

Inhalt

| | |
|--|-------|
| Danksagung | xxiii |
| Kapitel 1: Einführung | 1 |
| Kapitel 2: Ein genauerer Blick auf den Arduino und die IDE | 19 |
| Kapitel 3: Erste Schritte | 35 |
| Kapitel 4: Grundbausteine | 59 |
| Kapitel 5: Funktionen | 103 |
| Kapitel 6: Zahlen, Variablen und arithmetische Operationen | 121 |
| Kapitel 7: Flüssigkristallanzeigen | 163 |
| Kapitel 8: Den Arduino erweitern | 179 |
| Kapitel 9: Numerische Tastenfelder | 209 |
| Kapitel 10: Benutzereingaben über einen Touchscreen | 217 |
| Kapitel 11: Gestatten, Familie Arduino! | 229 |
| Kapitel 12: Motoren und Bewegung | 249 |
| Kapitel 13: GPS für den Arduino | 285 |
| Kapitel 14: Drahtlose Datenübertragung | 301 |
| Kapitel 15: Infrarot-Fernbedienungen | 317 |
| Kapitel 16: RFID-Transponder lesen | 329 |
| Kapitel 17: Datenbusse | 343 |
| Kapitel 18: Echtzeituhren | 361 |
| Kapitel 19: Das Internet | 379 |
| Kapitel 20: Mobilfunkkommunikation | 395 |
| Index | 413 |

Inhaltsverzeichnis

DANKSAGUNG XXIII

1

EINFÜHRUNG 1

Unbegrenzte Möglichkeiten 2

Die Masse macht's 6

Teile und Zubehör 6

Erforderliche Software 7

 Mac OS X 8

 Windows XP und neuer 11

 Ubuntu Linux 9.04 und höher 15

Sicherheit 17

Ausblick 18

2

EIN GENAUERER BLICK AUF DEN ARDUINO UND DIE IDE 19

Der Arduino 19

Die IDE 25

 Der Befehlsbereich 26

 Der Textbereich 27

 Der Meldungsbereich 27

Ein erster Sketch in der IDE 28

 Kommentare 28

 Die Einrichtungsfunktion 29

 Die Hardware steuern 29

 Die Schleifenfunktion 30

 Den Sketch überprüfen 32

 Den Sketch hochladen und ausführen 33

 Den Sketch bearbeiten 33

Ausblick 33

3

| | |
|--|-----------|
| ERSTE SCHRITTE | 35 |
| Projekte planen | 36 |
| Elektrizität | 37 |
| Stromstärke | 37 |
| Spannung | 37 |
| Leistung | 37 |
| Elektronische Bauteile | 38 |
| Widerstände | 38 |
| Leuchtdioden (LEDs) | 42 |
| Steckplatinen | 44 |
| Projekt Nr. 1: LED-La-Ola | 46 |
| Der Algorithmus | 46 |
| Die Hardware | 46 |
| Der Sketch | 46 |
| Der Schaltplan | 48 |
| Den Sketch ausführen | 48 |
| Verwenden von Variablen | 49 |
| Projekt Nr. 2: Wiederholungen mit for-Schleifen | 50 |
| Die Helligkeit der LEDs durch Pulsbreitenmodulation ändern | 51 |
| Projekt Nr. 3: PBM-Beispiel | 53 |
| Weitere elektronische Bauteile | 53 |
| Transistoren | 54 |
| Gleichrichterdiode | 55 |
| Relais | 56 |
| Schaltungen mit höherer Spannung | 56 |
| Ausblick | 58 |

4

| | |
|---------------------------------|-----------|
| GRUNDBAUSTEINE | 59 |
| Schaltpläne | 60 |
| Symbole für die Bauteile | 60 |
| Leitungen in Schaltplänen | 63 |
| Schaltpläne analysieren | 64 |

| | |
|---|-----------|
| Kondensatoren | 65 |
| Die Kapazität von Kondensatoren | 65 |
| Kapazitätswerte ablesen | 66 |
| Arten von Kondensatoren | 66 |
| Digitale Eingänge | 68 |
| Projekt Nr. 4: Beispiel für digitale Eingänge | 70 |
| Der Algorithmus | 70 |
| Die Hardware | 70 |
| Der Schaltplan | 70 |
| Der Sketch | 74 |
| Den Sketch ändern | 75 |
| Den Sketch analysieren | 75 |
| Konstanten mit #define erstellen | 75 |
| Digitale Eingangspins messen | 76 |
| Entscheidungen mit if | 76 |
| Mehr Entscheidungsmöglichkeiten mit if-then-else | 77 |
| Boolesche Variablen | 78 |
| Logische Vergleichsoperatoren | 78 |
| Zwei und mehr Vergleiche | 79 |
| Projekt Nr. 5: Eine Verkehrsampel | 80 |
| Das Ziel | 80 |
| Der Algorithmus | 81 |
| Die Hardware | 81 |
| Der Schaltplan | 81 |
| Der Sketch | 83 |
| Den Sketch ausführen | 85 |
| Analoge und digitale Signale | 86 |
| Projekt Nr. 6: Ein Testgerät für Einzelzellenbatterien | 88 |
| Das Ziel | 88 |
| Der Algorithmus | 88 |
| Die Hardware | 88 |
| Der Schaltplan | 89 |
| Der Sketch | 90 |
| Rechnen mit dem Arduino | 91 |
| Fließkommavariablen | 91 |
| Vergleichsoperatoren für Berechnungen | 91 |

| | |
|---|------------|
| Die Genauigkeit der Analogmessung durch eine Bezugsspannung verbessern | 92 |
| Externe Bezugsspannung | 92 |
| Interne Bezugsspannung | 94 |
| Regelbare Widerstände | 94 |
| Piezoelektrische Summer | 95 |
| Das Schaltplansymbol | 96 |
| Projekt Nr. 7: Einen Piezosummer ausprobieren | 97 |
| Projekt Nr. 8: Ein Thermometer mit Ampelanzeige | 98 |
| Das Ziel | 99 |
| Die Hardware | 99 |
| Der Schaltplan | 100 |
| Der Sketch | 100 |
| Den Sketch weiterverwenden | 102 |
| Ausblick | 102 |
| | |
| 5 | |
| FUNKTIONEN | 103 |
| Projekt Nr. 9: Eine Funktion zur Wiederholung einer Aktion erstellen | 104 |
| Projekt Nr. 10: Eine Funktion mit einstellbarem Blinkvorgang erstellen | 105 |
| Funktionen zur Rückgabe von Werten | 106 |
| Projekt Nr. 11: Ein Thermometer mit Blinkcodeanzeige | 107 |
| Die Hardware | 107 |
| Der Schaltplan | 108 |
| Der Sketch | 108 |
| Daten vom Arduino im seriellen Monitor anzeigen | 110 |
| Der serielle Monitor | 110 |
| Projekt Nr. 12: Die Temperatur im seriellen Monitor anzeigen | 112 |
| Debugging im seriellen Monitor | 114 |
| Entscheidungen mit while-Anweisungen | 114 |
| do-while | 115 |
| Daten vom seriellen Monitor an den Arduino senden | 115 |
| Projekt Nr. 13: Eine Zahl mit 2 multiplizieren | 116 |
| long-Variablen | 117 |
| Projekt Nr. 14: long-Variablen verwenden | 118 |
| Ausblick | 119 |

ZAHLEN, VARIABLEN UND ARITHMETISCHE OPERATIONEN 121

| | |
|---|------------|
| Zufallszahlen generieren | 122 |
| Zufallszahlen aus dem Umgebungsstrom generieren | 122 |
| Projekt Nr. 15: Einen elektronischen Würfel erstellen | 124 |
| Die Hardware | 124 |
| Der Schaltplan | 124 |
| Der Sketch | 125 |
| Den Sketch ändern | 127 |
| Schnellkurs in Binärzahlen | 127 |
| Bytevariablen | 128 |
| Erweitern der digitalen Ausgänge mit Schieberegistern | 129 |
| Projekt Nr. 16: Eine Binärzahlenanzeige aus LEDs bauen | 130 |
| Die Hardware | 130 |
| Der Anschluss des 74HC595 | 131 |
| Der Sketch | 132 |
| Projekt Nr. 17: Ein Binärzahlenquiz konstruieren | 133 |
| Der Algorithmus | 134 |
| Der Sketch | 134 |
| Arrays | 137 |
| Arrays definieren | 137 |
| Auf Werte in Arrays verweisen | 137 |
| In Arrays lesen und schreiben | 137 |
| Siebensegmentanzeigen | 139 |
| Die LEDs steuern | 140 |
| Projekt Nr. 18: Eine einstellige Anzeige konstruieren | 141 |
| Die Hardware | 141 |
| Der Schaltplan | 142 |
| Der Sketch | 142 |
| Zweistellige Zahlen anzeigen | 144 |
| Projekt Nr. 19: Zwei Siebensegmentanzeigen steuern | 144 |
| Die Hardware | 144 |
| Der Schaltplan | 144 |
| Modulo | 145 |

| | |
|---|-----|
| Projekt Nr. 20: Ein Digitalthermometer konstruieren | 147 |
| Die Hardware | 147 |
| Der Sketch | 147 |
| LED-Matrixanzeigen | 149 |
| Die LED-Matrix im Schaltplan | 149 |
| Die Verbindungen herstellen | 151 |
| Bitarithmetik | 152 |
| Der bitweise AND-Operator | 152 |
| Der bitweise OR-Operator | 152 |
| Der bitweise XOR-Operator | 153 |
| Der bitweise NOT-Operator | 153 |
| Bitverschiebung nach links und rechts | 153 |
| Projekt Nr. 21: Eine LED-Matrix steuern | 154 |
| Projekt Nr. 22: Bilder auf einer LED-Matrix anzeigen | 156 |
| Projekt Nr. 23: Ein Bild auf einer LED-Matrix darstellen | 158 |
| Projekt Nr. 24: Eine LED-Matrix animieren | 160 |
| Der Sketch | 160 |
| Ausblick | 161 |

7

| | |
|---|------------|
| FLÜSSIGKRISTALLANZEIGEN | 163 |
| LCD-Zeichenmodule | 163 |
| Ein LCD-Zeichenmodul in einem Sketch verwenden | 164 |
| Text anzeigen | 166 |
| Variablen und Zahlen anzeigen | 167 |
| Projekt Nr. 25: Eigene Zeichen definieren | 168 |
| LCD-Grafikmodule | 170 |
| Das LCD-Grafikmodul anschließen | 171 |
| Die Flüssigkristallanzeige verwenden | 172 |
| Die Anzeige steuern | 172 |
| Projekt Nr. 26: Textfunktionen in Aktion | 173 |
| Aufwändigere Anzeigeeffekte hervorrufen | 174 |
| Projekt Nr. 27: Eine Temperaturverlaufskurve aufzeichnen | 175 |
| Der Algorithmus | 175 |
| Die Hardware | 176 |
| Das Ergebnis | 178 |
| Den Sketch ändern | 178 |
| Ausblick | 178 |

8

| | |
|---|------------|
| DEN ARDUINO ERWEITERN | 179 |
| Shields | 180 |
| ProtoShield | 182 |
| Projekt Nr. 28: Einen eigenen Shield mit acht LEDs konstruieren | 183 |
| Die Hardware | 183 |
| Der Schaltplan | 184 |
| Die Struktur der ProtoShield-Platine | 184 |
| Der Entwurf | 185 |
| Die Bauteile festlöten | 186 |
| Den selbst gebauten Shield ändern | 188 |
| Sketche durch Bibliotheken erweitern | 188 |
| Die Bibliotheken für einen Shield importieren | 188 |
| microSD-Speicherkarten | 192 |
| Die microSD-Karte prüfen | 193 |
| Projekt Nr. 29: Daten auf die Speicherkarte schreiben | 194 |
| Projekt Nr. 30: Ein Gerät zur Temperaturoaufzeichnung konstruieren | 196 |
| Die Hardware | 196 |
| Der Sketch | 197 |
| Zeitmessung mit millis() und micros() | 199 |
| Projekt Nr. 31: Eine Stoppuhr konstruieren | 201 |
| Die Hardware | 201 |
| Der Sketch | 202 |
| Interrupts | 204 |
| Interrupt-Modi | 205 |
| Interrupts einrichten | 205 |
| Interrupts aktivieren und deaktivieren | 206 |
| Projekt Nr. 32: Interrupts verwenden | 206 |
| Der Sketch | 206 |
| Ausblick | 208 |

9

| | |
|--|------------|
| NUMERISCHE TASTENFELDER | 209 |
| Numerische Tastenfelder verwenden | 209 |
| Ein Tastenfeld anschließen | 210 |
| Programme für das Tastenfeld schreiben | 210 |
| Den Sketch testen | 212 |

| | |
|--|-----|
| Entscheidungen mit switch-case | 212 |
| Projekt Nr. 33: Ein Schloss mit Tastenfeld konstruieren | 213 |
| Der Sketch | 213 |
| Funktionsweise | 215 |
| Den Sketch testen | 216 |
| Ausblick | 216 |

10

| | |
|--|------------|
| BENUTZEREINGABEN ÜBER EINEN TOUCHSCREEN | 217 |
| Touchscreens | 217 |
| Den Touchscreen anschließen | 218 |
| Projekt Nr. 34: Bereiche auf dem Touchscreen ansprechen | 219 |
| Die Hardware | 219 |
| Der Sketch | 219 |
| Den Sketch testen | 221 |
| Kartierung des Touchscreens | 221 |
| Projekt Nr. 35: Einen Ein/Aus-Schalter mit zwei Zonen entwerfen | 222 |
| Der Sketch | 223 |
| Funktionsweise | 224 |
| Den Sketch testen | 225 |
| Projekt Nr. 36: Einen Schalter mit drei Berührungszonen entwerfen | 225 |
| Die Touchscreen-Karte | 225 |
| Der Sketch | 226 |
| Funktionsweise | 228 |
| Ausblick | 228 |

11

| | |
|--|------------|
| GESTATTEN, FAMILIE ARDUINO! | 229 |
| Projekt Nr. 37: Einen eigenen Steckplatinen-Arduino bauen | 229 |
| Die Hardware | 230 |
| Der Schaltplan | 233 |
| Die Arduino-Pins | 235 |
| Einen Testsketch ausführen | 236 |
| Anschluss an eine handelsübliche Arduino-Platine | 238 |

| | |
|--|-----|
| Die zahlreichen verschiedenen Arduino-Platinen | 240 |
| Arduino Uno | 241 |
| Freetronics Eleven | 242 |
| Der Freeduino | 243 |
| Der Boarduino | 243 |
| Der Arduino Nano | 244 |
| Der Arduino LilyPad | 244 |
| Der Arduino Mega 2560 | 245 |
| Der Freetronics EtherMega | 246 |
| Der Arduino Due | 246 |
| Ausblick | 248 |

12

| | |
|--|------------|
| MOTOREN UND BEWEGUNG | 249 |
| Kleine Bewegungen mithilfe von Stellmotoren | 249 |
| Stellmotoren auswählen | 250 |
| Einen Stellmotor anschließen | 251 |
| Den Stellmotor in Bewegung setzen | 251 |
| Projekt Nr. 38: Ein Zeigerthermometer bauen | 252 |
| Die Hardware | 252 |
| Der Schaltplan | 253 |
| Der Sketch | 253 |
| E-Motoren | 255 |
| Der Darlington-Transistor TIP120 | 255 |
| Projekt Nr. 39: Den Motor steuern | 256 |
| Die Hardware | 256 |
| Der Schaltplan | 257 |
| Der Sketch | 258 |
| Projekt Nr. 40: Einen Roboter mit Raupenantrieb bauen und steuern | 259 |
| Die Hardware | 259 |
| Der Shield | 262 |
| Der Sketch | 264 |
| Kollisionserkennung | 267 |

| | |
|--|-----|
| Projekt Nr. 41: Kollisionen mithilfe eines Mikroschalters erkennen | 267 |
| Der Schaltplan | 268 |
| Der Sketch | 269 |
| Infrarotsensoren zur Abstandsmessung | 271 |
| Verkabelung | 272 |
| Den IR-Abstandssensor testen | 272 |
| Projekt Nr. 42: Kollisionen mithilfe eines IR-Abstandssensors verhindern | 274 |
| Ultraschallsensoren | 277 |
| Den Ultraschallsensor anschließen | 277 |
| Den Ultraschallsensor verwenden | 277 |
| Den Ultraschallsensor testen | 278 |
| Projekt Nr. 43: Kollisionen mithilfe eines Ultraschall-Abstandssensors verhindern | 280 |
| Der Sketch | 280 |
| Ausblick | 283 |

13

| | |
|---|------------|
| GPS FÜR DEN ARDUINO | 285 |
| Was ist GPS? | 285 |
| Den GPS-Shield testen | 287 |
| Projekt Nr. 44: Ein einfaches GPS-Empfangsgerät konstruieren | 289 |
| Die Hardware | 290 |
| Der Sketch | 290 |
| Die Position auf dem LCD-Bildschirm anzeigen | 291 |
| Projekt Nr. 45: Eine genaue GPS-gestützte Uhr konstruieren | 292 |
| Die Hardware | 292 |
| Der Sketch | 292 |
| Projekt Nr. 46: Den Bewegungsverlauf eines Objekts aufzeichnen | 294 |
| Die Hardware | 295 |
| Der Sketch | 295 |
| Standorte auf der Landkarte anzeigen | 297 |
| Ausblick | 299 |

14

| | |
|---|------------|
| DRAHTLOSE DATENÜBERTRAGUNG | 301 |
| Preiswerte Module für die drahtlose Datenübertragung | 301 |
| Projekt Nr. 47: Eine drahtlose Fernbedienung konstruieren | 303 |
| Die Hardware für die Senderschaltung | 303 |
| Der Schaltplan für den Sender | 303 |
| Die Hardware für die Empfängerschaltung | 304 |
| Der Schaltplan für den Empfänger | 305 |
| Der Sketch für den Sender | 306 |
| Der Sketch für den Empfänger | 307 |
| XBee-Module für eine drahtlose Übertragung mit größerer Reichweite und höherer Geschwindigkeit | 309 |
| Projekt Nr. 48: Datenübertragung mit einem XBee-Modul | 310 |
| Der Sketch | 311 |
| Den Computer für den Datenempfang einrichten | 311 |
| Projekt Nr. 49: Ein ferngesteuertes Thermometer bauen | 312 |
| Die Hardware | 313 |
| Der Aufbau | 313 |
| Der Sketch | 314 |
| Betrieb | 316 |
| Ausblick | 316 |

15

| | |
|---|------------|
| INFRAROT-FERNBEDIENUNGEN | 317 |
| Was ist Infrarot? | 317 |
| Vorbereitung für die Infrarotübertragung | 318 |
| Der IR-Empfänger | 318 |
| Die Fernbedienung | 319 |
| Der Testsketch | 319 |
| Den Sketch testen | 320 |
| Projekt Nr. 50: Den Arduino fernsteuern | 321 |
| Die Hardware | 321 |
| Der Sketch | 321 |
| Den Sketch erweitern | 324 |
| Projekt Nr. 51: Ein Raupenfahrzeug fernsteuern | 324 |
| Die Hardware | 324 |
| Der Sketch | 324 |
| Ausblick | 327 |

16

| | |
|---|------------|
| RFID-TRANSPONDER LESEN | 329 |
| Das Innenleben von RFID-Transpondern | 330 |
| Die Hardware testen | 331 |
| Der Schaltplan | 331 |
| Die Schaltung prüfen | 331 |
| Projekt Nr. 52: Ein einfaches RFID-Steuerungssystem konstruieren | 333 |
| Der Sketch | 333 |
| Funktionsweise | 335 |
| Daten im eingebauten EEPROM des Arduino speichern | 336 |
| Lesen und Schreiben im EEPROM | 337 |
| Projekt Nr. 53: Ein RFID-Steuerungssystem konstruieren, das sich die letzte Aktion merkt | 338 |
| Der Sketch | 339 |
| Funktionsweise | 342 |
| Ausblick | 342 |

17

| | |
|---|------------|
| DATENBUSSE | 343 |
| Der I ² C-Bus | 343 |
| Projekt Nr. 54: Einen externen EEPROM verwenden | 345 |
| Die Hardware | 346 |
| Der Schaltplan | 346 |
| Der Sketch | 347 |
| Das Ergebnis | 349 |
| Projekt Nr. 55: Einen IC zur Porterweiterung verwenden | 350 |
| Die Hardware | 350 |
| Der Schaltplan | 350 |
| Der Sketch | 352 |
| Der SPI-Bus | 353 |
| Die Anschlüsse | 353 |
| Den SPI-Bus nutzen | 354 |
| Daten an ein SPI-Gerät senden | 355 |
| Projekt Nr. 56: Ein Digitalpotenziometer verwenden | 356 |
| Die Hardware | 356 |
| Der Schaltplan | 357 |
| Der Sketch | 357 |
| Ausblick | 359 |

18

| | |
|--|------------|
| ECHTZEITUHREN | 361 |
| Der Anschluss des RTC-Moduls | 362 |
| Projekt Nr. 57: Datum und Uhrzeit mit einem RTC-Modul einstellen und anzeigen | 362 |
| Die Hardware | 363 |
| Der Sketch | 363 |
| Funktionsweise | 366 |
| Projekt Nr. 58: Eine einfache Digitaluhr bauen | 367 |
| Die Hardware | 367 |
| Der Sketch | 368 |
| Funktionsweise | 371 |
| Projekt Nr. 59: Eine Stechuhr konstruieren | 372 |
| Die Hardware | 372 |
| Der Sketch | 373 |
| Funktionsweise | 377 |
| Ausblick | 378 |

19

| | |
|--|------------|
| DAS INTERNET | 379 |
| Erforderliches Material | 379 |
| Projekt Nr. 60: Eine Fernüberwachungsstation konstruieren | 381 |
| Die Hardware | 381 |
| Der Sketch | 382 |
| Fehlersuche | 384 |
| Funktionsweise | 385 |
| Projekt Nr. 61: Einen Arduino-Tweeter konstruieren | 386 |
| Die Hardware | 387 |
| Der Sketch | 387 |
| Den Arduino vom Web aus steuern | 388 |
| Projekt Nr. 62: Eine Fernsteuerung für den Arduino einrichten | 389 |
| Die Hardware | 390 |
| Der Sketch | 391 |
| Den Arduino fernsteuern | 392 |
| Ausblick | 393 |

| | |
|---|------------|
| MOBILFUNKKOMMUNIKATION | 395 |
| Die Hardware | 396 |
| Den Power-Shield vorbereiten | 397 |
| Die Hardware einrichten und testen | 398 |
| Die Betriebsfrequenz ändern | 400 |
| Projekt Nr. 63: Ein Arduino-Wählergerät bauen | 403 |
| Die Hardware | 403 |
| Der Schaltplan | 403 |
| Der Sketch | 404 |
| Funktionsweise | 405 |
| Projekt Nr. 64: Textnachrichten mit dem Arduino senden | 406 |
| Der Sketch | 406 |
| Funktionsweise | 407 |
| Projekt Nr. 65: Eine SMS-Fernsteuerung einrichten | 408 |
| Die Hardware | 408 |
| Der Schaltplan | 408 |
| Der Sketch | 409 |
| Funktionsweise | 412 |
| Ausblick | 412 |
| INDEX | 413 |