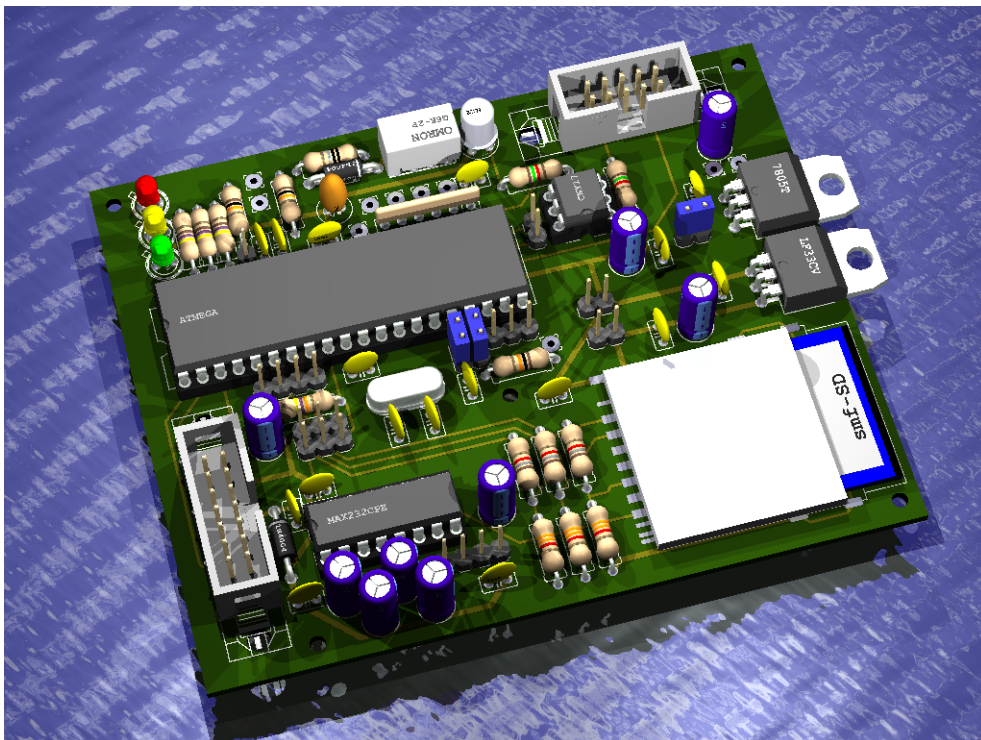


Atmel ATmega Demonstrator



Stefan Frenz

Stand 2009/05/26 (typo-fix 2010/01/14)

Alle Informationen dieses Dokuments dürfen frei verwendet werden. Der Autor kann jedoch in keinem Fall für entstandene Kosten, Schäden, Ausfälle oder Verluste haftend gemacht werden. Die Verwendung des Dokuments sowie die Nutzung der Schaltungen geschieht auf eigene Gefahr.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung.....	3
2	Baugruppen.....	4
2.1	Schaltplan.....	4
2.2	Platinenlayout.....	5
2.3	Bauteil-Liste.....	6
2.4	Controller.....	8
2.5	Oszillator.....	8
2.6	Versorgung 5 Volt.....	9
2.7	Versorgung 3.3 Volt.....	9
2.8	On Board Diagnose-LEDs.....	10
2.9	LC-Display Schnittstelle.....	10
2.10	Serielle Schnittstelle.....	11
2.11	Analoge Eingänge.....	11
2.12	Digitale Eingänge.....	12
2.13	Regelschalter.....	12
2.14	SD/MMC-Kartenleser.....	13
2.15	Zusatzmodulverbindung.....	14
2.16	Freie Pins für Erweiterungen.....	14
3	Versorgung 5 Volt mittels Schaltregler.....	15
3.1	Schaltplan, Platinenlayout und Bauteil-Liste.....	15
3.2	Anschluss an die Hauptplatine.....	16
3.3	Verwendungsmöglichkeiten.....	17
3.4	Sicherheitshinweis.....	17
4	Anschluss eines GPS-Empfängers.....	18
5	Eagle3D.....	19
6	Kostenschätzung.....	20
7	Inbetriebnahme.....	21
7.1	Setzen der Fuses.....	21
7.2	Verwendung der Beispielanwendung.....	22
8	Referenzen.....	24

1 Einführung

Das vorliegende Board dient der Evaluation des ATmega-Backends im SJC-Compiler [sjc] mit praktischem Hintergrund im Embedded Bereich, alle Unterlagen sind kostenfrei unter [atdemo] erhältlich. Der modulare Aufbau erlaubt je nach Bedarf eine Teilbestückung ohne Beeinträchtigung der jeweils anderen Module, eine Beschreibung der Module findet sich in Kapitel 2. Die Sicherungsmaßnahmen für die ggf. mit einem Sensor verbundenen Eingangssignale schützen einerseits die auf dem Board befindlichen Bauteile, andererseits verhindern sie übermäßige Rückwirkung auf das Eingangssignal.

Das Design des Boards erlaubt aufgrund der allgemein gehaltenen Schnittstellen einen Einsatz in unterschiedlichsten Anwendungen. Die Verbindung für Zusatzmodule (siehe Kapitel 2.15) lässt sich einerseits zur alternativen Versorgung mittels Schaltregler (siehe Kapitel 3) nutzen, andererseits kann ein I/O-Modul mit Speisung durch das Hauptmodul betrieben werden. Die nicht genutzten oder mehrfach nutzbaren Pins des Atmel ATmega Controllers sind funktionsbezogen gruppiert und jeweils an Pinheadern abgreifbar.

Das Board unterstützt die von den Atmel Controllern angebotene In System Programming Funktionalität in Form eines zum Atmel ISP-Anschluss kompatiblen Pinheaders, wie er zum Beispiel beim Atmel STK500 verwendet wird, so dass neue Software auf den Controller geladen werden kann, ohne ihn aus dem Board entfernen zu müssen.

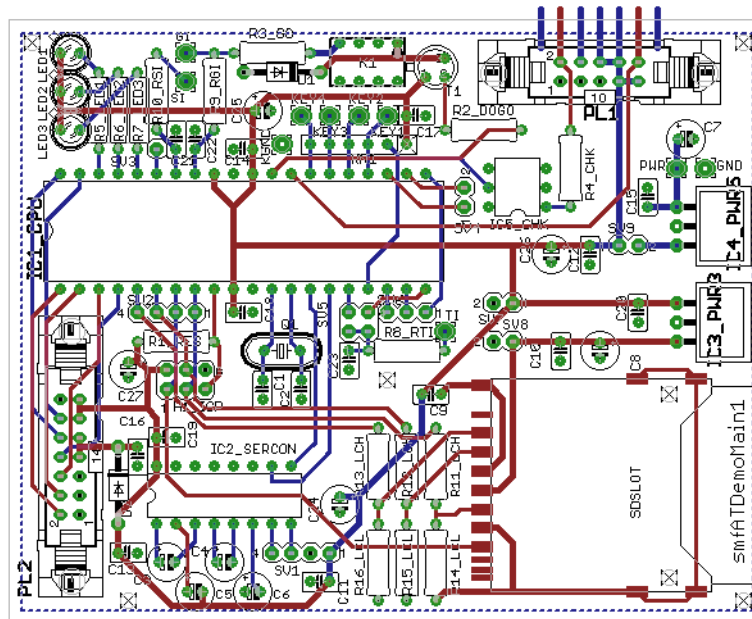
Im Internet steht eine Vielzahl an kompatiblen Software- und Hardware-Lösung zur Verfügung, angefangen von alternativen ISP-Adaptern (siehe zum Beispiel [blafusel], [icplan] oder [ponyprog]) über verschiedene Compiler ([sjc] sowie eine allgemeine Übersicht unter [wpa]) bis hin zu kompletten Entwicklungsumgebungen (siehe zum Beispiel [avrstd], [cdkavr] oder [avrecl]). Das Forum [mkn] bietet eine Vielzahl an Tutorials, hilfreich sind vielleicht auch [avrasm] und [obdev].

Der Schaltplan sowie das Board-Layout wurden mit der Light-Version von CadSoft® Eagle® (siehe [cadsoft]) in der Version 5.0 erstellt, wodurch die Abmessung auf 100x80mm beschränkt und eine problemlose Weiterverarbeitung in der Freeware-Version ermöglicht wird. Das 3D-Bild auf dem Titelblatt wurde mittels Eagle3D (siehe [eagle3d]) und POV-Ray (siehe [povray]) erstellt, siehe dazu auch Kapitel 5.

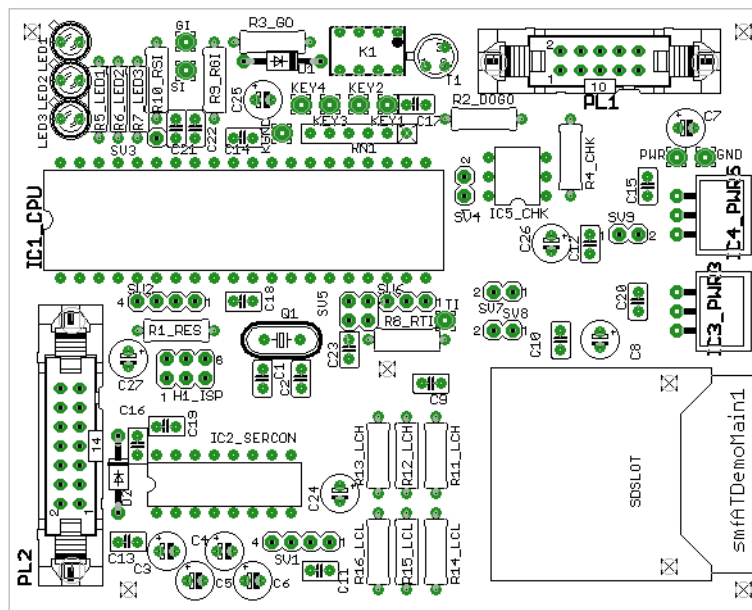
Dieses Dokument beschreibt die für das Board eingesetzten Komponenten, gibt in vereinfachter Form Auskunft über Bestückungsvarianten und erläutert die Funktion der einzelnen Baugruppen. Es soll den Nachbau verständlich machen und mittels Beispielen Anregungen für eigene Entwicklungen bieten. Eine vollständige Beschreibung der Funktionsweise der Bauteile und der ihnen zugrunde liegenden physikalischen oder elektrotechnischen Grundlagen liegt dagegen nicht im Fokus dieses Dokuments, da dies dessen Rahmen bei weitem sprengen würde.

2.2 Platinenlayout

Die Platine mit Bauteilen und Leiterbahnen (oben rot, unten blau) sowie möglicher Direktverbindung zu einem Erweiterungsboard:



Die Lage der Bauteile ohne Leiterbahnen:



In den folgenden Kapiteln werden die einzelnen Bauteile und ihr Verwendungszweck nach Modulzugehörigkeit sortiert ausführlich beschrieben. Darüber hinaus bietet die folgende Bauteil-Liste einen kurzen Überblick sowie als Bezugsnachweis die bei Reichelt (siehe [reichelt]) verwendete Artikelnummer. Eine Auflistung der zu erwartenden Kosten sowie passender Sockel für die ICs findet sich in Kapitel 6.

2.3 Bauteil-Liste

Im folgenden eine Bauteil-Liste mit Modulzugehörigkeit (Kapitelnummer) und Reichelt-Nummer:

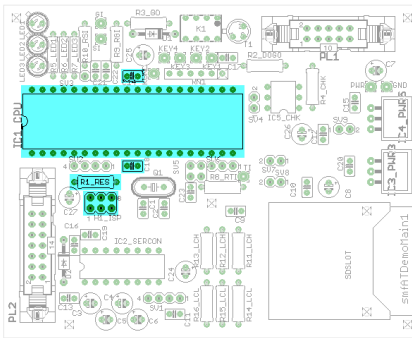
Name	Wert	Modul	Verwendungszweck	Reichelt-Artikel
C1	15 pF	2.5	Schwingkreiserzeugung (C-Anteil)	2x KERKO 15P
C2				
C3	1 μ F	2.10	Ladungspumpe	4x RAD 1/63
C4				
C5				
C6				
C7	4.7 μ F	2.6	Eingangsglättung	2x RAD 4,7/35
C8		2.7	Ausgangsglättung	
C9	100nF	alle	Entkopplung	12x X7R-2.5 100N
C10		2.7		
C11		2.10		
C12		2.6		
C13		alle		
C14		2.4		
C15		2.6		
C16		2.9		
C17		alle		
C18		2.4		
C19		2.10		
C20		2.7		
C21	wählbar, z.B. 1 nF oder 100 nF	2.11	Schwingungsdämpfung	zum Beispiel 3x MKS-02 1,0N oder MKS-02 100N
C22		2.11		
C23		2.12		
C24	wählbar	alle	Spannungsglättung	zum Beispiel 4x RAD 1/35
C25				
C26				
C27**				
D1	1N4004	2.13	Spulen-Löschung	1N 4004
D2	Widerstand	2.9	Spannungs-/Stromreduzierung	je nach Display
H1_ISP	2x3-Pin	2.4	Anschluss für ISP-Kabel	* siehe unten
IC1_CPU	ATmega	2.4	Controller-Chip	ATMEGA 32-16 DIP
IC2_SERCON	MAX232CPE	2.10	TTL-RS232-Pegelkonverter	MAX 232 CPE
IC3_PWR3	LF33CV	2.7	Linearregler für 3.3 Volt	LF 33 CV
IC4_PWR5	7805	2.6	Linearregler für 5 Volt	μ A 7805
IC5_CHK	CNY17	2.12	Optokoppler	CNY 17/II

Name	Wert	Modul	Verwendungszweck	Reichelt-Artikel	
K1	G6K-2P	2.13	Schaltrelais für Regelschalter	G6K-2P 5V	
LED1	wählbar	2.8	Status-LED, Vorwiderstand R5-R7 je nach verwendetem Typ anzupassen	zum Beispiel 3x LED 3MM RT LED 3MM GN	
LED2					
LED3					
PL1	2x5 Verbinder	2.15	Zusatzmodulverbinder	PSL 10	
PL2	2x7 Verbinder	2.9	Anschluss für LCD-Kabel	PSL 14	
Q1	7.3728 MHz	2.5	Schwingkreiserzeugung (Q-Anteil)	7,3728-HC18	
R1_RES	47 kΩ	2.4	Pull-Up für Reset	METALL 47,0K	
R2_DOGO	1.5 kΩ	2.13	Vorwiderstand für T1	METALL 1,50K	
R3_GO	wählbar		Regel-Widerstand	wählbar	
R4_CHK	1.5 kΩ	2.12	Vorwiderstand für IC5_CHK	METALL 1,50K	
R5_LED1	wählbar	2.8	Vorwiderstand für LED, je nach Typ der verwendeten LED anzupassen (zum Beispiel 470Ω für ~11mA)	zum Beispiel 3x METALL 470	
R6_LED2					
R7_LED3					
R8_RTI	wählbar, z.B. 1 kΩ oder 10 kΩ	2.12	Schutzwiderstand für TI	zum Beispiel 3x METALL 1,00K oder METALL 10,0K	
R9_RGI		2.11	Schutzwiderstand für GI		
R10_RSI			Schutzwiderstand für SI		
R11_LCH	1.8 kΩ	2.14	Pegelkonverter low-side	3x METALL 1,80K	
R12_LCH					
R13_LCH					
R14_LCL	3.3 kΩ		Pegelkonverter high-side	3x METALL 3,30K	
R15_LCL					
R16_LCL					
RN1	4.7 kΩ	2.12	Pull-Up-Netz	SIL 6-5 4,7K	
SDSLOT	Yamaichi	2.14	SD-/MMC-Kartenslot	CONNECTOR SD 22	
SV1	4-Pin	2.10	Anschluss RS232	* siehe unten	
SV2	4-Pin	2.16	freier Anschluss (SPI)		
SV3	1-Pin		freier Anschluss (PortA5)		
SV4	2-Pin		freier Anschluss (I2C/TWI/PortC0,1)		
SV5	2x2 Auswahl	2.12	Verbindung TI zu ICP oder INT0		
SV6	3-Pin	2.16	freier Anschluss (PortD4,5,7)		
SV7	2-Pin	2.6	Anschluss Zusatzverbraucher 5V		
SV8	2-Pin	2.7	Anschluss Zusatzverbraucher 3.3V		
SV9	1x2 Auswahl	2.6	Verbindung Vcc zu Linearregler 5V		
T1	BC179	2.13	Leistungstreiber für K1	BC 179B	

* Zum Beispiel SL 1X36G 2,54 und SL 2X10G 2,54 mit JUMPER 2,54 SW.

** C27 nicht bestücken bei Verwendung eines 6-Pin-Headers für H1_ISP.

2.4 Controller



I/O-Pins: Reset, SCK, MISO, MOSI

Bauteile: C14, C18, H1_ISP, IC1_CPU, R1_RES

Status: obligatorisch

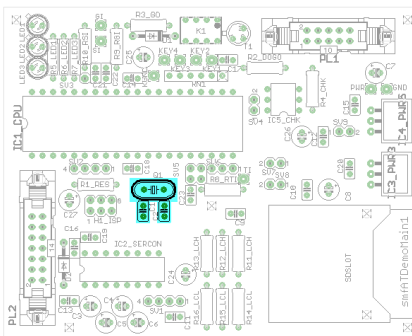
Den Kern des Atmel ATmega Demonstrator Boards bildet der Atmel ATmega32 Mikrocontroller, hier in der 40 poligen DIP-Ausführung für IC1_CPU. Wahlweise kann auch einer der Pin-kompatiblen Mitglieder der ATmega-Familie (siehe [avrdevices]) wie zum Beispiel der ATmega16 eingesetzt werden. Die Controller können mittels ISP-Verbindung programmiert werden, währenddessen jedoch keine MMC- oder SD-Karte eingelegt sein darf. Das Board enthält zur Programmierung den Atmel-6-Pin-ISP-kompatiblen Header H1_ISP mit folgender Pin-Belegung, wie er zum Beispiel auch beim Atmel STK500 verwendet wird:

2 Vcc	4 MOSI	6 GND
1 MISO	3 SCK	5 Reset

H1

Die beiden 100 nF Kondensatoren C14 und C18 dienen der Ausblendung von Störungen in der Versorgung, der 47 kΩ Widerstand R1_RES fungiert als Pull-Up für den Reset-Pin. Bei einer Reduzierung des Widerstands sollte auch die Spezifikation des Programmiergeräts beachtet werden.

2.5 Oszillator



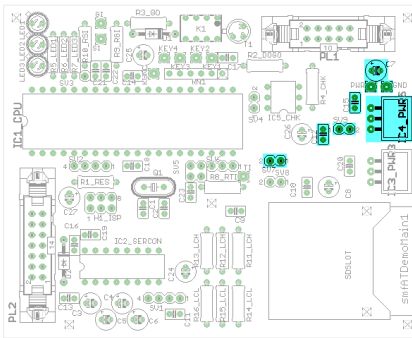
I/O-Pins: XTAL1, XTAL2

Bauteile: C1, C2, Q1

Status: für stabile Frequenzerzeugung dringend empfohlen

Zwar verfügen die Controller der ATmega-Familie über einen internen Frequenzgenerator, allerdings ist dieser für jeden Chip einzeln zu kalibrieren und auch nach einer Kalibrierung noch stark temperaturabhängig. Zur sicheren Zeiterfassung und Erzeugung der erforderlichen Teiler für Timer und serielle Schnittstelle wird daher dringend die Verwendung eines Quarzes Q1 mit zwei Schwingungskondensatoren C1 und C2 empfohlen. Um trotz der eingeschränkten Möglichkeiten der Teiler einen korrekten Takt der seriellen Schnittstelle mit 4800 bzw. 9600 Baud zu ermöglichen, verwendet die Referenz-Bestückung einen Quarz mit 7.3728 MHz Resonanzfrequenz.

2.6 Versorgung 5 Volt



I/O-Pins: keine

Bauteile: C7, C12, C15, IC4_PWR5, SV7, SV9

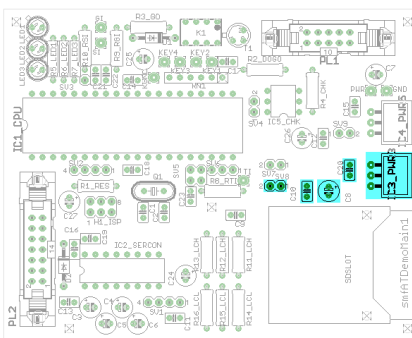
Status: IC4_PWR5 obligatorisch, falls keine externe Versorgung mit 5 Volt vorhanden; bei letzterem alle Bauteile fakultativ

Die auf dem Board befindlichen Bauteile sind größtenteils (mit Ausnahme der SD-Karte, siehe Kapitel 2.7 und 2.14) für eine Spannung von 5 Volt ausgelegt. Die Versorgung mit dieser Spannung kann entweder von einer externen Quelle kommen und beispielsweise an SV7 eingespeist werden, von einem Zusatzmodul kommen (siehe Kapitel 3), oder alternativ auch direkt auf dem Board mittels IC4_PWR5 in Form eines Linearreglers vom Typ 7805 oder 78S05 erfolgen. In letzterem Fall glätten die Kondensatoren C7 (4.7 μ F) und C15 (100 nF) die an den Pins PWR und GND angelegte Versorgung des 7805, C12 (100 nF) glättet die 5 Volt Versorgung für das Board. SV9 ist dabei als flexibel aktivierbare Verbindung zwischen 7805 und Vcc ausgeführt, so dass bei einer späteren Versorgung aus anderer Quelle durch Öffnen von SV9 die sonst erforderliche Entstückung des 7805 entfallen kann. Die Belegung von SV7 zur Einspeisung oder zum Abgriff ist:

2 GND	1 Vcc	SV7
-------	-------	-----

Je nach Höhe der Eingangsspannung, Bestückung des Boards und Strombedarf der angeschlossenen Verbraucher erfordert die Verlustleistung des 7805 eine passive Kühlung des Linearreglers. Eine Alternative bietet dann zum Beispiel ein Schaltregler auf einem Zusatzmodul (siehe Kapitel 3).

2.7 Versorgung 3.3 Volt



I/O-Pins: keine

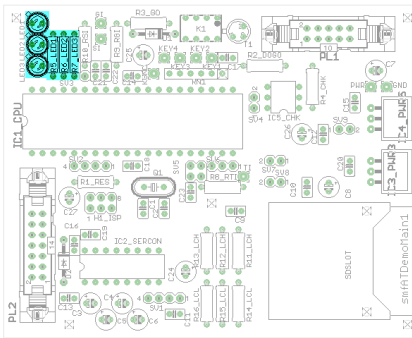
Bauteile: C8, C10, C20, IC3_PWR3, SV8

Status: bei Verwendung der SD-/MMC-Karte (Kapitel 2.14) obligatorisch, ansonsten fakultativ

Der einzige Verbraucher des Boards mit 3.3 Volt ist die SD-/MMC-Karte. Wird diese nicht verwendet und kein externer Verbraucher mit 3.3 Volt an SV8 angeschlossen, kann die gesamte Baugruppe entfallen. Ansonsten dient C20 mit 100 nF als Eingangsfilter, die beiden Kondensatoren C8 (4.7 μ F) und C10 (100 nF) glätten die von IC3_PWR3 (Linearregler LF33CV) erzeugte Ausgangsspannung. Die Belegung von SV8 ist analog derjenigen von SV7:

2 GND	1 V3V	SV8
-------	-------	-----

2.8 On Board Diagnose-LEDs



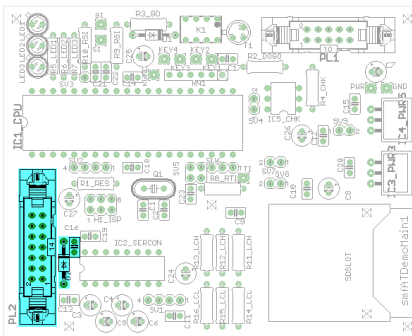
I/O-Pins: PA2-4

Bauteile: LED1-3, R5-7/LED1-3

Status: fakultativ

Zur einfachen und von möglichst wenig externen Komponenten abhängigen Board-Diagnose, zum Debugging und zur Anzeige des aktuellen Betriebszustands sind auf dem Board die drei Leuchtdioden LED1, LED2 und LED3 vorgesehen. Diese werden direkt vom Controller IC1_CPU als Drain getrieben, ihr Strombedarf ist dadurch je nach Chip auf maximal etwa 20 mA beschränkt. In der Referenz-Bestückung wurden daher Leuchtdioden gewählt, die bei etwa 10 mA ausreichend Helligkeit abgeben. Zur Einstellung eines passenden Stromflusses bei einer Versorgung mit 5 Volt empfiehlt sich somit jeweils ein Vorwiderstand (R5LED1, R6LED2 und R7LED3) mit 470 Ω für einen maximalen Strom von knapp 11 mA.

2.9 LC-Display Schnittstelle



I/O-Pins: PB0-3, PA0-1

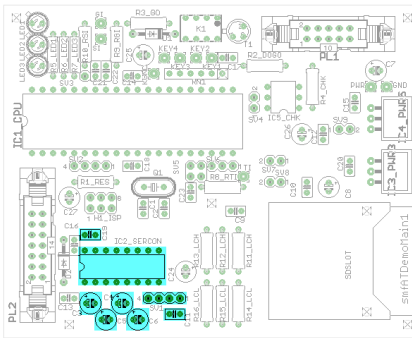
Bauteile: C16, D2, PL2

Status: fakultativ

Zum Anschluss eines 4 Bit Standard LCD-Controllers, auch mit Hintergrundbeleuchtung, ist der Steckverbinder PL2 vorgesehen. Je nach Beleuchtung kann D2 entfallen oder als Drahtbrücke, Diode oder Widerstand ausgeführt werden, der 100 nF Kondensator C16 stabilisiert diesen Pegel. Die Belegung des Steckers ist wie folgt, in Klammern eine mögliche Verwendung am LCD:

14 nicht verbunden	13 Vcc (Vcc, Pin 2)	PL2
12 PortA1 (ChipSelect oder Enable, Pin 6)	11 Vcc (Vcc, Pin 2)	
10 PortA0 (RegisterSelect, Pin 4)	9 Hintergrundbeleuchtung (LED-A, Pin 15)	
8 PortB3 (Data7, Pin 14)	7 Hintergrundbeleuchtung (LED-A, Pin 15)	
6 PortB2 (Data6, Pin 13)	5 GND (Vss, Pin 1 und LED-K, Pin 16)	
4 PortB1 (Data5, Pin 12)	3 GND (Vss, Pin 1 und LED-K, Pin 16)	
2 PortB0 (Data4, Pin 11)	1 GND (Vss, Pin 1 und LED-K, Pin 16)	

2.10 Serielle Schnittstelle



I/O-Pins: TxD, RxD

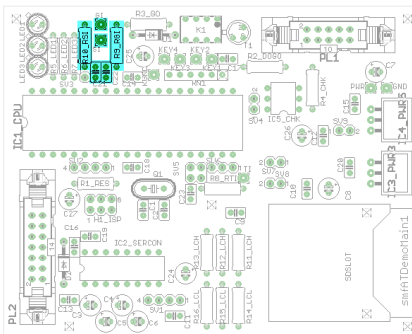
Bauteile: C3-C6, C11, C19, IC2_SERCON, SV1

Status: fakultativ

Die serielle TTL-Schnittstelle des Controllers wird durch einen Pegelwandler IC2_SERCON vom Typ Max232CPE auf die von der RS232 erforderlichen Pegel gewandelt, wofür er die Elkos C3 bis C6 mit jeweils 1 μ F als Ladungspumpen benötigt. Die beiden 100 nF Kondensatoren C11 und C19 dienen der Glättung der Versorgungsspannung, die auch an SV1 (Verbindung zum PC siehe Tabelle) zur Verwendung durch ein externes Gerät (siehe auch Kapitel 4) zur Verfügung steht:

4 Tx	3 Rx	2 GND	1 Vcc	---	---	SV1
2 Rx	3 Tx	5 GND	---	1+4+6	7+8	9-Pin-SubD

2.11 Analoge Eingänge



I/O-Pins: ADC6-7

Bauteile: C21, C22, R9_RGI, R10_RSI

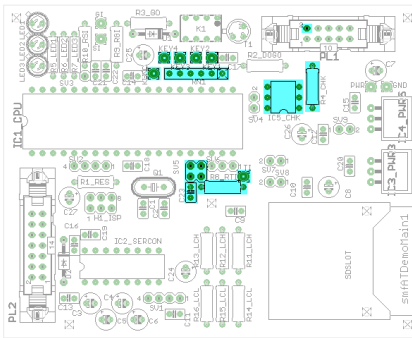
Status: fakultativ, C22 und R9_RGI obligatorisch bei Nutzung des Regelschalters als Teil einer analogen Regelschleife

Die Messung analoger Signale, typischerweise geliefert von Sensoren der Board-Umwelt, stellt eine der Informationsquellen für den Controller dar. Für dieses Board wurde eine möglichst kleine Veränderung des Sensorsignals angestrebt, um dieses auch an anderer Stelle verwenden zu können.

Infolgedessen wurde keine Spannungsteilungsschaltung vorgesehen, wodurch sich in Kombination mit den Möglichkeiten des ATmega Controllers ergibt, dass die zu messende Spannung zwischen 0 und 5 Volt liegen muss. Durch den Vorwiderstand R9_RGI bzw. R10_RSI mit 1 k Ω wird der Controller vor zu großen Strömen geschützt, die Kondensatoren C21 und C22 mit 100 nF glätten das Eingangssignal und liefern die erforderlichen Ladungen für den A/D-Wandler.

Widerstand und Kondensator bilden einen Tiefpassfilter, dessen Zeitkonstante τ von 0.1 ms und Grenzfrequenz von knapp 1.6 kHz aus der vorgeschlagenen Bauteildimensionierung resultiert. Werden höhere Frequenzen benötigt oder tiefere Frequenzen gefiltert, sollte die Dimensionierung entsprechend angepasst werden.

2.12 Digitale Eingänge



I/O-Pins: PC2-5, PD3, ICP, INT0

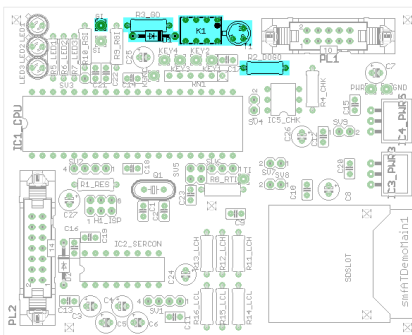
Bauteile: C23, IC5_CHK, R4_CHK, R8_RTI, RN1, SV5, (PL1)

Status: fakultativ

Für die Messung digitaler Signale stehen drei Varianten der Vorbeschaltung zur Verfügung: direkter Anschluss mit externem Pull-Up an den Pads KEY1 bis KEY4, zum Beispiel für vier Taster, die gegen Masse (KEYGND) verbinden; durch den Widerstand R8_RTI mit 1 k Ω geschützt, durch C23 mit 100 nF entprellt (siehe dazu auch Kapitel 2.11) und mittels Drahtbrücke in SV5 wählbar verbunden mit INT0 (PortD2) oder ICP (PortD6); über den durch R4_CHK geschützten Optokoppler IC5_CHK mit Anschluss über PL1 bzw. ein Zusatzmodul (siehe Kapitel 2.15 und 3). Die Dimensionierung des Widerstandes R4_CHK richtet sich nach der erwarteten maximalen Spannung und dem genauen Typ des Optokopplers (hier ein CNY17/II), als Beispiel dienen 1.5 k Ω für einen Strom von etwa 10 mA bei einer Eingangsspannung von 15 Volt.

2 INT0	4 ICP	SV5
1 TI	3 TI	

2.13 Regelschalter



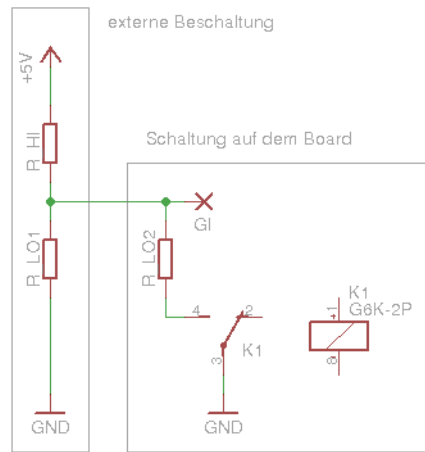
I/O-Pins: PC7

Bauteile: D1, K1, R2_DOGO, R3_GO, T1

Status: fakultativ

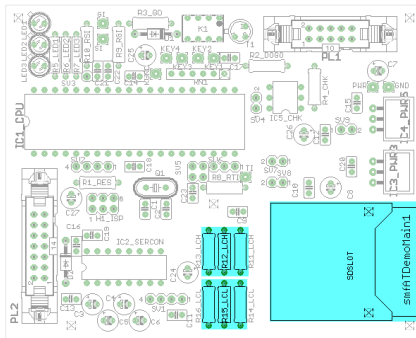
Auf dem Board ist ein Schalter in Form des Relais K1 vom Typ G6K-2P vorgesehen. Dieses schaltet bei Bestromung des Transistors T1 (ein BC179) über den Vorwiderstand R2_DOGO mit 1.5 k Ω und verbindet dadurch das Pad GI über R3_GO mit frei wählbarer Dimensionierung mit Masse. Um die beim Abschalten des Relais auftretende Inversspannung zu löschen, ist die Diode D1 vom Typ 1N4004 am Eingang des Relais vorgesehen.

In Verbindung mit der analogen Messung (siehe Kapitel 2.11) lässt sich auf diese Weise ein einfaches Beeinflussen der gemessenen Spannung erreichen, wenn diese über einen Spannungsteiler mit Widerständen gegen Masse eingestellt wird. Folgende Graphik verdeutlicht die Funktionsweise:



Die über R_HI und R_LO1 eingestellte Spannung kann an GI (anhand des analogen Eingangs, siehe Kapitel 2.11) gemessen werden. Schaltet das Relais K1 die Verbindung von R_LO2 nach Masse, ändert sich die Spannung an GI aufgrund der Parallelschaltung von R_LO1 und R_LO2.

2.14 SD/MMC-Kartenleser



I/O-Pins: SCK, MISO, MOSI, SS

Bauteile: R11-13_LCH, R14-16_LCL, SDSLOT

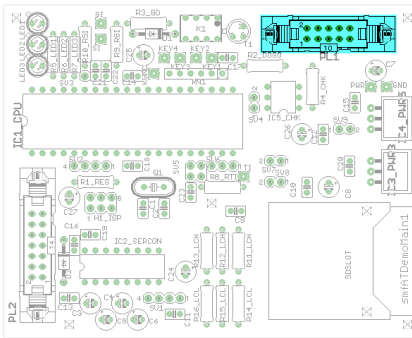
Status: fakultativ, benötigt 3.3 Volt Versorgung (Kapitel 2.7)

Zur von dauernder Stromversorgung unabhängigen und auch für größere Mengen geeigneten Datenhaltung wurde auf dem Board der Anschluss einer SD- oder MMC-Karte in Form eines Yamaichi-Verbinders (SDSLOT) vorgesehen. Im Internet finden sich dazu diverse kostengünstigere Alternativen (siehe auch Kapitel 6), zum Beispiel bei [itwns] oder zum Selbstbau bei [uradig], wobei der Anschluss am Board entsprechend angepasst werden muss.

SD- und MMC-Karten verwenden Spannungen im Bereich zwischen 3.0 und 3.6 Volt. Zur Versorgung mit 3.3 Volt dient die Baugruppe aus Kapitel 2.7, im Internet finden sich auch diverse günstigere Varianten auf der Basis zweier Dioden (zum Beispiel unter [uradig]). Zur Konvertierung der ausgegebenen Pegel des Controllers werden die sechs Widerstände R11_LCH, R12_LCH, R13_LCH, R14_LCL, R15_LCL sowie R16_LCL verwendet, wobei jeweils zwei davon einen Spannungsteiler bilden. Der von der SD- oder MMC-Karte ausgegebene Pegel erfordert keine Pegelwandlung, da der ATmega-Chip alle Pegel über 1.8 Volt als logisch 1 interpretiert.

Durch den Anschluss am SPI-Bus kann die Ansteuerung vergleichsweise einfach erfolgen, im Internet finden sich diverse Projekte mit offenen Programmquellen bis hin zur Unterstützung des FAT-Dateisystems (zum Beispiel [uradig] oder [midimmc]).

2.15 Zusatzmodulverbindung



I/O-Pins: PC6, PD3

Bauteile: PL1

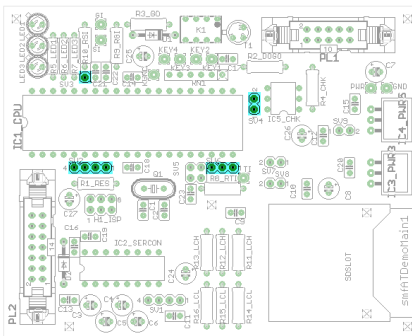
Status: fakultativ

Je nach Einsatzzweck besteht gegebenenfalls die Notwendigkeit, die Stromversorgung des Boards zu optimieren (siehe Kapitel 2.6 und 3) oder einen Leistungsverbraucher anzuschließen. Zu diesem Zweck ist der Steckverbinder PL1 folgendermaßen belegt und dessen Leiterbahnen bereits nach oben für eine potenzielle Platinen-Erweiterung aus dem Board (siehe Kapitel 3) herausgeführt:

2 R4 (In)	4 GND	6 Vcc	8 Vcc	10 PortC6 (Out)	PL1
1 GND	3 GND	5 GND	7 Vcc	9 Vcc	

Mittels der Versorgungsleitungen (Masse und 5 Volt) kann ein Zusatzmodul das Board oder auch das Board einen über die Zusatzmodulverbindung angeschlossenen Zusatzverbraucher versorgen. Die Datenleitung an Pin 2 dient dabei als direkt verbundener digitaler Ausgang, diejenige an Pin 10 als über R4 und den Optokoppler gesicherter digitaler Eingang.

2.16 Freie Pins für Erweiterungen



I/O-Pins: PA5, PB4-7, PC0-1, PD4-5, PD7

Bauteile: SV2-4, SV6

Status: fakultativ

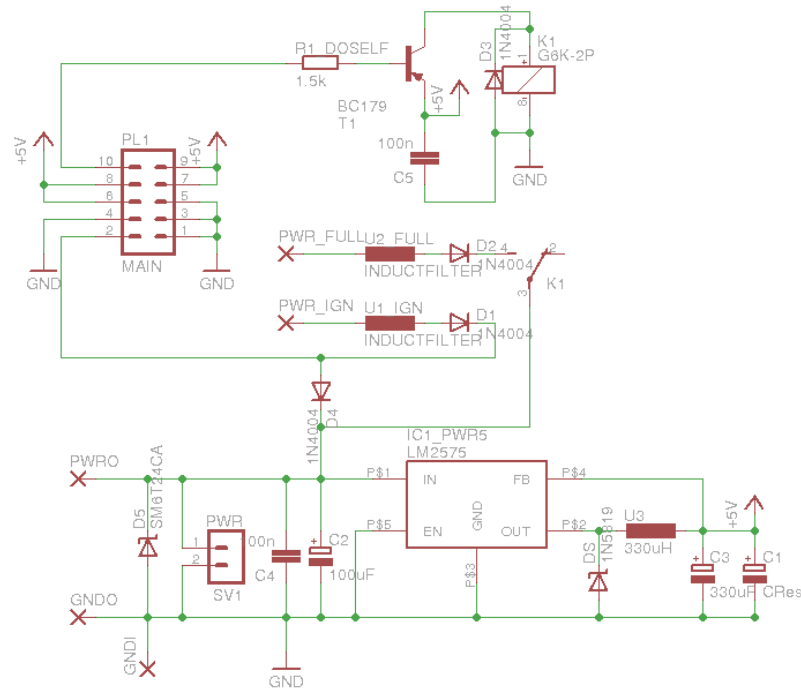
Die nicht verbundenen bzw. ggf. anderweitig nutzbaren Pins des Controllers sind auf Verbinder herausgeführt. Die Belegung der einzelnen Verbinder ist wie folgt:

4 SS (PB4)	3 MOSI (PB5)	2 MISO (PB6)	1 SCK (PB7)	SV2 (frei nur ohne SD/MMC)
1 ADC5 (PA5)	SV3			
2 SCL (PC0)	SV4			
1 SDA (PC1)				
3 OC1B (PD4)	2 OC1A (PD5)	1 OC2 (PD7)	SV6	

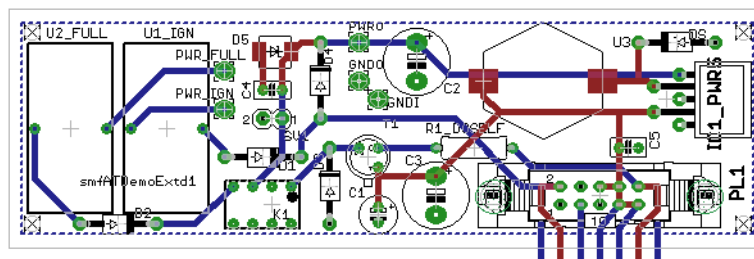
3 Versorgung 5 Volt mittels Schaltregler

Alternativ zur in Kapitel 2.6 beschriebenen Versorgung mittels Linearregler kann über die Zusatzmodulverbindung (siehe Kapitel 2.15) ein Schaltregler (siehe [sprut]) verwendet werden.

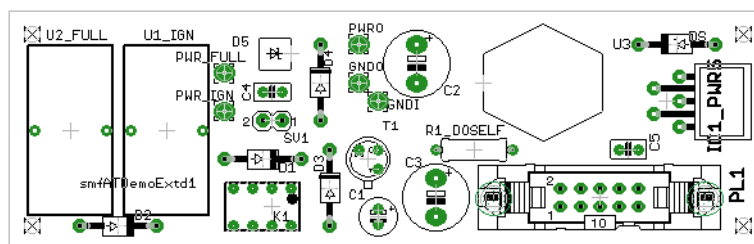
3.1 Schaltplan, Platinenlayout und Bauteil-Liste



Die Platine mit Bauteilen und Leiterbahnen (oben rot, unten blau) sowie möglicher Direktverbindung zur Hauptplatine:



Die Lage der Bauteile ohne Leiterbahnen:



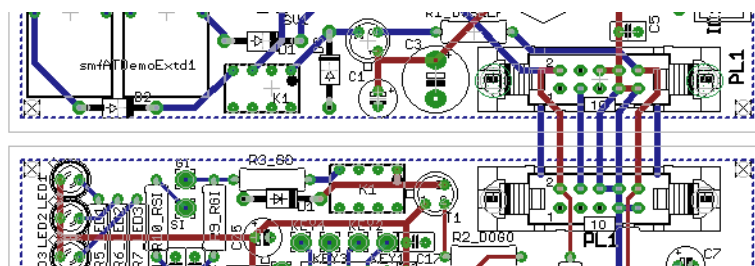
Die folgende Bauteil-Liste bietet einen kurzen Überblick sowie als Bezugsnachweis die bei Reichelt (siehe [reichelt]) verwendete Artikelnummer. Bitte Sicherheitshinweis in Kapitel 3.4 beachten.

Name	Wert	Verwendungszweck	Reichelt-Artikel
C1	wählbar	Schwingungsdämpfung	z.B. RAD 4,7/35
C2	100 μ F	Eingangsglättung	RAD 100/35
C3	330 μ F	Ausgangsglättung	RAD 330/35
C4	100 nF	Entkopplung	2x X7R-2.5 100N
C5			
D1	1N4004	Verpolungsschutz IGN-Eingang	4x 1N 4004
D2		Verpolungsschutz FULL-Eingang	
D3		Spulen-Löschung	
D4		Sperrdiode	
D5	SM6T24CA	Klammerdiode	SM6T 24CA SMD
DS	1N5819	Entlade-Diode	1N 5819
IC1_PWR5	LM2575	Schaltregler für 5 Volt	LM 2575 T5,0
K1	G6K-2P	Schaltrelais für FULL-Eingang	G6K-2P 5V
PL1	2x5 Verbinder	Hauptplattenverbinder	PSL 10
R1_DOSELF	1.5 k Ω	Vorwiderstand für T1	METALL 1,50K
SV1	2-Pin	Anschluss Zusatzverbraucher	*
T1	BC179	Leistungstreiber für K1	BC 179B
U1_IGN	wählbar	Entstördrosseln	zum Beispiel 2x FED 26 μ
U2_FULL			
U3	330 μ H	Ausgangsglättung	L-PISR 330 μ

* Pins zum Beispiel aus SL 1X36G 2,54 wie für die Hauptplatine.

3.2 Anschluss an die Hauptplatine

Das Zusatzmodul kann auf zwei Arten an die Hauptplatine angeschlossen werden: durch eine Verbindung der mit PL1 gekennzeichneten 2x5-Verbinder mit der in Kapitel 2.15 beschriebenen Pinbelegung oder indem die Zusatzplatine direkt oberhalb der Hauptplatine angebracht wird. In den Layouts der Platinen sind zu diesem Zweck sieben Leiterbahnen aus dem eigentlichen Platinenbereich herausgeführt, die beim Zusammenfügen der Platinen in Deckung kommen:



Die Versorgungsleitungen (3x GND, 2x Vcc) sind dabei auf der Unterseite, die beiden Datenleitungen auf der Oberseite angebracht.

3.3 Verwendungsmöglichkeiten

Das Zusatzmodul reduziert nicht nur die Verlustleistung aufgrund der Verwendung eines Schaltreglers anstelle eines Linearreglers, sondern stellt eine vom Controller schaltbare Versorgung über PWR_FULL zur Verfügung. Bei einer Versorgung über PWR_IGN kann das Board über die Aktivierung des digitalen Ausgangs des Zusatzmodulverbinders (Pin 10, siehe Kapitel 2.15) das Relais K1 des Zusatzmoduls aktivieren und damit die Verbindung von PWR_FULL zur Versorgung schließen. Bei Entfernung von PWR_IGN bleibt die Versorgung über PWR_FULL solange erhalten, bis der digitale Ausgang und somit die Verbindung von PWR_FULL zur Versorgung deaktiviert wird. Wird das Board beispielsweise mittels Batterie betrieben, kann auf diesem Weg sichergestellt werden, dass zwar einerseits im ausgeschalteten Zustand keinerlei Strom von der Batterie gezogen wird, andererseits aber auch nach Entfernung der Versorgung an PWR_IGN noch ausstehende Arbeiten (wie zum Beispiel Sichern der Daten auf SD-Karte) erledigt werden können. Um im Betrieb den Zustand von PWR_IGN abfragen zu können, liegt dieser Pegel am Eingangspin des Zusatzmodulverbinders (Pin 2, siehe Kapitel 2.15) und wird von der Hauptplatine über einen Optokoppler an den Controller weitergegeben.

Wird eine Versorgung über PWR_FULL nicht benötigt, können die Bauteile D2, D3, K1, R1_DOSELF, T1 und U2_FULL entfallen. Muss darüber hinaus die eingehende Versorgung nicht gefiltert werden, können auch D1, D4 und U1_IGN entfallen und die eingehende Versorgung direkt an SV1 angeschlossen werden, an dem sonst Zusatzverbraucher mit der Eingangsspannung versorgt werden können:

2 GND	1 PWR	SV1
-------	-------	-----

Die Klammerdiode D5 (SM6T24CA) dient der Begrenzung der maximalen Spannung an PWR, in der genannten Ausführung auf 24 Volt. Wird nicht mit Spannungsspitzen gerechnet, kann die Bestückung mit D5 entfallen.

3.4 Sicherheitshinweis

Die Eingangsspulen U1_IGN und U2_FULL sind nicht mit Freilaufdioden versehen. Dadurch können beim Abschalten der Eingangsversorgung bzw. des Relais K1 große Spannungsspitzen auftreten, welche aufgrund der weiteren Beschaltung zwar nicht die Platine, jedoch ggf. die auf der Versorgungsseite befindlichen Schaltungen gefährden könnten.

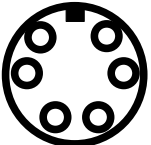
Um dies zu vermeiden, können Freilaufdioden auf der Unterseite der Platine angebracht werden, für die Versorgung über U1_IGN auch in einem gegebenenfalls vorhandenen Stecker.

4 Anschluss eines GPS-Empfängers

Die serielle Schnittstelle an SV1 (siehe Kapitel 2.10) bietet beispielsweise die Möglichkeit zum Anschluss eines 5 Volt GPS-Empfängers wie zum Beispiel dem NL-303P von Navilock (siehe [navilock]). Die an SV1 verfügbaren Signale

4 Tx	3 Rx	2 GND	1 Vcc	SV1
------	------	-------	-------	-----

können direkt auf eine sechspoligen Mini-DIN-Buchse geführt werden, die den Anschluss der GPS-Maus ermöglicht. Die Anschlüsse sind dabei wie folgt belegt:

Ansicht von vorne			Ansicht von hinten		
		3	3		
4					4
1		2	2		1

Der Strombedarf des GPS-Empfängers sollte nicht unterschätzt werden. Bei Verwendung eines Linearreglers zur Spannungsversorgung (siehe Kapitel 2.6) anstelle eines Schaltreglers (siehe Kapitel 3) ist unbedingt auf ausreichende Kühlung der Bauteile zu achten.

Die von der GPS-Maus empfangenen Bytes können durch den ATmega ohne weiteres ausreichend schnell verarbeitet werden, eine Übersicht über die NMEA-Datensätze findet sich beispielsweise unter [nmea].

5 Eagle3D

Die auf dem Deckblatt abgebildete Graphik entstand mit POV-Ray (siehe [povray]) und einer nach der Erzeugung durch Eagle3d (siehe [eagle3d]) minimal nachbearbeiteten Ausgangsdatei: die beiden fehlenden Bauteile K1 (Relais) sowie SDSLOT (SD-/MMC-Kartenslot) wurden der Benutzerbibliothek hinzugefügt und die beiden Aufrufe für Jumper-Pin-Header um die Jumper in der richtigen Orientierung ergänzt.

Eagle3D kann auch Animationen erstellen, indem einfach in Layer 230 für jeden Kamera- und Blickpunkt ein Text mit Nummer und Höhe angelegt wird. Eine Beschreibung findet sich in Kapitel 4.11 der Anleitung unter [e3ddoku]. Die resultierenden Einzeldateien können auf verschiedenste Weise weiterverarbeitet werden, eine einfache Möglichkeit zur Erstellung mit GIMP (siehe [gimp]) findet sich unter [gimpani]. Eine (sehr einfach gehaltene) Beispielanimation des Boards findet sich unter [atdemo].

Eine ausführliche Beschreibung der einzelnen Schritte geht über den Zweck dieses Dokuments weit hinaus, daher sei an dieser Stelle auf die verschiedenen Tutorials für Eagle3d und POV-Ray verwiesen. Neben der Dokumentation des Autors unter [e3ddoku] können [fchen], [sorob] oder [visu3d] weitere Anlaufstellen sein. Eine gute deutschsprachige Einführung in POV-Ray findet sich unter [lohm].

6 Kostenschätzung

Mit folgenden Preisen ist bei einer Bestellung bei Reichelt (siehe [reichelt]) zu rechnen. Sie stellen keinerlei Angebot oder verbindliche Obergrenze dar, sondern dienen einzig der Abschätzung der zu erwartenden Kosten auf dem Stand von Mai 2008.

Σ 25,15 €			Σ 7,29 €		
Hauptplatine			Schaltreglermodul		
2 KERKO 15P	0,041 €	0,09 €	1 RAD 100/35	0,072 €	0,08 €
4 RAD 1/63	0,041 €	0,17 €	1 RAD 330/35	0,144 €	0,15 €
2 RAD 4,7/35	0,041 €	0,09 €	2 X7R-2.5 100N	0,123 €	0,25 €
12 X7R-2.5 100N	0,123 €	1,48 €	4 1N4004	0,020 €	0,08 €
3 X7R-2.5 1,0N	0,123 €	0,37 €	1 SM6T 24CA SMD	0,174 €	0,18 €
2 1N4004	0,020 €	0,04 €	1 1N5819	0,154 €	0,16 €
1 ATMEGA 32-16 DIP	2,900 €	2,90 €	1 LM 2575 T5,0	1,450 €	1,45 €
1 MAX 232 CPE	0,320 €	0,32 €	1 G6K-2P 5V	2,200 €	2,20 €
1 LF 33 CV	0,780 €	0,78 €	1 METALL 1,50K	0,049 €	0,05 €
1 CNY 17/II	0,185 €	0,19 €	1 BC 179B	0,164 €	0,17 €
1 G6K-2P 5V	2,200 €	2,20 €	2 FED 26μ	0,810 €	1,62 €
3 LED	0,051 €	0,16 €	1 L-PISR 330μ	0,900 €	0,90 €
1 PSL 14	0,300 €	0,30 €			
1 7,3728-HC18	0,236 €	0,24 €			
1 METALL 47,0K	0,049 €	0,05 €	Zusatzmaterial	Σ 1,32 €	
2 METALL 1,50K	0,049 €	0,10 €	1 SL 1X36G 2,54	0,174 €	0,18 €
3 METALL 10,0K	0,049 €	0,15 €	1 SL 2X10G 2,54	0,133 €	0,14 €
3 METALL 1,80K	0,049 €	0,15 €	3 JUMPER 2,54 SW	0,041 €	0,13 €
3 METALL 3,30K	0,049 €	0,15 €	1 GS 40P	0,462 €	0,47 €
1 SIL 6-5 4,7K	0,092 €	0,10 €	1 GS 16P	0,185 €	0,19 €
1 CONNECTOR SD 22	14,950 €	14,95 €	1 GS 6P	0,090 €	0,09 €
1 BC 179B	0,164 €	0,17 €	1 PFL 14	0,113 €	0,12 €

Insbesondere die hohen Kosten für die SD-Kartenaufnahme (über 59% der Hauptplatinenkosten) sind durch andere Lieferanten oder Bauformen (siehe zum Beispiel [itwns] oder [uradig]) auf zum Teil unter ein Zehntel reduzierbar.

Die an verschiedenen Stellen vorgesehenen wählbaren Bauteile sind in obiger Aufstellung nicht berücksichtigt, je nach Ausführung (Tantal-, Elektrolyt- oder Folienkondensatoren bzw. Spezialdioden oder einfache Widerstände) sind hier Kosten zwischen wenigen Cent und wenigen Euro möglich. Als Zusatzmaterial sind neben dem Pfostenstecker für das LCD und den optionalen Jumpfern auch die Sockel für die verwendeten ICs aufgeführt.

7 Inbetriebnahme

Nachdem Aufbau und elektrische Prüfung erfolgt sind, kann nach dem Einsetzen der ICs eine Inbetriebnahme durchgeführt werden. Für eine Standard-Anwendung mit GPS-Empfänger, LC-Display und MMC-Karte werden in den folgenden Kapiteln Beispiele für Konfiguration und Implementierung gegeben.

Beim Programmieren der CPU oder Setzen der Fuses über die auf dem Board integrierte ISP-Schnittstelle darf keine MMC- oder SD-Karte eingelegt sein, da sich diese einige Pins mit dem ISP-Header teilt.

7.1 Setzen der Fuses

Je nach Betriebssystem, Programmiergerät und Anschlussmöglichkeit variieren die Möglichkeiten zum Auslesen und Setzen der Fuses. Grundsätzlich sollte man bei der Änderung von Fuses äußerste Vorsicht walten lassen, da falsch gesetzte Fuses die CPU unter Umständen unwiderruflich unbrauchbar machen. Ebenfalls sollte beachtet werden, dass die Programmierfrequenz höchstens ein Viertel des CPU-Taktes betragen darf und die CPUs in der Standardeinstellung mit 1 MHz internem Takt arbeiten (eine Programmierung mit 115 kBaud bietet sich an).

Für die Standardanwendung sind folgende Einstellungen vorgesehen und erfolgreich getestet:

Fuse	Wert (Standard)	Erläuterung	Bits
OCDEN	aus	OnChip-Debugging bleibt aus	H7
JTAGEN	aus (an)	JTAG wird nicht benötigt und abgeschaltet	H6
SPIEN	an	SPI wird benötigt und bleibt an	H5
CKOPT	an (aus)	Clock-Optimierung ist sinnvoll und wird angeschaltet	H4
EESAVE	aus	EEPROM-Sicherheitseinstellungen bleiben aus	H3
BOOTSZ	2048 / \$3800	die Bootkonfiguration ist ok und wird nicht geändert	H2..1
BOOTRST	aus	der Bootselektor ist ok und wird nicht geändert	H0
BODLEVEL	4.0V (2.7V)	Brown-Out-Det. ist im 5V-Betrieb besser bei 4V	L7
BODEN	an (aus)	Brown-Out-Det. ist sinnvoll und wird angeschaltet	L6
CKSEL	Ext.Cry.+16kC+0ms	auf externen Takt mit hoher Frequenz einstellen	L5..0

Bei Verwendung von avrdude können die Einstellungen im interaktiven Modus (Option -t) kontrolliert werden, sie sollten für die Geräteerkennung 0x1E9502, für die hfuse 0xC9 und für die lfuse 0x1F liefern:

```
avrdude: Device signature = 0x1e9502
avrdude> read hfuse
0000 c9 | . |
avrdude> read lfuse
0000 1f | > |
```

7.2 Verwendung der Beispielanwendung

Die Beispielanwendung (siehe [atdemo]) wurde mit SJC (siehe [sjc]) erstellt und prüft die grundlegende Funktionalität der folgenden Module:

- LEDs: rudimentäre Zustandsrückmeldung
- Timer: Interrupt-System und Timing
- GPS: serielle Kommunikation
- LCD: Textausgabe
- MMC: Datenspeicher
- I/O-Pins: externe Datenleitungen

Der Quelltext ist für ein Zielsystem mit ATmega32-CPU ausgelegt. Durch Anpassung der Konstanten in den Klassen AVR und Kernel an die Adressen eines ATmega16 kann auch ein solcher verwendet werden, da das bei einer Übersetzung mittels

```
compile                                # Aufruf des SJC-Compilers
-t atmega                              # Auswahl des ATmega-Backends
-s 32k                                 # Begrenzung der Speichergröße auf 32 kb
-L -y                                  # abgespeckte Objekte, Strings mit Bytes
-B -C                                  # keine Array-Bound- und -Store-Checks
-k                                     # keine Inline-Methoden-Objekte
-P batmel32.bin                         # Header aus Datei batmel32.bin
-e 0x60 -E                             # Modus Embedded mit Objekten im RAM
-a 0                                   # Code-Speicher (Flash) beginnt an Adresse 0
-o boot                                # Ausgabe durch default-Section im Boot-Modul
atdemo.java                            # Dateiname des Quelltextes
```

erzeugte Speicherabbild kleiner als sieben Kilobyte ist.

Bei korrekter Verdrahtung aller Komponenten und Beschreibung des Flash-Speichers mittels

```
avrdude                                # Aufruf von avrdude
-P /dev/ttyUSB1                        # Anschluss an /dev/ttyUSB1, ggf. anzupassen
-c stk500v2                            # Programmierung mit STK500, ggf. anzupassen
-p m32                                 # Verwendung eines ATmega32-Controllers
-U flash:w:BOOT_ATM.HEX               # Speichern der SJC-Datei im Flash
```

sollte direkt nach dem Einschalten LED1 kurz aufleuchten und schnell wieder erlöschen, LED2 blinken und LED3 den Zustand der Eingangs-Datenleitung auf dem Erweiterungsstecker anzeigen. Die Ausgangs-Datenleitung auf dem Erweiterungsstecker sollte der Eingangsleitung folgen, jedoch beim Ausschalten einen Verzug von drei Sekunden aufweisen. Bei Verwendung der Schaltreglerversorgung aus Kapitel 3 mit den beiden Anschlüssen PWR_IGN und PWR_FULL sowie einer schaltbaren Versorgung an PWR_IGN und einer permanenten Versorgung an PWR_FULL entspricht dies einem sofortigen Einschalten des Versorgungsrelais nach Einschalten von PWR_IGN und einem um drei Sekunden verzögerten Abwerfen des Versorgungsrelais nach Ausschalten von PWR_IGN, wobei die Versorgung des Boards dann über PWR_FULL erfolgt.

Die Blinkrate von LED2 sollte etwa im Verhältnis 3:1 an:aus mit einer Periodendauer von etwa zwei Sekunden sein.

Bei Verwendung eines vierzeiligen LCDs mit Anschluss an PL2 sollte auf diesem der Text „Hallo“ in der zweiten und „Welt“ in der dritten Zeile angezeigt werden.

Wird an die serielle Schnittstelle ein GPS-Empfänger oder eine Konsole mit 4800/8/N/1-Konfiguration angeschlossen, sollten die jeweils ersten zwanzig Zeichen der empfangenen Botschaften, gekürzt um die ersten drei Zeichen („\$GP“ im Falle eines GPS-Empfängers), in der ersten Zeile des Displays angezeigt werden.

In der vierten Zeile des LCD sollte der Zustand des MMC-Slots beim Einschalten angezeigt werden, also „no MMC“, falls keine MMC-Karte eingelegt ist, oder „MMC ok“, falls eine Karte erkannt wurde. Nachfolgend wird ein Leseversuch des ersten Sektors unternommen und „re1“ (Fehler beim Absetzen des Lesebefehls) oder „re2“ (Timeout beim Warten auf die Sektordaten) oder „reOK“ (erfolgreiches Lesen) ausgegeben. Weiterführende Beschreibungen zur Verwendung von MMC- und SD-Karten finden sich unter anderem bei [uradig], [captain] und [elm].

Bei der Programmierung der CPU über avrdude sollte darauf geachtet werden, dass keine MMC- oder SD-Karte eingelegt ist und die Verifikation durch avrdude erfolgreich war, da ansonsten nicht von einem gültigen Flash-Inhalt ausgegangen werden kann.

8 Referenzen

[atdemo]	http://www-vs.informatik.uni-ulm.de/dept/staff/frenz/private/atdemo.html
[avrasm]	http://www.avr-asm-tutorial.net/avr_de/index.html
[avrdevices]	http://www.atmel.com/dyn/products/devices.asp?family_id=607
[avrstd]	http://www.atmel.com/dyn/products/tools_card.asp?tool_id=2725
[avrecl]	http://www.mikrocontroller.net/articles/AVR_Eclipse
[blafusel]	http://www.blafusel.de/misc/atmega8_isp.html
[cadsoft]	http://www.cadsoft.de
[captain]	http://www.captain.at/electronic-atmega-mmc.php
[cdkavr]	http://cdk4avr.sourceforge.net/
[e3ddoku]	http://www.matwei.de/doku.php?id=de:eagle3d:dokumentation
[eagle3d]	http://www.matwei.de/doku.php?id=de:eagle3d:eagle3d
[elm]	http://elm-chan.org/docs/mmc/mmc_e.html
[fchen]	http://felixchenier.homelinux.com/doku.php?id=pcb:eagle3dnewpart
[gimp]	http://www.gimp.org/
[gimpani]	http://www.gimp.org/tutorials/Simple_Animations/
[icplan]	http://www.icplan.de/seite20.htm
[itwns]	http://www.it-wns.de/themes/kategorie/detail.php?artikelid=120
[lohm]	http://www.f-lohmueller.de/pov_tut/pov__ger.htm
[midimmc]	http://www.mikrocontroller.net/articles/Midi_Rekorder_mit_MMC/SD-Karte
[mkn]	http://www.mikrocontroller.net
[navilock]	http://www.navilock.de/
[nmea]	http://www.geoaps.com/NMEA.htm
[obdev]	http://www.obdev.at/products/avrusb/prjinterface.html
[ponyprog]	http://www.lancos.com/prog.html
[povray]	http://www.povray.org
[reichelt]	http://www.reichelt.de
[sjc]	http://www-vs.informatik.uni-ulm.de/dept/staff/frenz/private/compiler.html
[sorob]	http://www.societyofrobots.com/electronics_Eagle3D_tutorial.shtml
[sprut]	http://www.sprut.de/electronic/switch/schalt.html#down
[uradig]	http://www.ulrichradig.de/home/index.php/avr/mmc-sd
[visu3d]	http://www.typonrelais.com/visu3D.htm
[wpa]	http://de.wikipedia.org/wiki/Atmel_AVR