

**Urheberrechtlich geschütztes Material**

**Stefan Hoffmann**

**Einfacher Einstieg in die Elektronik  
mit AVR-Mikrocontroller und BASCOM**

**Systematische Einführung und Nachschlagewerk mit vielen Anregungen**

Urheberrechtlich geschütztes Material

**Stefan Hoffmann**

# **Einfacher Einstieg in die Elektronik mit AVR-Mikrocontroller und BASCOM**

**Systematische Einführung und Nachschlagewerk mit vielen Anregungen**

## Urheberrechtlich geschütztes Material

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation  
in der Deutschen Nationalbibliografie;  
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über  
<http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

1. Auflage 2010

© 2010 Stefan Hoffmann, Hamburg

Die im vorliegenden Buch veröffentlichten Informationen werden ohne Rücksicht auf die Patentlage oder mögliche Schutzrechte Dritter mitgeteilt und sind ausschließlich für Lehrzwecke bestimmt. Alle Rechte bleiben bei den jeweiligen Unternehmen.

Es wird keine Verantwortung oder Haftung übernommen für Folgen, die auf fehlerhafte Angaben zurückzuführen sind.

Dieses Buch ist im Ganzen und in Teilen urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung (elektronisch oder sonstwie) ohne vorherige Zustimmung des Autors ist unzulässig und strafbar.

Herstellung und Verlag:  
Books on Demand GmbH, Norderstedt

ISBN 978-3-8391-8430-1

# Inhalt

Vorwort .....	13
1. Kapitel: Einführung .....	15
2. Kapitel: Elektronik-Grundlagen .....	16
3. Kapitel: Entwicklungsumgebung für AVR Mikrocontroller .....	24
Hardware .....	24
Software .....	28
Vorgehensweise .....	31
4. Kapitel: Der Start / Hello World .....	38
\$regfile .....	38
\$Crystal .....	38
REM ' ( ... ' ) .....	38
config Port .....	39
DDRx .....	39
END .....	40
LED an, LED aus .....	40
5. Kapitel: Ausgabe/Die Basis .....	41
Wait, Waitms, Waitus .....	41
Do loop .....	41
Set/reset .....	41
toggle .....	42
SOUND .....	42
2_LED .....	42
LED an mit Verzögerung aus .....	43
Zeitschalter .....	43
Blinker .....	43
Leuchtturm (Gleichtaktfeuer) .....	43
Metronom .....	44
Pieper .....	44
6. Kapitel: Variablen und Rechnen .....	45
DIM .....	45
Strings .....	45
Arrays .....	45
const .....	46
Rechnen: $x = x + 5$ .....	46
LEN .....	46
MID .....	46
INCR, DECR .....	46
Binärzähler .....	47
7. Kapitel: Strukturierung/Programmsteuerung .....	49
Alias .....	49
Sprungmarken .....	49
goto .....	49
If then .....	49
Select case .....	50
Unterrprogramme .....	50

## Urheberrechtlich geschütztes Material

<u>Lookdown</u> .....	51
<u>Restore/Read</u> .....	51
<u>Maulwurf-Schreck</u> .....	52
<u>Ampel, einfach</u> .....	53
<u>Ampel</u> .....	54
<u>Zahnputz-Timer</u> .....	56
<u>Saunatimer</u> .....	58
<b>8. Kapitel: Schleifen</b> .....	61
<u>Do loop</u> .....	61
<u>Do loop until</u> .....	61
<u>While wend</u> .....	61
<u>For next</u> .....	62
<u>Rotate/Shift/*2</u> .....	62
<u>Morsegeber</u> .....	62
<u>Baustellen-Lauflicht</u> .....	64
<u>Knight-Rider</u> .....	65
<u>Lauflicht mit Rotate</u> .....	65
<u>Lauflicht mit 16 Ausgängen (mit Overlay); Simulator</u> .....	66
<u>Musik mit SOUND</u> .....	70
<u>Musik nach Noten mit SOUND</u> .....	72
<b>9. Kapitel: Eingabe, digital</b> .....	74
<u>Definieren des Input-Ports bzw. Input-Pins</u> .....	74
<u>Abfragen des Input-Ports bzw. Input-Pins</u> .....	74
<u>Pullup-Widerstand (extern / intern)</u> .....	74
<u>Tastententprellung</u> .....	75
<u>DEBOUNCE</u> .....	75
<u>Treppenhaus-Licht</u> .....	76
<u>LED an/aus (Entprellen)</u> .....	77
<u>Ausschalt-Timer</u> .....	79
<u>Doppelklick, Langdrücken, Kurzdrücken</u> .....	80
<u>Morsesummer</u> .....	81
<u>Fenster-offen-Alarm</u> .....	82
<u>Alarmanlage (Draht/Bewegung)</u> .....	82
<u>Pumpensteuerung mit Zeit</u> .....	84
<u>Pumpensteuerung mit Hysterese (Ab-/Zupumpen)</u> .....	84
<u>Einschalt-Menü</u> .....	87
<u>Quizmaster (mit Polling)</u> .....	88
<u>Logikbausteine/Konverter (direkt, Case, Lookup, Array, Read)</u> .....	91
<u>Stein-Schere-Papier</u> .....	95
<u>Wolf, Ziege, Kohlkopf</u> .....	99
<u>Würfel</u> .....	102
<u>Matrixtastatur</u> .....	104
<u>Schrankenöffner/Tresor</u> .....	106
<b>10. Kapitel: „Zufall“</b> .....	108
<u>Rnd</u> .....	108
<u>Würfel (rnd, Ausrollen, Muster)</u> .....	108
<u>Realtimeclock</u> .....	110

## Urheberrechtlich geschütztes Material

Schau den Lukas	114
Gedächtnisspiel	115
Sisyphos	121
11. Kapitel: Analoge Eingabe und Ausgabe	123
Eingabe: ADC	123
Poti/LDR an ADC	123
Eingangsspannung steuert Lauflicht-Geschwindigkeit	124
Dämmerungssensor/Lichschranke	125
Pulsmesser	127
Kühlschrank-Alarm	128
Neigungsmesser-Alarm	129
Tasten mit ADC	132
Thermostat mit KTY81	135
Frostalarm/Joggertermometer	137
Binär-Voltmeter	139
Widerstandsmessung (Anzeige mit LEDs)	140
Ein-LED-Nachtlicht	141
Digital-Analog-Umwandlung	146
8 Pin Widerstandsleiter (Funktionsgenerator)	146
PWM und RC-Glied	152
Spannungsregler LM317	157
12. Kapitel: LC-Display	161
Config	161
LCD	161
CLS	161
Upperline/Lowerline	161
Cursor	161
Locate	161
Display	161
Einfache Textausgabe	162
Schaltjahr, Wochentag und Tag im Jahr	163
Selbstdefinierte Zeichen für LCD	165
Mondphasen	168
LCD mit 20 Spalten und 4 Zeilen	170
Temperatursausgabe von LM35-Sensor	174
Temperatursausgabe von LMx35-Sensor	175
Balkenanzeige für Temperatur (LM35)	176
Dioden- und Widerstandstester	178
Alarmlinie	182
Message-Box	184
13. Kapitel: EEPROM für dauerhaftes Speichern	191
Schreiben/lesen	191
Prüfen am Programmstart	191
Speichern eines Wertes im EEPROM	192
Speichern der Texte im EEPROM	194
Speichern in EEPROM beim Brennen mit \$eeprom/Data	196
Maximalwert in EEPROM speichern	199
Message-Box für Stromsparer	202



## Urheberrechtlich geschütztes Material

2 Stellen, direkte Ansteuerung.....	208
4 Stellen, Multiplex-Ansteuerung.....	209
4 Stellen, Multiplex-Ansteuerung mit Hochzählen mit Sekundentimer.....	211
4 Stellen mit Multiplex: Uhr.....	213
13-Segmentanzeige/Alphanumerische Anzeige.....	215
15. Kapitel: LED-Matrix.....	216
5x7.....	216
Buchstabe/Zeichen auf 5x7-Matrix.....	216
Selbstdefiniertes Zeichen: Herz.....	217
Anzeige einer Zeichenkette (String).....	218
Anzeigen Zeichenkette mit Pause zwischen gleichen Zeichen.....	219
Musteranzeige auf Dotmatrix-Anzeige.....	221
3x5 Anzeige.....	224
virtuell.....	227
16. Kapitel: Interrupts.....	228
Basis mit INT0 / INT1.....	229
Quizmaster mit PCINT.....	231
17. Kapitel: Timer/Counter/PWM.....	236
Timer.....	236
Timer für 1 Sekunde.....	240
Ausschalt-Timer mit Stufen.....	241
LED mit 1 Hz.....	243
100ms Signal.....	244
Frequenz erzeugen.....	245
440 Hz Signal.....	245
Smiley-Blitzer.....	246
Quarzuhr.....	252
Counter.....	257
Timer als Zähler.....	257
Frequenzzähler.....	258
PWM - Pulsweitenmodulation.....	260
Dimmen einer LED.....	263
Spannung mit RC-Glied.....	263
Ansteuerung Servo mit PWM-Signal.....	267
CTC-Modus.....	268
Töne mit CTC-Modus.....	270
Melodien mit CTC-Modus.....	271
18. Kapitel: Servo-Signale bzw. Fahrtregler-Signale.....	275
Servo-Signale erzeugen.....	275
Servotester mit SERVO-Befehl.....	275
Servo-Signal mit Timer.....	277
Ansteuerung mehrere Servos mit Timer.....	279
Servosignale auswerten.....	281
Auswertung eines Servosignales mit Tastfunktion.....	281
Auswertung eines Servosignals mit Memory-Funktion.....	282
Schalten von 4 Verbrauchern mit einem Fernsteuerkanal.....	283

## Urheberrechtlich geschütztes Material

DCF77-Uhr mit Wochentag, Monatsnamen und Empfangsanzeige .....	291
Manuelle Dekodierung .....	294
20. Kapitel: Drehimpulsgeber .....	297
ENCODER .....	297
Auswertung mit ENCODER-Befehl .....	299
Drehimpulsgeber mit 1 INT .....	299
Drehimpulsgeber mit 2 INT .....	300
Drehimpulsgeber mit Timer .....	301
21. Kapitel Grafikdisplay .....	306
Grafikbefehle .....	306
Grafikdisplay Basis .....	309
Zeichensatz des Grafikdisplays .....	318
Etch A Sketch <sup>®</sup> .....	320
Analoguhr .....	324
22. Kapitel: Farb-Grafikdisplay .....	330
\$Include .....	331
Grafik-Befehle .....	332
Basis .....	333
Mastermind .....	339
TicTacToe .....	348
Oszilloskop .....	360
23. Kapitel: IR-Signale .....	366
IR-Empfänger .....	366
IR-Sender .....	368
24. Kapitel: Serielle Datenübertragung .....	370
\$Baud .....	373
Print .....	374
Input .....	374
Waitkey .....	374
Inkey .....	374
Open .....	375
Serielle Daten senden und empfangen .....	375
Serielle Basis: Daten an PC senden .....	375
Logdatei erstellen .....	378
Senden an PC-Programm .....	382
Serielle Ausgabe und Eingabe .....	383
Software UART: PC schaltet LEDs via ATtiny13 .....	384
Zeichenweise mit ATtiny13 .....	385
Eingabe am PC – Ausgabe auf LCD .....	386
Seriell LC-Display .....	388
Seriell LC-Display mit ATmega8 ansteuern .....	390
Seriell Reichelt-Display mit ATtiny13 ansteuern .....	391
Seriell Newhaven-LC-Display mit ATtiny13 ansteuern .....	392
Seriell Fungizmos-Display mit Zufallszahl (ATtiny13) .....	395
Senden von Mikrocontroller zu Mikrocontroller (ASCII) .....	396
Senden von Mikrocontroller zu Mikrocontroller mit PRINTBIN .....	399
GPS-Empfänger .....	400
GPS-Signal zeichenweise auswerten .....	401



## Urheberrechtlich geschütztes Material

25. Kapitel: I2C = TWI .....	408
<u>Thermometer mit DS1621</u> .....	409
<u>Thermometer mit Alarm mit LM75</u> .....	412
<u>Thermometer mit Alarm mit DS1631</u> .....	414
<u>Kompass mit CMPS03</u> .....	418
<u>Entfernungsmesser mit SRF02</u> .....	421
<u>Uhr mit DS1307</u> .....	423
<u>EEPROM mit 24Cxx (xxk)</u> .....	429
<u>Porterweiterung PCF8574 / PCF8574A (8 I/O Pins)</u> .....	443
<u>Porterweiterung PCA9555 (16 I/O Pins)</u> .....	451
<u>7-Segment-Ansteuerung mit SAA1064</u> .....	459
<u>BlinkM</u> .....	467
<u>1-Wire Thermometer DS1820</u> .....	470
26. Kapitel: Weiteres .....	474
<u>Watchdog-Timer</u> .....	474
<u>Watchdog Basis</u> .....	474
<u>Watchdog Basis mit Interrupt</u> .....	475
<u>Sleep-Modes</u> .....	476
<u>Powerdown – Wecken mit externem INT-Interrupt</u> .....	476
<u>Würfel mit Powerdown – Wecken mit externem INT-Interrupt</u> .....	477
<u>Powerdown – Wecken mit Watchdog-Interrupt</u> .....	479
<u>Powerdown – Wecken mit Watchdog für ADC-Messung</u> .....	480
<u>Powersave – Wecken mit Softlock für ADC-Messung</u> .....	482
<u>Fuse-Bits</u> .....	484
<u>Externer Quartz versus interner RC-Oszillator</u> .....	484
27. Kapitel: AVR Butterfly .....	489
<u>Butterfly Basis</u> .....	501
<u>Butterfly komplett</u> .....	505
28. Kapitel: Arduino .....	531
29. Kapitel: Roboter.....	537
<u>Asuro</u> .....	537
<u>3pi</u> .....	539
<u>NIBObee</u> .....	541
30. Kapitel: Einsparmöglichkeiten / Fehlersuche .....	543
<u>1.) Pins einsparen</u> .....	543
<u>2.) Code übersichtlicher</u> .....	544
<u>3.) Strom minimieren</u> .....	544
<u>4.) Bauteile sparen</u> .....	545
<u>5.) Programmspeicher sparen</u> .....	545
<u>Zu berücksichtigen</u> .....	546
Anhang .....	547
<u>BASCOM Variablen-Typen</u> .....	547
<u>Zahlen- und Stringmanipulationen</u> .....	547
<u>Syntax wichtigster Befehle</u> .....	549
<u>BASCOM</u> .....	549
<u>BASCOM-Befehle für Grafik-Display</u> .....	551

## Urheberrechtlich geschütztes Material

Pinbelegungen AVR-Mikrocontroller .....	553
LC-Display .....	560
Spannungsregler 7805 .....	562
Selbsthaltung/Automatische Abschaltung .....	565
LEDs .....	568
5*7 Dotmatrix .....	571
7-Segmentanzeige / 16-Segmentanzeige .....	571
ISP-Stecker .....	574
Widerstandscode .....	575
smd-Code .....	575
Gehäuseformen .....	578
LCD-Zeichensatz (5*7) .....	582
3x5 Dot Zeichensatz .....	584
Siebensegmentanzeige Zeichensatz .....	585
16-Segmentanzeige Zeichensatz .....	586
Pixel-Formulare für Grafikdisplay .....	587
Portrait .....	587
Landscape .....	588
Schalten höherer Ströme .....	589
Servo-Signal .....	612
Infrarot-Signal .....	614
DCF77-Signal .....	615
GPS-Signal .....	617
Morsecode .....	618
Zahlendarstellungen .....	620
Spannungsbezeichnungen .....	620
SOUND-Befehl .....	621
Temperaturmessung .....	623
Speicher (HWSTACK, SWSTACK, FRAME) .....	639
myAVR-Erweiterungen .....	641
Programmablaufpläne und Struktogramme .....	659
Bezugsquellen .....	660
Bücher .....	662
Zeitschriften .....	665
Links .....	665

## Vorwort

Dieses Buch richtet sich sowohl an Einsteiger der Elektronik und der Mikrocontrollertechnik als auch an diejenigen, die bereits die Grundlagen der Elektronik oder auch die Grundzüge der Mikrocontroller-Technik kennen.

Dem Einsteiger wird vermittelt, dass sich durch den Einsatz von Mikrocontrollern fast alle Aufgaben der (überwiegend digitalen) Elektronik in verschiedensten Anwendungsbereichen sehr effizient und einfach lösen lassen. So bekommt der Modelleisenbahner und der Modellbauer ein umfangreiches Wissen vermittelt ebenso wie der Roboterbauer oder der Hobbyelektroniker. Der Interessierte, Schüler, Auszubildende oder Student lernt Schritt für Schritt, komplexere Projekte umzusetzen.

Das Buch ist so aufgebaut, dass der Leser von einfachen Grundlagen mit simplen Blinkschaltungen bis zu anspruchsvollen aber dennoch stets verständlich dargestellten Anregungen mit GPS-Signalen, seriellen Übertragungen, LC- oder Farbgrafikdisplay durch sich steigende Schwierigkeitsgrade geführt wird. Am Anfang eines jeden Kapitels werden die grundlegenden neuen Konstrukte bzw. Befehle vorgestellt, welche dann durch sehr viele Anregungen aus unterschiedlichsten Bereichen illustriert werden. Durch die vielen sorgsam ausgewählten und getesteten Beispiele wird dem Leser das Verständnis für die Materie vermittelt und die Angst genommen, in dieses spannende Thema einzusteigen.

Der fortgeschrittene Leser findet in diesem Buch eine Fundgrube von Anregungen und Informationen für die Praxis. Neben der Vielfältigkeit der Beispiele und deren Abdeckung der verschiedenen Bereiche wurde großer Wert darauf gelegt, das Buch so zu gestalten, dass es sowohl dem Einsteiger als auch dem Fortgeschrittenen als grundlegendes Nachschlagewerk dienen wird. Neben der Syntax der wichtigsten Sprachbefehle und den Pinbelegungen der wichtigsten AVR-Mikrocontroller bietet das Buch alle relevanten Informationen, die beim Bau von Projekten benötigt werden. Wie war noch die Pinbelegung beim Spannungsregler? Wie schalte ich höhere Ströme? Wie stelle ich Zeichen auf einem Display dar? Wie groß sollte der Vorwiderstand der LED sein? Diese und viele weitere immer wieder auftretende Fragen werden schnell und übersichtlich beantwortet. Dadurch ist das Buch ein wichtiger Begleiter in jeder Elektronik-Werkstatt.

Dieses Buch ist nicht 'ein weiteres' Buch über Elektronik. Oder 'ein weiteres' Buch über Mikrocontroller. Von beidem gibt es bereits einige – zum Teil sehr gute - Bücher. Darüber hinaus ist das Internet eine Fundgrube für unzählige Einführungen in die Elektronik bzw. in die Welt der Mikrocontroller und beherbergt viele Foren und liebevoll erstellte Webseiten mit sehr vielen Schaltungs- und Programmierideen. Das Buch bietet eine systematische Einführung – geeignet für Selbststudium oder als Grundlage in der Lehre – mit sehr vielen Anregungen und dient als umfangreiches Nachschlagewerk.

Es wird wenig vorausgesetzt. Am wichtigsten ist die Neugier und der Wunsch, ein faszinierendes Gebiet der Elektronik zu betreten. Ansonsten ist der Einstieg mit geringem finanziellen und zeitlichen Aufwand und mit wenig Wissen möglich. Anfangs werden die wichtigsten Grundlagen der Elektronik gelegt bzw. wiederholt (und im Anhang weiter vertieft). Dann wird die Entwicklungsumgebung beschrieben und schließlich in jedem Kapitel auf die Besonderheiten hingewiesen. Die Priorität liegt in diesem Buch ganz deutlich bei Verständlichkeit und Einfachheit. Es wird bewusst auf Assemblerprogrammierung, direkte Benutzung von Rechen- oder Status-Registern, Benutzung komplexer Bussysteme usw. verzichtet. Es wird nicht angestrebt, optimalen oder optimierten Code darzustellen sondern es werden einfache und verständliche Programme vorgestellt.

In den ersten Kapiteln werden Konstrukte benutzt, die der fortgeschrittene Leser der weiteren Kapitel eleganter zu lösen vermag. (Stichworte z.B.: Interrupts versus Polling, Schleifen versus Goto, PWM mit Timer versus selbstprogrammierte PWM.) Wem die vereinfachten Darstellungen zu vereinfacht vorkommen, der möge sich auf die Schulter klopfen, dass er es inzwischen besser kann. In den



funktionierende und verständliche Beispiele als Anregungen und als Bausteine für komplexe Projekte dargestellt werden. Im Bereich der Hardware wird weitgehend auf diskrete elektronische Bauteile wie Transistoren, Kondensatoren, Spulen usw. verzichtet. Die Schaltungen bestehen größtenteils aus der Spannungsversorgung, einem Mikrocontroller und ein paar Tasten und Leuchtdioden. Das Faszinierende ist, dass sich somit die meisten Ideen realisieren lassen. Ggf. werden individuelle Ergänzungen z.B. zum Schalten höherer Ströme wie im Anhang beschrieben vorgenommen. Es wird kein starrer Rahmen durch ein bestimmtes Entwicklungsboard vorgegeben sondern es wird empfohlen, den jeweils geeigneten AVR-Mikrocontroller auszuwählen. Dadurch und durch die niedrigen Kosten der Mikrocontroller wird der Leser ermuntert, schnell eigene richtige Zielsysteme zu erstellen und nicht an einem geschlossenen Baukasten oder einem Mikrocontrollermodell festzuhalten.

Ziel des Buches ist, das Verständnis für den Einsatz von AVR-Mikrocontrollern zu wecken, dem Anfänger die Scheu vor dem Einstieg zu nehmen und durch sehr viele Anregungen und Informationen ein umfangreiches Nachschlagewerk zu sein. Der Nutzen stellt sich bei Hobby und im Beruf ein. Zum Einen geht es um den 'Einfachen Einstieg in die Elektronik' mit Hilfe von AVR-Mikrocontrollern und BASCOM und zum Anderen geht es um den einfachen Einstieg in die 'Elektronik mit AVR-Mikrocontrollern und BASCOM'.

AVR-Mikrocontroller wurden gewählt weil die Firma Atmel hier eine Familie von sehr modernen Mikrocontrollern anbietet, die alle benötigten Komponenten (z.B. schnelle Verarbeitung, intern erzeugbarer Takt, Analog-Digital-Wandler, Interrupts usw.) enthält. BASCOM wurde als Hochsprache gewählt weil sie leicht erlernbar ist, einen sehr effizienten Code erzeugt und in Internet-Foren eine sehr gute Unterstützung findet. Aber auch Anwender anderer Mikrocontrollerfamilien oder anderer Programmiersprachen werden in diesem Buch viele Anregungen finden.

Zu diesem Buch gibt es eine kostenfreie CD mit allen BASCOM-Quelltexten, Datenblättern, vielen Tools (Freeware bzw. Excel-Format) usw.

Leider konnte diese CD aus produktionstechnischen Gründen dem Buch nicht beigelegt werden. Gegen Überweisung von 5,- Euro für Material, Verpackung und Versand unter Angabe einer vollständigen Adresse in den Betreffzeilen wird die CD innerhalb weniger Tage zugesandt:

Kontoinhaber: Stefan Hoffmann

Kontonummer: 24 11 11 4 60

Bankleitzahl: 200 700 24

Institut: Deutsche Bank Hamburg

Lob und konstruktive Verbesserungsvorschläge für die nächste Auflage werden gerne entgegengenommen: [bascom\\_buch@yahoo.de](mailto:bascom_buch@yahoo.de)