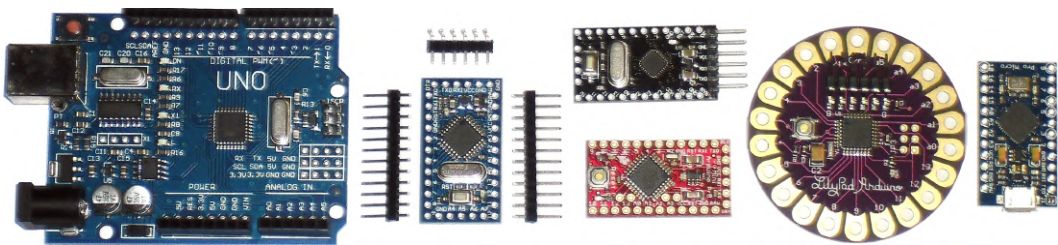


Bild 1b: Ein „Uno“ Board, 3 verschiedene „Pro-Mini“ Boards, 1 „LilyPad“ und 1 „Nano“

Das Bild zeigt verschiedene Boards mit dem ATmega328P. Alle Boards haben einen Schwingquarz zur Takterzeugung. Die meisten haben einen Spannungsregler, der dem Chip eine sauber geregelte Betriebsspannung (5 V oder 3,3 V) liefert. Das größere „Uno“ Board und das „Nano“ Board haben zudem noch eine USB-Schnittstelle integriert, die man bei den „Pro Mini“ Boards und „LilyPads“ separat benötigt.

1.1 Die „Pro Mini“ Bauform

Das sind die Boards, die wir hier für die Projekte im Buch überwiegend verwenden wollen, denn sie werden von verschiedenen Herstellern in leicht unterschiedlichen Versionen produziert und sehr günstig angeboten. Sie sind sehr klein und enthalten trotzdem alles, was so ein Board braucht.

Auf eine USB-Schnittstelle wurde bei diesen Boards verzichtet. Da man diese nur zum Programmieren benötigt (also um das fertige Programm draufzuspielen), wäre es auch pure Verschwendung, jedes Board mit so einer Schnittstelle auszustatten, die dann später im fertigen Gerät nie mehr genutzt wird. Stattdessen nehmen wir lieber einen steckbaren USB-Adapter mit der benötigten Schnittstelle, den wir für jedes Board immer wieder verwenden können. Die Software kann trotzdem jederzeit aktualisiert und verändert werden, indem man den Adapter wieder ansteckt und mit dem PC verbindet.

Ein Computer für 2 Euro

Durch die kleine Bauform und den Verzicht auf die USB-Schnittstelle sind „Pro Mini“ Boards unglaublich günstig. Direkt aus China bekommt man sie heute schon für unter 2 Euro. Trotzdem ist vom Prozessor bis zum EEPROM alles drin, was wir brauchen – ein vollwertiger kleiner Mini-Computer, frei programmierbar zum Messen und Steuern.

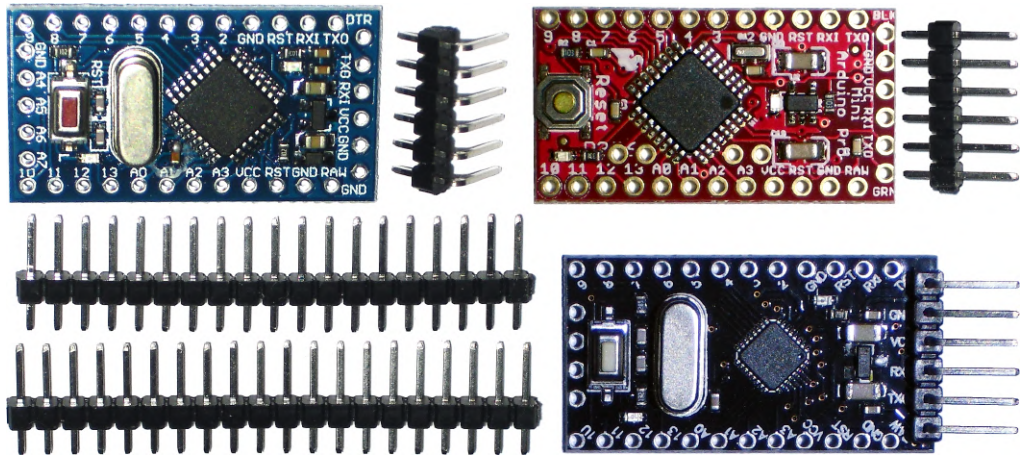


Bild 1.1a: Verschiedene „Pro Mini“ Boards

Das Bild zeigt verschiedene „Pro Mini“ Boards, die bei direktem Einkauf aus China teilweise weniger als 2 Euro kosten. Meistens bekommt man noch die passenden Pin-Leisten mitgeliefert. Grundsätzlich können wir 2 x 2 (also 4) Versionen unterscheiden, wie die folgende Tabelle zeigt:

	ATmega328P	ATmega168PA
	32 kB Programmspeicher 2 kB RAM Speicher 1 kB EEPROM Speicher	16 kB Programmspeicher 1 kB RAM Speicher 512 B EEPROM Speicher
5 Volt 16 MHz	Standard-Version für Projekte mit Netzbetrieb	Version für einfache Projekte mit Netzbetrieb
3,3 Volt 8 MHz	Geeignet für Projekte mit Batteriebetrieb	Version für einfache Projekte mit Batterie

Versionen 5V/16MHz und 3,3V/8MHz

Die Standard-Version ist die 5 Volt Version mit einer Taktfrequenz von 16 MHz und dem ATmega328P als Mikrocontroller. Hat man nur eine kleinere Betriebsspannung zur Verfügung, so empfiehlt sich die 3,3 Volt Version, die aber nur mit 8 MHz getaktet wird und daher nur halb so schnell arbeitet. Der Grund liegt darin, dass der Mikrocontroller mindestens 4 Volt benötigt, um zuverlässig mit 16 MHz arbeiten zu können, während er bei 5 Volt theoretisch sogar mit 20 MHz betrieben werden könnte. Die direkte Betriebsspannung des Mikrocontrollers wird meist als VCC bezeichnet.

Die 16 MHz Versionen haben daher immer einen 5 V Spannungsregler eingebaut, der den Mikrocontroller versorgt, während die 8 MHz Versionen hierfür mit einem 3,3 V Spannungsregler ausgestattet sind. Die Betriebsspannung, die man am RAW-Eingang anlegt, darf aber höher sein, meist bis zu 12 Volt. Um die Verlustleistung im Spannungsregler gering zu halten, empfiehlt sich aber eine Spannung, die nur geringfügig (am besten maximal um 3 V) über der geregelten Spannung (also den 5 V oder 3,3 V) liegt. Das wäre zum Beispiel ein 6 V Netzteil für die 5 V Version oder ein 5 V Netzteil für die 3,3 V Version. Wir können aber auch direkt 5 V (bzw. 3,3 V) als Betriebsspannung verwenden.

ATmega328P und ATmega168PA

Von beiden Spannungs-Versionen gibt es wiederum auch jeweils zwei Mikrocontroller-Versionen, den „ATmega328P“ und den „ATmega168PA“. Beide sind völlig identisch und für alle Anwendungen kompatibel, bis auf den Unterschied, dass der „168“ nur halb so viel RAM-Speicher, halb so viel Programm-EEPROM und halb so viel Daten-EEPROM hat. Für weniger umfangreiche Programme reicht das aber völlig aus, sodass man bei den meisten Projekten (wenn man möchte) mit dem ATmega168PA einige Cent sparen kann. Wir können aber auch generell den ATmega328P verwenden.

Der Einfachheit halber werde ich die Buchstaben am Ende („P“ und „PA“) im weiteren Verlauf weglassen. Mit „ATmega328“ und „ATmega168“ weiß man, was gemeint ist.

Anschlüsse

Für die einzelnen Anschluss-Pins sind die folgenden Abkürzungen gebräuchlich.

RAW: Hier kann eine höhere Spannung (meistens bis 12 V) angelegt werden, die den Spannungsregler versorgt. Damit wird die eigentliche Betriebsspannung VCC erzeugt.

GND: Der Minuspol bzw. Masse-Anschluss.

RST: Der Reset-Pin. Hier liegt die Betriebsspannung VCC über einen Widerstand an. Der Reset-Taster schaltet diesen Anschluss auf Masse und erzeugt so einen Reset.

VCC: Die Betriebsspannung des Mikrocontrollers – üblicherweise 3,3 oder 5 Volt.

0 – 13: Die digitalen Ein- und Ausgangs-Pins. 0 wird hier als **TX** bezeichnet, 1 als **RX**.

A0 bis A7: Analoge Eingangspins. A0 bis A5 sind auch digital (wie 0 – 13) verwendbar.

Anschluss-Belegungen

Weitere Unterschiede bei den „Pro Mini“ Boards gibt es in Position und Belegung der Anschluss-Pins. Die Abweichungen sind aber zum Glück nur geringfügig. Hier ein paar gängige Beispiele:

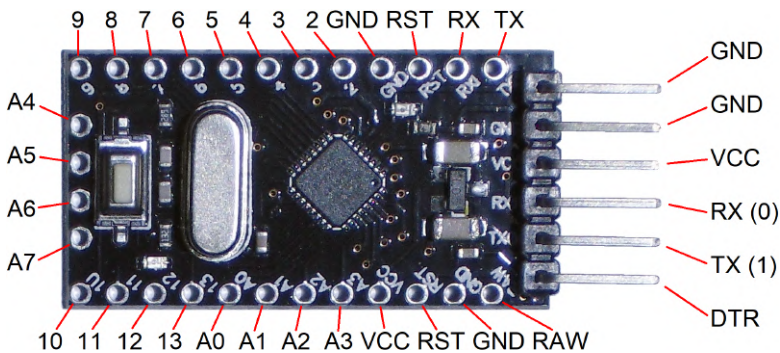


Bild 1.1b

Die Belegung der beiden langen Pin-Reihen oben und unten ist bei allen „Pro Mini“ Boards identisch. An den rechten Anschlüssen (hier schon mit Winkel-Stiftleiste versehen) wird der serielle Adapter draufgesteckt. Die Analog-Eingänge A4 bis A7 sind bei diesem Board auf der linken Seite.

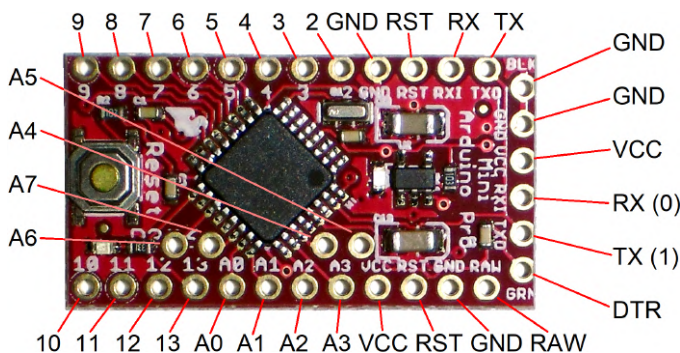


Bild 1.1c

Hier sind die Pins A4 bis A7 weiter innen. Die restliche Pinbelegung ist identisch.

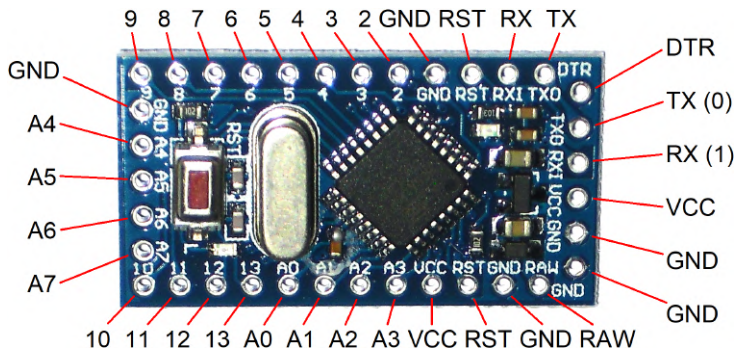


Bild 1.1d

Achtung, hier sind die Pins für den seriellen Adapter (rechts) in umgekehrter Reihenfolge. Der Adapter muss also andersrum draufgesteckt werden.

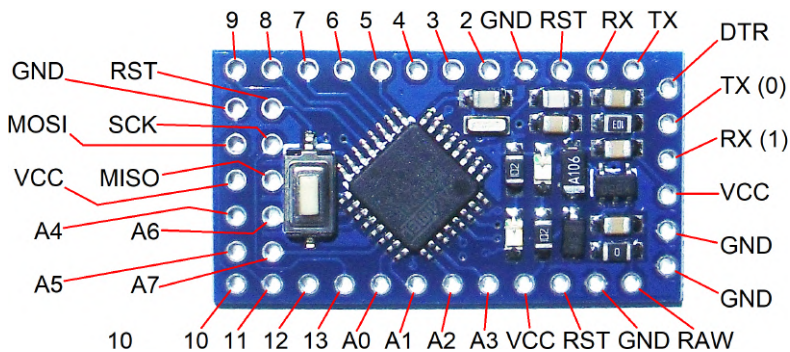


Bild 1.1e

Auch hier ist rechts die Reihenfolge der seriellen Pins umgekehrt. Links gibt es neben A4 bis A7 noch ein paar weitere Pins, die aber alle auch in der unteren Reihe schon vorhanden sind. MOSI, MISO und SCK (identisch mit den Pins 11, 12 und 13) können als SPI-Bus genutzt werden. (Das ist eine andere serielle Schnittstelle, die auf Seite 256 verwendet wird.)

1.2 „Uno“ Versionen

Es gibt auch größere Boards mit dem ATmega328P. Am bekanntesten ist das „Uno“, von dem es etliche Versionen gibt, z.B. das originale Arduino „UNO Rev3“ sowie viele andere „Uno“-kompatible Boards. Auch Elektor bietet ein eigenes „Uno“ Board an, das „UNO R4“, das mit dem ATmega328PB zusätzliche Timer und Möglichkeiten bietet.

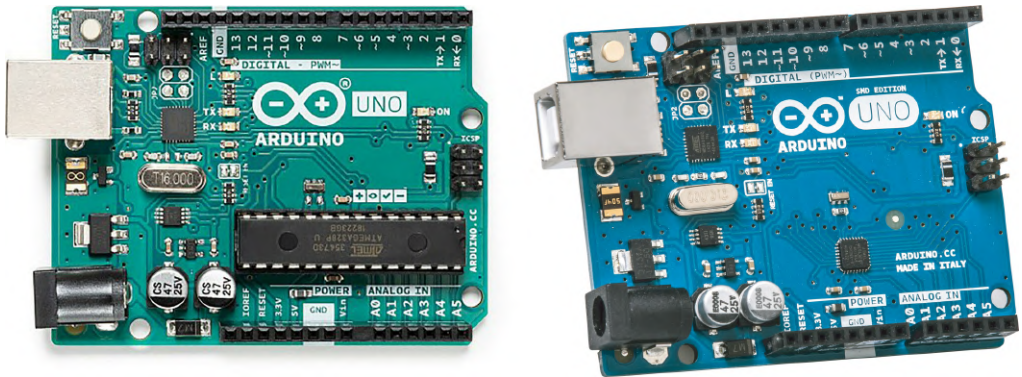


Bild 1.2: Verschiedene „Uno“ Boards

Statt Stift-Leisten haben die „Uno“ Boards Buchsenleisten für die einzelnen Pins. Das ist sehr praktisch für allerlei steckbare Erweiterungsboards, die es für den „Uno“ gibt. Für unsere Zwecke ist das aber manchmal eher ein Nachteil.

Ansonsten sind alle diese Boards für die Projekte im Buch verwendbar, sofern man mindestens 5 V Betriebsspannung zur Verfügung hat. Lediglich für batteriebetriebene Geräte empfiehlt sich eher eine 3,3 Volt Version mit 8 MHz.

1.3 „LilyPad“ und ähnliche

Diese Boards sind optimiert auf geringen Stromverbrauch für batteriebetriebene Geräte, insbesondere solche mit Lithium-Ionen-Akku. Nicht nur die Taktfrequenz von 8 MHz spart hier Strom, sondern auch die Tatsache, dass diese Boards auf einen Spannungsregler ganz verzichten. Ebenso fehlt auch die Power-LED, die ja nichts weiter macht, als das Vorhandensein der Betriebsspannung anzuzeigen und damit Strom zu verbrauchen.

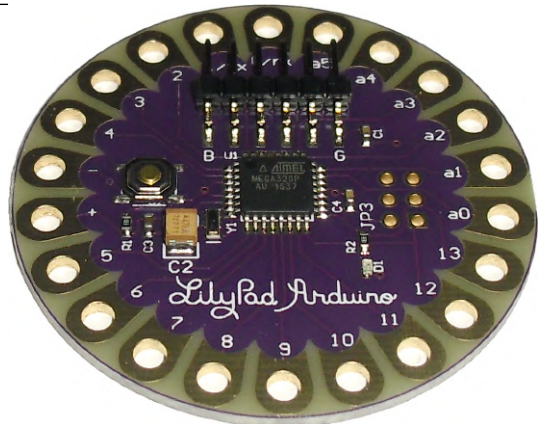


Bild 1.3: Das „LilyPad“

Bei 8 MHz und ohne Spannungsregler kann der ATmega328 mit Spannungen von 2,7 bis 5,5 Volt betrieben werden. Das ist optimal für Lithium-Ionen-Akkus, die in voll geladenem Zustand so um die 4,2 Volt liefern und in leerem Zustand 2,8 Volt. Tiefer sollte man solche Akkus nicht entladen. Man kann auch recht einfach einen Batterieschutz realisieren, der den ATmega328 in eine Art Standby-Modus versetzt, wenn der Akku fast leer ist. Dann fließen nur noch wenige μA (also fast gar nichts). Eine genaue Anleitung gibt's in Kapitel 13.3 auf Seite 271.

Auch wer im Umgang mit dem Lötkolben noch etwas unerfahren ist, wird sich mit dem „LilyPad“ schnell anfreunden. Die übersichtlich großen Anschlussflächen laden geradezu ein zum Üben. „LilyPads“ bekommt man direkt aus China heute schon für unter 3 Euro.

16 MHz „LilyPads“

Offiziell verwenden „LilyPads“ immer eine Taktfrequenz von 8 MHz, aber das scheint einige Hersteller in China nicht zu kümmern. Sie bieten derzeit bevorzugt „LilyPads“ mit 16 MHz an. Für Anwendungen, die eine hohe Geschwindigkeit erfordern, mag das optimal sein, aber meistens ist die höhere Taktfrequenz ein Nachteil. Der Stromverbrauch ist etwas höher, und laut Datenblatt benötigt der Mikrocontroller ja mindestens 4 Volt, um ihn zuverlässig mit 16 MHz zu betreiben. In der Realität geht es aber auch mit einem halben Volt weniger, so dass auch diese Version notfalls mit Batterie betrieben werden kann.

Beim Hochladen des Programms müssen wir aber aufpassen, denn die Arduino IDE kennt nur 8 MHz „LilyPads“. Man muss daher das „Pro Mini“ Board auswählen. Dann kann man die Taktfrequenz auf 8 MHz einstellen. Das ist wichtig, weil sonst z.B. serielle Schnittstellen und Delay-Funktionen mit doppelter Geschwindigkeit laufen.

1.4 Das „Nano“ Board

Das „Nano“ Board ist ähnlich kompakt wie das „Pro Mini“ Board, aber mit integrierter Mini-USB-Buchse. Ein CH340 Chip auf der Unterseite der Platine bildet die Schnittstelle (seriell RS-232) zwischen dem ATmega328 und USB-Buchse.



Bild 1.4: „Nano“ Board

Ansonsten bietet das „Nano“ Board gegenüber dem „Pro Mini“ vor allem einen Vorteil: Der Analog-Reference-Anschluss des ATmega328 ist hier unter der Bezeichnung „AREF“ an der Pinleiste zugänglich. Auch beim „Uno“ gibt es diesen Pin. Bei den „Pro Mini“ Boards und beim „LilyPad“ gibt es diesen Pin dagegen nicht.

Die im nächsten Kapitel beschriebene USB-Schnittstelle hat das „Nano“ schon integriert.

Kapitel 2 • USB-Adapter mit serieller Schnittstelle

Im Gegensatz zum „Uno“ und „Nano“ Board haben die „Pro Mini“ Boards und „LilyPads“ keinen eigenen USB-Anschluss. Wir benötigen daher einen entsprechenden Adapter, der aber jeweils nur zum Draufspielen der Software angeschlossen wird.

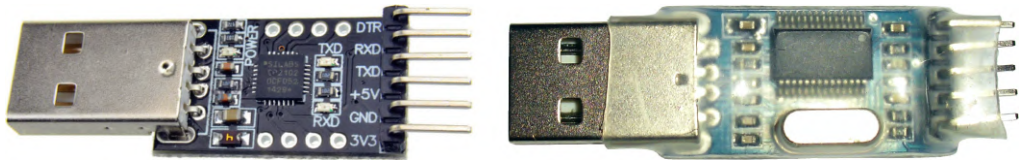


Bild 2: Zwei verschiedene USB/Seriell-Adapter

Es ist aber auch möglich, im Programmablauf serielle Informationen rauszuschicken, die wir dann am PC in einem Fenster (dem sog. seriellen Monitor) lesen können. Oft dient das nur zu Kontrollzwecken. Die Programme laufen auch ohne serielle Verbindung, wobei die gesendeten Daten dann einfach ins Leere gehen.

Darüber hinaus kann so ein USB-Adapter auch zur Stromversorgung des Boards verwendet werden, aber diesen Zweck könnte auch ein gewöhnliches USB-Kabel (ohne serielle Schnittstelle) erfüllen, wenn die Stromversorgung über USB erfolgen soll.

Alle diese Adapter (bzw. Konverter, wie es korrekt heißen müsste) haben ein spezielles IC, das die Konvertierung zwischen USB und seriell durchführt. Dabei handelt es sich im Prinzip um eine RS-232 Schnittstelle, aber mit einem Logik-Pegel von 5 Volt oder 3,3 Volt. Oft findet man hierfür auch die Bezeichnung UART. Die am häufigsten verwendeten ICs sind CH340, PL2303 und CP2102.

2.1 USB-Adapter mit dem CP2102

Empfehlen möchte ich die Konverter mit dem CP2102 Chip. Diese kosten zwar ein paar Cent mehr, aber sie arbeiten erfahrungsgemäß sehr zuverlässig ohne Treiber-Probleme. Außerdem funktionieren sie an jeder USB-Buchse des PCs. (Bei anderen Konvertern muss man teilweise die Port-Einstellung ändern, wenn man eine andere Buchse verwendet.) Man erkennt den CP2102 an seiner quadratischen Form. Die anderen gängigen Chips sind meist rechteckig.

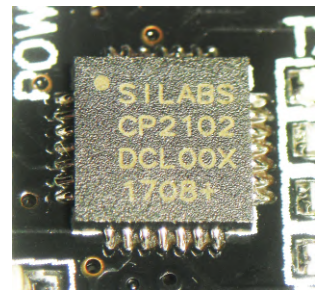


Bild 2.1a: CP2102

Ein weiterer Vorteil, den viele dieser Adapter bieten, ist der DTR-Anschluss, den wir gut gebrauchen können. Auf diesen sollte man daher beim Kauf achten. Um den Adapter optimal für alles nutzen zu können, sollten folgende 6 Anschlüsse vorhanden sein:

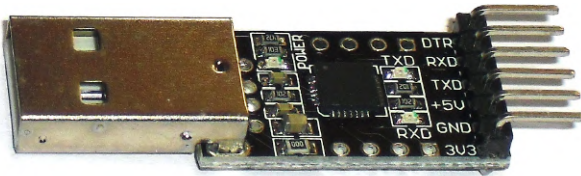


Bild 2.1b: Serieller Adapter mit CP2102

- DTR
- RX (bzw. RXD)
- TX (bzw. TXD)
- + 5 Volt
- GND (Minus bzw. Masse)
- + 3,3 Volt

Diese Adapter bekommt man direkt aus China teilweise schon für unter einem Euro. Es gibt Versionen mit großem Standard-USB-Stecker, den man direkt am PC oder Laptop einsteckt, sowie auch Versionen mit kleiner Micro-USB-Buchse, für die man dann ein Micro-USB-Kabel benötigt. Diese eignen sich vor allem, wenn man den Adapter fest mit dem „Pro Mini“ verbauen möchte. Das USB-Kabel dient dann als steckbare Verbindung zum PC. Wird der Adapter dagegen nur benötigt, um das Programm draufzuspielen, verzichte ich gerne auf unnötige zusätzliche Steckverbindungen (durch das USB-Kabel) und bevorzuge die Version mit großem USB-Stecker, die sich leicht zu einem steckbaren Adapterkabel ausbauen lässt, so wie im folgenden Projekt.

2.1.1 Projekt: Serielles Universal-Adapterkabel

Bevor wir mit Arduino-Projekten loslegen können, benötigen wir nun so einen USB-Adapter. Wichtige Kriterien: Großer Standard-USB-Stecker, CP2102 Chip, 3,3V- und 5V-Anschluss sowie ein weiterer Anschluss-Pin, der meist mit DTR bezeichnet ist. (Zudem natürlich der Masse-Anschluss, sowie die TX- und RX-Pins). Mit Litzen und ein paar Kleinteilen lässt sich daraus ein optimales Universal-Adapterkabel machen.

Aufbau



Bild 2.1.1a: Die benötigten Teile

Wir benötigen:

- 1 USB-Serial-Adapter mit CP2102 Chip
- 2 Meter Litze (ca. 0,14 mm²) schwarz
- 2 Meter Litze (ca. 0,14 mm²) rot
- 2 Meter Litze (ca. 0,14 mm²) gelb
- 2 Meter Litze (ca. 0,14 mm²) grün
- 2 Meter Litze (ca. 0,14 mm²) blau
- 1 Buchsenleiste 6-polig (z.B. BL 1 6 G)
- 2 Jumper-Kabel (je 1 Pin weiblich)
- 1 Schrumpfschlauch (2,4/1,2mm)

Bei den Litzen sind die Farben rot und schwarz wichtig. Statt gelb, grün und blau kann man auch andere Farben nehmen. Es müssen nur alle 5 Farben klar zu unterscheiden sind. Die Länge der Litzen können wir frei wählen. 1 Meter würde ich mindestens empfehlen. Das Signal kommt aber auch bei einer Kabellänge von 3 Metern noch sauber an. Um einzelne Litzen zu einem Kabel zu bündeln, ist Flechten eine einfache und gute Methode. Das fertige Kabel wird dabei ein bisschen kürzer als die einzelnen Litzen.

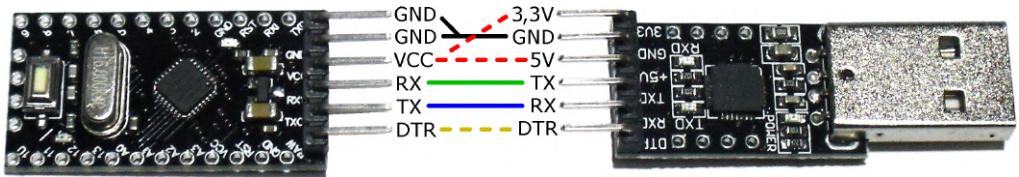


Bild 2.1.1b: Anschlüsse und Verdrahtung des Adapters

Das Bild zeigt die Verdrahtung des Adapters, wobei die gestrichelten Linien keine fest verlöteten Verbindungen sind, sondern später am USB-Adapter steckbar sein sollen. Die VCC-Leitung kann man dann z.B. wahlweise an 3,3 V oder 5 V stecken.

Wenn die 5 Litzen (alle gleich lang) zugeschnitten sind, beginnen wir am besten auf der Board-Seite mit der 6-poligen Buchsenleiste, die später auf die Pins des „Pro Mini“ gesteckt wird. Hierfür eignet sich z.B. „BL 1 6 Z“ oder besser noch die hochwertigere „BL 1 6 G“ mit vergoldeten Kontakten. Da solche Buchsenleisten (und mehr noch die passenden Stiftleisten) beim Lötten dazu tendieren, sich durch die Wärme zu verbiegen oder ihre Kontakte zu verschieben, empfehle ich dringend, vor dem Lötten immer das passende Gegenstück draufzusetzen (in diesem Fall also eine Stiftleiste einzustecken, die gerne auch deutlich länger sein darf), dann bleibt alles in Form.

Nun werden die Litzen auf einer Seite etwa 2mm weit abisoliert (nicht weiter als die Lötanschlüsse der Buchsenleiste lang sind), und dann geht's ans Lötten.

Tipp: Sauberes Löten

Litzen verdreht man nach dem Abisolieren am besten leicht mit den Fingern, damit keine Drähte absteigen. Dann werden die Drähte mit dem LötKolben und einem Tropfen frischem Lötzinn verzinnt. Ganz wichtig dabei: Der LötKolben kommt immer zuerst an die Lötstelle. Erst dann wird der Löt Draht an die Lötstelle (oder an die Grenze zwischen Lötspitze und Lötstelle) geführt, aber nie einfach nur zur Lötspitze, denn das Lötzinn soll ja an der Lötstelle zerfließen, statt sich über die Lötspitze zu verteilen. Völlig falsch wäre es, zuerst Lötzinn auf die Lötspitze zu geben und damit dann erst zur Lötstelle zu gehen. Ebenso werden auch Kontakte, Pins oder Lötösen immer zuerst mit etwas frischem Lötzinn verzinnt, denn erst das darin enthaltene Flussmittel bringt das Lötzinn dazu, sich entlang der Metall-Oberfläche zu verteilen. An der heißen Lötspitze verdampft dieses Harz dagegen sehr schnell, so dass für jede Aktion grundsätzlich ein bisschen frisches Lötzinn notwendig ist, auch wenn an der Lötspitze noch viel Lötzinn hängt. Dieses sollte man besser gelegentlich abklopfen oder abstreifen. Hierzu haben die meisten Lötstationen Metallwolle oder einen Schwamm, den man aber vorher anfeuchten sollte.

Wenn Litzen und Buchsenkontakte verzinnt sind, sollte die Buchsenleiste irgendwie fixiert werden (z.B. mit einem Gewicht oder einer Klammer), so dass man zum Löten gut rankommt. Zuvor kommt ein Stückchen Schrumpfschlauch (etwas länger als die Löt pins) auf jede Leitung.



Bild 2.1.1c: Gelötet, loser Schrumpfschlauch

Nun haben wir 6 Kontakte, aber nur 5 Leitungen. Das liegt daran, dass die schwarze Masse-Leitung gleich die ersten beiden Pins belegt. Am besten hält man die Leitung zwischen die Pins und gibt dann noch so viel Lötzinn dazu, dass eine große Lötstelle über beide Pins entsteht.

Achtung, beim Löten muss der Schrumpfschlauch weit genug weg sein, damit er nicht gleich schrumpft. Die weiteren Leitungen werden mit wenig Lötzinn eng an den jeweiligen Pin anliegend gelötet. An den nächsten Pin kommt die rote Plus-Leitung und dann die restlichen drei Farben. Wenn alle Leitungen dran sind, werden die Schrumpfschläuche darüber geschoben und festgeschrumpft. Dazu hält man den ganzen Bereich kurz von beiden Seiten über eine Feuerzeugflamme.

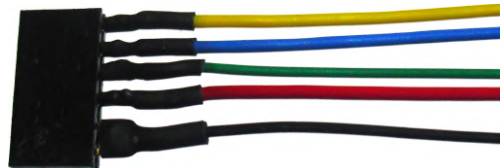
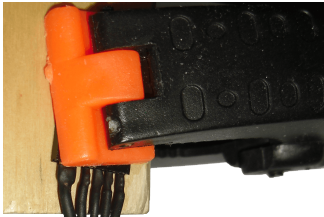


Bild 2.1.1d: Festgeschrumpft



Jetzt können wir die Leitungen flechten. Dazu muss die Buchsenleiste wieder fest fixiert sein, am besten an einer Tischkante, so dass man auch etwas an den Leitungen ziehen kann. Bei 5 Leitungen gibt es verschiedene Möglichkeiten. Ich lege immer abwechselnd die äußerste linke und die äußerste rechte Leitung in Richtung Mitte jeweils über zwei Leitungen drüber.

Wenn ein Stückchen geflochten ist, sollte man die noch ungeflochtenen Leitungen immer wieder mit den Fingern auseinander kämmen. Das ist leider vor allem am Anfang sehr lästig, wenn die Leitungen noch lang sind.

Wenn das ganze Kabel geflochten ist, so dass nur noch wenige Zentimeter verbleiben, fixiert man das Geflecht am besten mit einer geeigneten Klammer, wie im Bild rechts, damit nichts mehr aufgeht. Das geht notfalls auch mit einer gewöhnlichen Wäscheklammer. Einzelne längere Litzen kann man jetzt auch noch etwas kürzen.

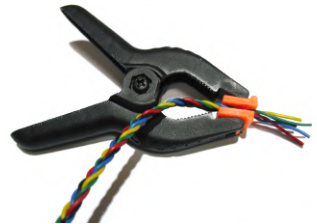


Bild 2.1.1f: Klammer

Bild 2.1.1e

Nun werden die einzelnen Litzen an den USB-Adapter gelötet. Achtung: Hier nicht alle Pins verzinnen, denn die rote Plus-Leitung und die DTR-Leitung werden nur gesteckt. Die RX- und die TX-Leitungen müssen vertauscht werden – also die Leitung, die auf der anderen Seite zu RX geht, kommt beim Adapter an TX und umgekehrt. (Eventuell steht hinter RX und TX noch ein weiterer Buchstabe, den wir ignorieren können.) Für die schwarze Masse-Leitung gibt's am Adapter wahrscheinlich nur einen einzigen Pin. Achtung: Schrumpfschläuche vor dem Anlöten nicht vergessen!

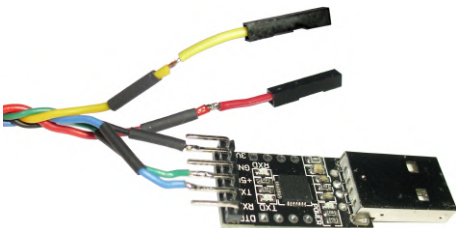


Bild 2.1.1g: Gelötet mit Steckleitungen

Jetzt sind noch die Plus-Leitung und die DTR-Leitung übrig, diese machen wir steckbar. Hier wird nun jeweils eine 1-Pin-Steckbuchse von den Jumper-Kabeln angelötet. Am besten verwenden wir Jumper-Kabel mit den selben Farben (also rot und die Farbe der DTR-Leitung). Die Leitungen schneiden wir etwa 3 cm hinter der Steckbuchse ab. Dann werden sie etwa 3 mm weit abisoliert, auf einer Seite mit Schrumpfschlauch versehen (ca. 5 mm lang), verzinnt und zusammen-gelötet – also jeweils eine Steckbuchse an die beiden verbliebenen Leitungen.

Verwendung

Je nach verwendetem Board und der dafür benötigten Betriebsspannung, kann man die rote Plus-Leitung nun auf den 3,3V-Pin oder den 5V-Pin stecken. Falls das Board anderweitig mit Strom versorgt wird, steckt man die rote Leitung gar nicht ein.



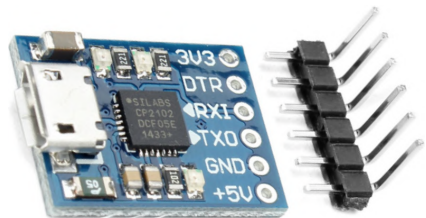
Bild 2.1.1h: Adapterkabel, fertig gelötet

Die DTR-Leitung wird benötigt, damit das Board einen automatischen Reset machen kann. Beim Draufspielen eines Programms muss zum Beginn der Übertragung zum richtigen Zeitpunkt ein Reset des Boards ausgelöst werden. Man kann das zwar auch manuell machen, indem man den Reset-Taster vorher gedrückt hält und zum richtigen Zeitpunkt loslässt. Viel einfacher geht das aber vollautomatisch über die DTR-Leitung.

Wird die USB-Verbindung anderweitig genutzt, z.B. um Daten vom Board zum PC zu übertragen (wenn das Programm auf dem Board also schon drauf ist), so steckt man die DTR-Leitung besser aus. So kann kein versehentlicher Reset ausgelöst werden. Die Stromversorgung über die rote Leitung wird nur benötigt, wenn das Board nicht anderweitig (z.B. über die RAW-Leitung des Boards) mit Strom versorgt wird.

2.1.2 Serieller Micro-USB Adapter

Diese USB-Adapter eignen sich vor allem, wenn die Schnittstelle dauerhaft am „Pro Mini“ Board bleiben soll, beispielsweise für Anwendungen, die mit dem PC zusammenarbeiten und immer wieder serielle Daten austauschen, oder wenn das Board über die USB-Buchse mit Spannung versorgt werden soll. Die Verbindung zum PC erfolgt dann mit einem gewöhnlichen Micro-USB-Kabel.



2.1.2 Micro USB mit PC2102

Ersatzweise kann man in dem Fall aber auch die „Nano“-Version verwenden, die einen solchen Konverter mit USB-Anschluss bereits enthält (allerdings mit CH340 Chip).

Kapitel 3 • Einkaufstipps

Für Mikrocontroller und andere Bauteile, die wir hier benötigen, gibt es leider nicht den Händler um die Ecke, zu dem man kurz mal rübergehen kann. Hier läuft fast alles über den Versandhandel. Per Online-Bestellung steht uns die Welt offen, mit enormen Chancen und Möglichkeiten, aber auch mit fiesen Tücken und Fallen, die wir möglichst umgehen sollten.

Mit diesem Kapitel möchte ich Tipps und Anregungen für den optimalen Einkauf von Bauteilen geben, um damit Geld zu sparen und Probleme zu umgehen. Ich bin dabei unabhängig, bekomme also von keiner der genannten Firmen irgendeine Gegenleistung dafür. In der heutigen digitalen Welt kann sich aber natürlich jederzeit vieles ändern. Ich bitte daher um Verständnis, dass ich als Autor natürlich keine Gewähr für alle Angaben geben kann. Ich möchte nur meine zahlreichen Erfahrungen weitergeben.

3.1 Die guten alten Elektronik-Versandhändler

Viele gibt es schon länger als das Internet. Die meisten verschickten damals regelmäßig mehr oder weniger dicke Kataloge, und man bestellte per Telefon oder sogar noch per Postkarte. So lief das im letzten Jahrhundert. Heute haben natürlich alle großen Versandhändler einen Onlineshop.

Ohne Anspruch auf Vollständigkeit möchte ich hier zunächst die wichtigsten deutschen Elektronik-Anbieter vorstellen, allesamt vertrauenswürdig. Der Käufer muss also auch bei Vorauszahlung keine Angst um sein Geld haben.

3.1.1 Conrad Elektronik

[Conrad](#) gibt es seit rund 100 Jahren. Wahrscheinlich ist es der größte Anbieter für Elektronik-Bauteile mit der größten Angebotspalette. Diese Vielfalt hat allerdings auch ihren Preis, was ich hier ganz wörtlich meine. Preisgünstige Komponenten sucht man trotz der großen Auswahl meist vergebens, anderes findet man teils zum mehrfachen Preis. Somit kann ich Conrad Elektronik leider nicht empfehlen.



3.1.2 Pollin Electronic

Bei diesem [Online-Shop](#) kaufe ich hin und wieder Lötzinn, Schrumpfschlauch, Litzen, Steckverbindungen, Transistoren, sowie weitere einfache Bauteile und Verbrauchsmaterial. Es lohnt sich auch immer in den Schnäppchen zu stöbern. Manchmal habe ich so günstige Restposten gefunden, dass ich darauf basierend erst Projekte entworfen habe. Der Shop handelt sehr gerne mit günstigen Restposten.



Zudem kann man beim Einkauf fast immer 5 Euro sparen (was fast den Versandkosten entspricht), denn es gibt regelmäßig entsprechende Rabatt-Codes. Kleiner Tipp: Einfach vor der ersten Bestellung beim Newsletter anmelden. Dafür gibt's nämlich schon so einen 5-Euro-Code.

Pollin bietet derzeit ein „Pro Mini“ Board mit ATmega168PA unter der Bezeichnung „Entwicklungsboard ATMEL ATmega168PA“ für 2,99 Euro an, was ein durchaus passabler Preis wäre, wenn die Sache nicht einen Haken hätte: Leider ist da kein Bootloader installiert. Den benötigen wir aber, um überhaupt Programme draufladen zu können. Sonst wird's sehr kompliziert.

3.1.3 Reichelt Elektronik

Auch bei [Reichelt](#) kann man (ganz ähnlich wie bei Pollin) viele Standard-Bauteile, Litzen, Verbrauchsmaterial usw. zum Teil recht günstig kaufen. Bei ATmega Boards sucht man dagegen vergeblich nach günstigen Angeboten. Ein „Pro Mini“ Board gibt es gar nicht. Andere Komponenten, die wir für die Projekte im Buch benötigen, findet man teilweise.



3.2 Online Verkaufsplattformen

Neben den großen Versandhändlern haben sich seit der Jahrtausendwende auch immer mehr Verkaufsplattformen im Internet etabliert, auf denen zahlreiche Händler ihre Waren anbieten:

3.2.2 Ebay

Im Gegensatz zu den zuvor genannten Onlineshops verkauft [Ebay](#) nicht selbst, sondern ist nur die Plattform für viele Händler und Privatverkäufer. Viele davon sitzen im Ausland, insbesondere in China und bieten von dort ihre Waren an, und genau da finden wir auch die günstigen „Pro Mini“ Boards und weitere Komponenten, die wir für unsere Projekte benötigen. Da der Versand meist aus China erfolgt, liegt die Lieferzeit oft über einem Monat. Die meisten Artikel findet man auch bei Händlern aus Deutschland, aber überwiegend zu höheren Preisen.



Such-Einstellungen

Hat man auf Ebay eine Suche eingegeben, erscheinen über den Suchergebnissen sowie links davon zahlreiche Einstellmöglichkeiten, um die Suche einzugrenzen. Über "Artikelstandort" kann man die Suche z.B. auf Artikel beschränken, die aus Deutschland verschickt werden. (Nicht zu verwechseln mit "eBay Deutschland". Diese Einstellung

bedeutet nur, dass der Artikel auf Ebay.de eingestellt wurde.) Wählt man "Weltweit", so erscheinen auch Artikel von anderen Ebay-Länderseiten. Da findet man oft noch günstigere Preise, manchmal auch in anderer Währung. Wir können neben Ebay.de aber auch andere Seiten verwenden, z.B. Ebay.com, denn was Viele gar nicht wissen: Auf Ebay.de werden nur Artikel ab einem Euro angezeigt. Es gibt jedoch unzählige Artikel unter einem Euro, die nur auf anderen Ebay-Länderseiten auftauchen. Auf Ebay.de werden diese niemals angezeigt, außer wir geben direkt die Artikelnummer ein. Dann können wir sie auf Ebay.de sogar kaufen – aber niemals finden.

Ansonsten kann man rechts über den Suchergebnissen die Sortierung wählen. Die Einstellung "Niedrigster Preis inkl. Versand" macht Sinn, wenn nur 1 Stück benötigt wird. Wer sich dagegen einen Vorrat von beispielsweise 3 oder 5 „Pro Mini“ Boards anlegen will, sortiert besser nur nach niedrigstem Preis (ohne Versand). Die Versandkosten müssen dann beim Vergleich halt berücksichtigt werden.

Es gibt noch unzählige weitere Einstellungen für die Suche, auf die ich hier nicht einzeln eingehen möchte – nur soviel: Man kann auch ganz rechts neben dem Suchfeld auf "Erweitert" klicken und erhält dann noch viele zusätzliche Suchoptionen.

Sicherheit auf Ebay

Da man die Händler auf Ebay nicht kennt, ist ein umfassender Käuferschutz wichtig. Den gibt es bei Ebay aber nur bei Bezahlung mit PayPal. Der Bezahlendienst fungiert dabei als Treuhänder. Wenn Ware nicht ankommt, defekt ist oder von der Beschreibung abweicht, kann man einen "Fall" öffnen und den Käuferschutz in Anspruch nehmen.

3.2.3 Amazon

Anders als Ebay ist [Amazon](#) nicht nur Plattform für andere Händler. Amazon verkauft auch sehr viel selbst. Viele Artikel gibt es dort sowohl direkt von Amazon, als auch von zahlreichen weiteren Händlern. Viele der Händler nutzen auch die Logistik von Amazon, lagern Ihre Waren dort, und Amazon übernimmt den Versand. Ähnlich wie bei Ebay gibt es auch viele chinesische Händler, die ihre Waren meist direkt aus China verschicken. Auch hier gilt, dass diese Händler für Mikrocontroller Boards und andere Komponenten, die wir benötigen, meistens die günstigsten Preise bieten können. Dafür muss man aber auch mit langen Lieferzeiten aus China rechnen.



Auch bei Amazon gibt es unter den Händlern schwarze Schafe, aber als Kunde ist man dennoch auf der sicheren Seite, da Amazon (ähnlich wie sonst PayPal) als Treuhänder fungiert. Berechtigte Reklamationen laufen bei Amazon fast immer problemlos ab.

3.2.4 AliExpress

[AliExpress](#) gehört zum chinesischen Alibaba-Konzern, und ist eine gigantische Plattform für internationalen Handel, sozusagen die chinesische Version von Ebay.  Hier finden wir Mikrocontroller Boards, Sensoren und sonstige Bauteile in gigantischer Zahl und zu den günstigsten Preisen überhaupt. Ich selbst bestelle fast alles bei AliExpress, obwohl die Waren oft über einen Monat unterwegs sind.

Auf der Seite kann "Deutsch" als Sprache eingestellt werden, aber es wird nicht immer alles auf Deutsch angezeigt. Manches ist englisch, und manchmal hat man auch wieder eine ganz andere Sprache und weiß nicht warum. Insgesamt kommt man trotzdem gut zurecht. Die Kommunikation mit Verkäufern (sofern sie denn überhaupt nötig ist) findet üblicherweise auf Englisch statt. Wer Übersetzungshilfe benötigt, dem möchte ich die KI-gestützte Seite [deepl.com](#) empfehlen.

Die Suche auf AliExpress ist ein bisschen tückisch. Meist finden wir hunderte oder tausende Artikel, wovon neuerdings nanchmal die meisten wieder verschwinden, sobald nach Preis sortiert wird. Manchmal hilft es mit unterschiedlichen Begriffen zu suchen, mal auf Englisch und auch mal auf Deutsch. Die Sortierung muss man nach jeder Suche allerdings neu wählen. Oft bringt auch eine Eingrenzung der Suche mit zusätzlichen Begriffen nicht (nicht wie sonst üblich) weniger Treffer, sondern viel mehr. Klickt man die gefundenen Angebote an, lohnt es sich, ganz unten auf den jeweiligen Seiten die vorgeschlagenen Artikel anzuschauen. Oft findet sich dort das Gesuchte noch günstiger.

Versandkosten bei AliExpress

Vor Jahren konnte man sich bei AliExpress noch viele Elektronikteile für weniger als einen Euro inklusive Versand aus China bestellen. Unfassbar, wenn wir bedenken, dass bei uns schon allein ein inländischer Versand (ohne den Warenwert) deutlich mehr kostet. Diese Zeiten sind allerdings vorbei. Bei kleinen leichten Waren sind die Versandkosten aus China aber immer noch deutlich günstiger als bei Bestellungen im eigenen Land. Bei schwereren Waren (beispielsweise Lautsprecher) lohnt sich hingegen das Bestellen aus China in der Regel nicht. Auch beim Erhöhen der Stückzahl ist Vorsicht geboten. Da können die Versandkosten bei manchen Angeboten durchaus mal aufs Dreifache springen, weil eine günstige Versandart wegfällt. Reduziert man nun die Stückzahl wieder, so bleibt die teure Versandart und muss separat angepasst werden. Manchmal kann es günstiger sein, 3 Bestellungen mit je 2 Stück zu machen als eine Bestellung mit 6 Stück.

Käuferschutz bei AliExpress

Wie andere Verkaufsplattformen bietet auch AliExpress den Kunden einen Käuferschutz. Vor ein paar Jahren war dieser Käuferschutz nicht mehr als ein schlechter Witz. Selbst