



FACHHOCHSCHUL-BACHELORSTUDIENGANG
Automatisierungstechnik Sensorik und Mikrosysteme

Redesign des modularen elektronischen Systems für autonome Roboter

ALS BACHELORARBEIT EINGEREICHT

zur Erlangung des akademischen Grades

Bachelor of Science in Engineering

von

Erich Kreiseder

September, 2010

Betreuung der Bachelorarbeit durch

Dipl.- Ing. Walter Rokitansky

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt, die den benutzten Quellen entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

.....
Erich Kreiseder

Laakirchen, 6. September 2010

KURZFASSUNG

Nach der Gründung des Robo Racing Teams der Fachhochschule Wels wurde zur Steuerung der Roboter das modulare elektronische System entwickelt. Dies besteht aus drei Hauptplatinen und zwei Zusatzplatinen. Zu den Hauptplatinen zählen Mainboard, Sensorboard und Motorboard. Des Weiteren sind noch Platinen zum Ansteuern einer LCD-Anzeige und ein Funkmodul im Einsatz. Dieses Multiprozessor System bietet ein hohes Maß an Flexibilität und wird durch kontinuierliche Weiterentwicklung den stetig steigenden Anforderungen angepasst.

Diese Arbeit befasst sich mit der Weiterentwicklung des Motorboards. Der Kernpunkt dabei ist die Einführung des XMega Microcontrollers von Atmel. Dieser besitzt zahlreiche neue Funktionen, die bei der Ansteuerung von Robotern nützlich sind. Mit dem Event System ist es möglich bis zu drei Motorgebersignale direkt und ohne Performanceverluste auszuwerten. Zusätzlich ist ein anderer Motortreiber mit einer Grenzfrequenz über 20 kHz implementiert worden.

Abstract

After the Robo Racing Team from the FH Wels was founded, a modular electronic system was developed. This system is still used to control automotive robots. It consists of five printed circuit boards. The main board, the motor board and the sensor board are the most important. The other two are to control the LCD display and a radio communication module to connect to a host PC. This multi processor system provides a high mass in flexibility and performance due to the continuous further development.

This paper consist the improvement of the motor board. The main issue is the implementation of the XMega microcontroller from Atmel. This controller includes the possibility to decode up to three rotary decoder signals due to the embedded Event system without any performance losses. Another modification is the changed motor driver with a maximum frequency of more than 20 kHz.

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	2
2	HARDWARE	3
2.1	Mikrocontroller.....	3
2.1.1	Event System.....	4
2.1.2	Quadratur Decoding mit dem Event System.....	5
2.2	Motortreiber.....	6
2.2.1	National Semiconductor LMD18200	7
2.2.2	STMicroelectronics L6203.....	8
2.3	Strommessung	9
2.3.1	Allegro ACS712.....	9
3	Layout.....	10
3.1	Schaltplan	10
3.1.1	Spannungsversorgung	10
3.1.2	Mikrocontroller	10
3.1.3	Motortreiber	12
3.2	Platine	13
4	Programmieren	15
4.1	JTAG-Schnittstelle	15
4.2	PDI-Schnittstelle.....	18
5	Glossar.....	19
6	Literaturverzeichnis	21

1 EINLEITUNG

Das Robo-Racing-Team [1] der Fachhochschule Wels nimmt ständig an nationalen sowie internationalen Wettkämpfen im Bereich der Robotik teil. Die eigens dafür entwickelten Roboter werden über das modulare elektronische System gesteuert. Dies besteht aus mehreren Leiterplatten, die über Schnittstellen miteinander verbunden sind. Da die Aufgaben an die Roboter bei den Wettbewerben jährlich neu ausgeschrieben werden, ändern sich ständig die Anforderungen an Hard- und Software. Auch der Gedanke jedes Jahr Konkurrenzfähig zu sein motiviert zur Weiterentwicklung des modularen Systems. Ein weiterer Punkt sind neue Produkte am Markt. So können neue Ressourcen und bessere Performance einzelner Bauteile durchaus einen wichtigen Beitrag leisten.

Dies war auch der grundlegende Antrieb zur Überarbeitung des von Ing. Michael Zauner, BSc im Jahr 2009 entworfenen Modularen Systems V2.0 [2]. Insbesondere handelt dieses Dokument über die Weiterentwicklung des Motor-Boards zur Version V3.0.

Das Motor-Board stellt die Leistungsansteuerung der Motoren zur Verfügung. Mit dem Motor-Board können entweder bis zu zwei DC-Motoren oder ein Schrittmotor angesteuert werden. Die beiden DC-Motoren können dabei gemeinsam, z.B. für eine Fahreinheit, oder individuell angesteuert werden. Die komplette Motorregelung und Positionsberechnung wird auf dem Motor-Board abgewickelt [2].

Die Merkmale die es zu verbessern galt waren:

- Geeigneter Mikrocontroller mit ausreichend Speicher und Performance
- Motortreiberbaustein mit hoher Betriebsfrequenz um störende Betriebsgeräusche zu vermeiden
- Quadratur Decoder zur Weg- und Geschwindigkeitsmessung der Antriebseinheit
- Motorstrommessung zur Verbesserung der Weg- und Geschwindigkeitsregelung der Antriebseinheit
- Programmieren des Mikrocontrollers über JTAG und PDI.

Zusätzlich dazu waren noch die Grundlegenden Treiber für Motoransteuerung, ADC Konvertierungen und Quadratur Decoding zu entwerfen.

2 HARDWARE

2.1 Mikrocontroller

Der Mikrocontroller ist das Kernstück des Motor-Boards. Da bei der Entwicklung neuer Roboter aus Zeitgründen kaum Rücksicht auf Speicheroptimiertes programmieren genommen werden kann, sollte der Controller über ausreichend Speicherkapazität für zukünftige Aufgaben besitzen. Der bislang eingesetzte ATmega644A¹ besitzt einen Programmspeicher mit einer Kapazität von 64KByte. Die neue Generation der 8/16bit Mikrocontroller der Fa. Atmel, die XMega Baureihe, mit der Bezeichnung A3 sind mit Speicher von 64KB, 128KB, 192KB und 256KB erhältlich. Da sich aufgrund der verschiedenen Speicher keinerlei Unterschiede in deren Bauform widerspiegeln, fiel die Entscheidung auf den ATXmega256A3. Dieser bietet einen 4mal so großen Speicher als sein Vorgänger und sollte somit für alle Aufgaben genügend Reserven bereitstellen.

Die Leistungsmerkmale der XMega A3 Baureihe sind:

- 4-Kanal DMA Controller
- 8-Kanal Event System
- Dual 12-bit ADC
- zwei 12-bit DAC Kanäle und vier analog Komparatoren
- sieben 16-bit Timer/Counters
- Sieben USART
- Drei SPI und zwei TWI Interfaces
- 0-32MHz Taktfrequenz
- 64 Pin TQFP Gehäuse

In Abbildung 2-1 ist das vereinfachte Blockdiagramm und die Pin-Bezeichnung des ATXmega A3 abgebildet. Auf den 64Pins verteilt sind die Ports A bis F, mit jeweils 8 sogenannten „General Purpose I/O's“. An Port A und B stehen die Funktionen von ADC, DAC oder AC zur Verfügung. An den Ports C bis F befinden sich hingegen die Timer/Counter sowie die seriellen Schnittstellen mit USART, SPI und TWI. Außerdem besitzen manche Pins noch alternative Funktionen. Als erwähnenswertes Beispiel ist die JTAG-Schnittstelle an Port B an den Pins 4 bis 8 zu betrachten. Diese dient als Programmier

¹ Mikrocontroller der Atmel Corporation

und Debugging Schnittstelle und wird in 4.1 noch näher beschrieben. Alle alternativen Pin Funktionen sind in [3] auf Seite 51 detailliert beschrieben.

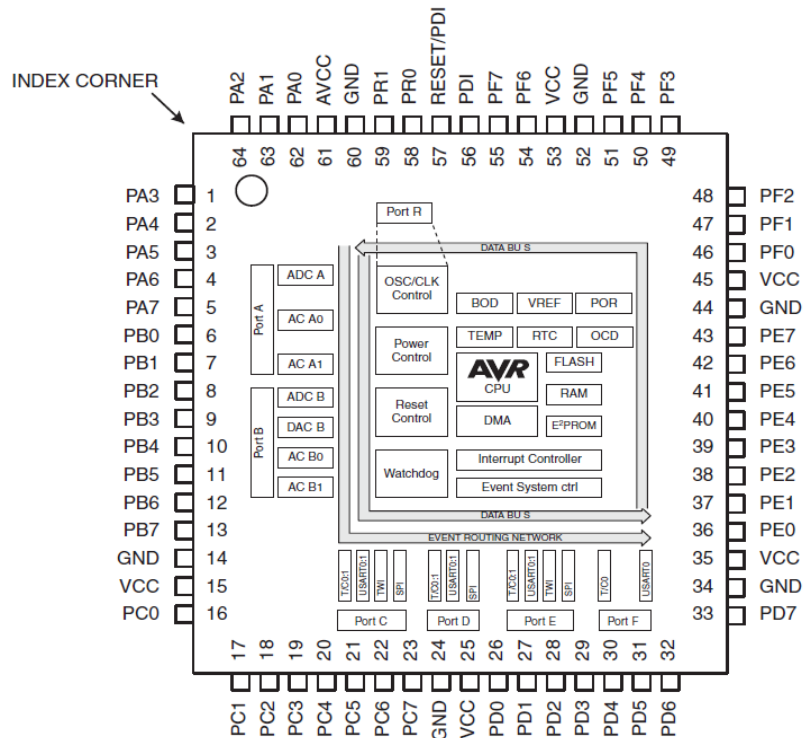


Abbildung 2-1 Block Diagramm und Pin-Bezeichnung [3]

2.1.1 Event System

Als grundlegende Erneuerung wurde das Event System in die XMeta Baureihe integriert. Das Event System ist eine Gruppe von Funktionen für die interne Kommunikation zwischen den verschiedenen Peripheriegeräten. Es ermöglicht durch eine Signaländerung an einem beliebigen Eingang das Auslösen einer Aktion. Diese Aktion löst wiederum eine Änderung des Signalzustandes an einem anderen beliebig wählbaren Peripheriegerät aus. Welche Signaländerung hierfür auftreten muss, kann über die Software eingestellt werden. Es ist ein einfaches, aber leistungsstarkes System für die automatische Steuerung von Peripheriegeräten, ohne dafür den Prozessor mit Interrupts zu belasten.

Die Events werden zwischen den Peripheriegeräten über das Event Routing Network geleitet. In Abbildung 2-2 sind im vereinfachten Blockdiagramm alle dazugehörigen Teile ersichtlich. Die Pfeile indizieren die Möglichkeit Events auszulösen oder durch Events getriggert zu werden. Die CPU ist allerdings kein Bestandteil des Event Systems. Dies signalisiert lediglich, dass durch die Software ebenfalls Events ausgelöst werden können [4].

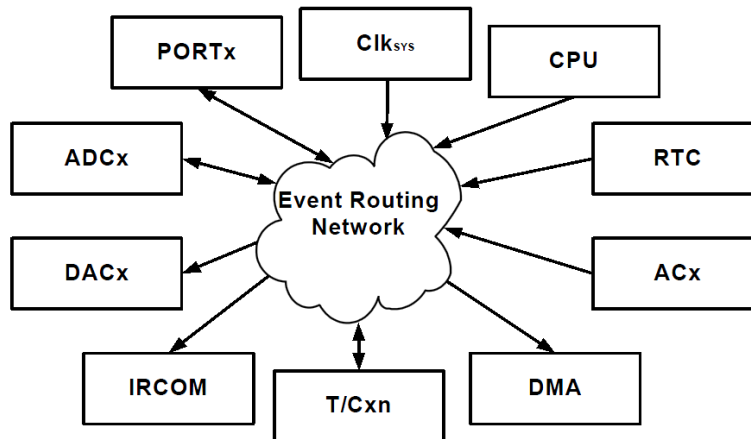


Abbildung 2-2 vereinfachtes Blockdiagramm des Event Systems [4]

2.1.2 Quadratur Decoding mit dem Event System

Die Drehgeber der Antriebseinheit liefern bei Bewegung sogenannte Quadratur Signale. Dies sind zwei um 90° phasenverschobene Rechteckspannungen, die abhängig von der Winkelgeschwindigkeit und Drehrichtung in ihrer Frequenz und Phasenlage variieren. Die beiden Signale werden als QDPH0 und QDPH90 bezeichnet. Zusätzlich ist die Verwendung eines Index Signals möglich, das einmal pro Umdrehung den Referenzpunkt darstellt. In Abbildung 2-3 sind die Signalfolgen für rechts- und Linkslauf dargestellt. Bei Rechtslauf ist QDPH90 dem Signal QDPH0 um 90° nacheilend. Bei Linkslauf eilt das Signal QDPH90 um 90° vor.

Das Event System beinhaltet 3 Quadratur Decoder(QDECs). Dadurch können Signale direkt an den I/O Pins decodiert werden, und ein Timer/Counter wertet das Signal aus. Quadratur Decoding funktioniert nur mit den Event Channels 0,2 und 4. Für die Verwendung des QDECs in der Antriebseinheit werden folgende Teile des Mikrocontrollers benötigt:

- I/O Pins – Quadratur Signal Eingang,
- Event System – für das Quadratur Decoding,
- Timer/Counter – zum Zählen der Signalfanken.

Folgende Einstellungen müssen vorgenommen werden:

- Die Signale müssen an zwei benachbarten Pins angeschlossen werden,
- die verwendeten Pins als Eingang definieren,
- Pin Konfiguration auf „low level sense“ stellen,
- den QDPH0 Pin als Multiplexer für den verwendeten Event Channel wählen,
- Quadratur Decoding und Digitale Filterung für den Event Channel aktivieren [4].

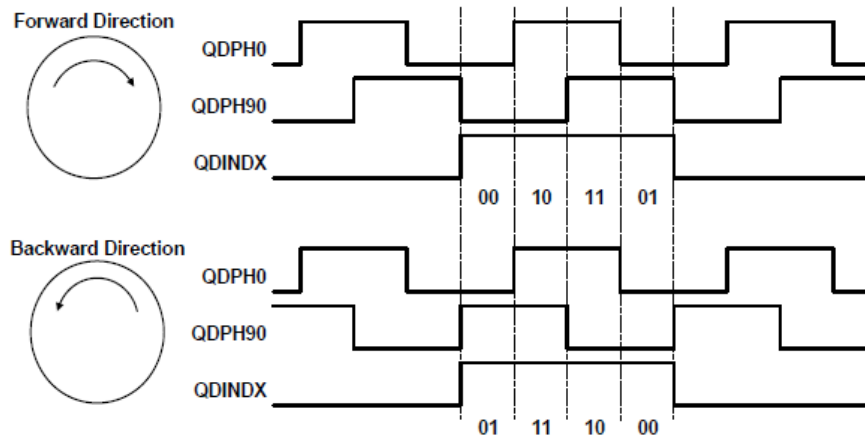


Abbildung 2-3 Quadratur Signal [4]

2.2 Motortreiber

Als Motortreiber diente bislang die H-Brücke BTS7750GP von Infineon. Mit dieser war es möglich einen 12V Gleichstrommotor über das PWM Signal des Mikrocontrollers anzusteuern. Die Eckdaten des BTS7750GP:

- Konfigurierbar als Brücke oder vier individuelle Schalter
- Optimiert für DC-Motor Anwendungen
- Niedriger $R_{DS,ON}$: 70m Ω high-side switch und 45m Ω low-side switch
- Max. Spitzenstrom von 12 A@25°C
- Kleiner Sperrstrom von 5 μ A@25°C
- Kurzschlussüberwachung
- Übertemperaturabschaltung
- Interne Klemmdioden
- Bis zu 1 kHz PWM-Frequenz

Die Entscheidung, diesen Motortreiber Baustein zu ersetzen, fiel in erster Linie weil der Infineon Chip nicht einfach zu erhalten ist. Außerdem entsteht bei der maximalen Betriebsfrequenz von 1kHz ein unangenehmes Betriebsgeräusch. Die Anforderungen an den Chip waren also eine dauerhafte Verfügbarkeit sowie eine Betriebsfrequenz im Bereich von ca. 20kHz. Die Strombelastbarkeit sollte ca. 5A betragen. Des Weiteren sollte die Spannungsversorgung bis ca. 50V möglich sein. Dies alles erfüllen der LMD18200 von National Semiconductor, sowie der L6203 von STMicroelectronics. Beide sind im 11-poligen TO-220 Power Package erhältlich.

2.2.1 National Semiconductor LMD18200

Der LMD18200 ist für die Drehzahlsteuerung von DC- und Schrittmotoren konzipiert. Der Chip kombiniert einen in CMOS gefertigten Steuerstromkreis und einen in DMOS gefertigten Leistungsteil in derselben monolithischen Struktur. Er beinhaltet außerdem einen verlustarmen Ausgangsstrom Sensor.

Kenndaten:

- 3A kontinuierlich und 6A Spitzenstrom,
- Versorgungsspannungen bis 55V,
- Niedriger $R_{DS,ON} = 0,3\Omega$ pro Switch,
- Kurzschluss geschützt,
- Interne Freilaufdioden,
- Interne Charge Pump mit externen Bootstrap Kondensatoren,
- Bis zu 500kHz Betriebsfrequenz mit 10nF Bootstrap Kondensatoren.

In Abbildung 2-4 ist das Block Diagramm des LMD18200 dargestellt. Dieser wird über 3 Eingänge angesteuert. An Pin 5 wird das PWM-Signal des Mikrocontrollers angeschlossen. Die Pins 3 und 4 sind für die Drehrichtung und Bremse zuständig. An Pin 2 und 10 wird die Last angeschlossen. An Pin 8 befindet sich der „Current Sense Output“. Versorgt wird der Baustein an den Pins 6 und 7.

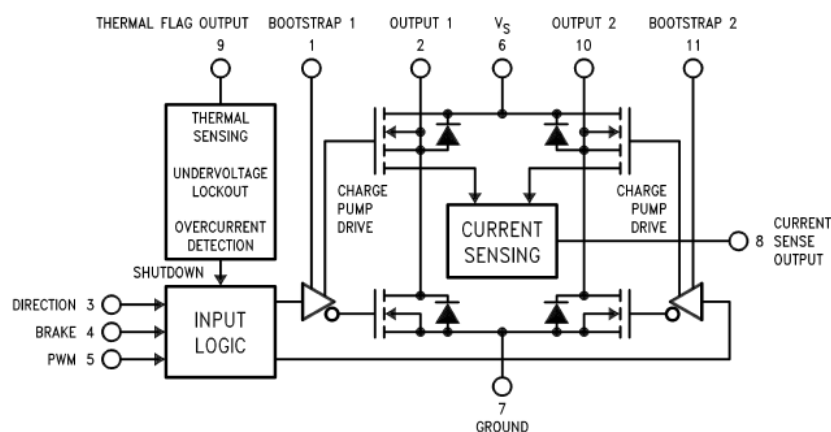


Abbildung 2-4 Block Diagramm LMD18200 [5]

2.2.2 STMicroelectronics L6203

Der L6203 ist ein Vollbrücken (=H-Brücke) Motortreiber für den Einsatz in Gleichstrom Motorsteuerungen. Durch die Fertigung in BCD² Technologie ist es möglich, die logische Schaltung sowie den Leistungsteil zu optimieren und die bestmögliche Performance zu bieten. Alle logischen Eingänge sind TTL, CMOS und Mikrocontroller kompatibel. Die einzelnen Halbbrücken werden durch einen separaten Eingang kontrolliert, während ein gemeinsamer „Enable“ Eingang die Vollbrücke aktiviert.

Kenndaten:

- Versorgungsspannung bis 48V
- 4A kontinuierlich, 5A Spitzenstrom
- $R_{DS,ON}=0,3\Omega$ (bei 25°C)
- TTL kompatibel
- Betriebsfrequenz bis 100kHz
- Interne Logik Versorgung

Das in Abbildung 2-5 dargestellte Blockdiagramm zeigt den prinzipiellen Aufbau des L6203. Im Gegensatz zum L18200 besitzt dieser Chip einen Eingang pro Halbbrücke (IN1 und IN2). Der Abgebildete Sense Kontakt ist der Fußpunkt der beiden Halbbrücken und kann somit zur Strommessung herangezogen werden. Allerdings benötigt dies wiederum einen geeigneten IC oder Shunt. Ebenfalls ersichtlich sind die Bootstrap Kondensatoren (Kapazität 10nF), die die erforderliche Ladung zum Umschalten der Transistoren bereitstellen. VREF ist die interne Referenzspannung und liefert einen maximalen Ausgangsstrom von 2mA.

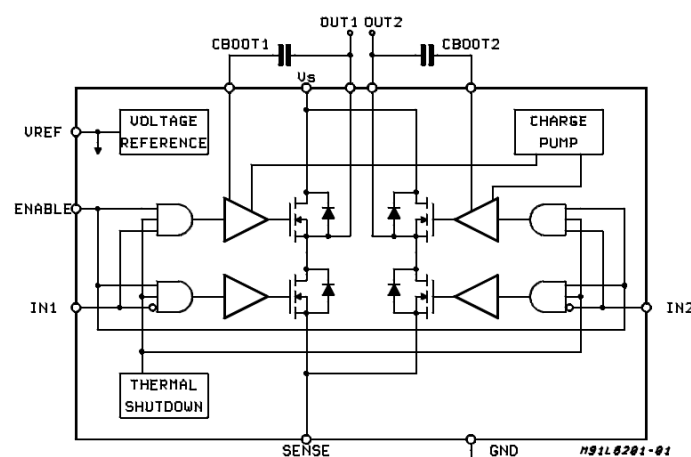


Abbildung 2-5 Blockdiagramm des L6203 [6]

² Mischung aus Bipolar, CMOS und DMOS

2.3 Strommessung

Die Strommessung der Motoren hilft zur besseren Regelung. Drehen die Reifen der Antriebseinheit durch, so kann dies durch einen verhältnismäßig niedrigen Strom erkannt werden. Spinnt man diesen Gedanken weiter, kann der Motorstrom aber auch direkt in den Regelkreis eingebunden werden.

Im Allgemeinen bestehen die Möglichkeiten den Strom mittels Shunt oder über einen IC am Mikrocontroller zu messen. Da beim Messbereich des Mikrocontrollers von ca. 2V und einem maximalen Strom von ca. 5A eine Leistung von 10W am Shunt in Wärme umgewandelt werden würde, war die Suche nach einem geeigneten IC die bessere Variante. Diese sind für verschiedene Messbereiche erhältlich. Für eine solche Anwendung ist der ACS712 von Allegro MicroSystems geeignet.

2.3.1 Allegro ACS712

Dieser Chip beinhaltet einen präzisen, linearen Hall Sensor mit kleiner Offset-Spannung und einen Strommesspfad aus Kupfer. Fließt der zu messende Strom durch diesen Pfad wird ein magnetisches Feld erzeugt, das durch den integrierten Hall-Sensor gemessen und in ein proportionales Spannungssignal gewandelt wird.

Kenndaten:

- Bandbreite kann durch den Filter Pin eingestellt werden
- Absoluter Fehler von 1,5% bei 25°C
- 1,2mΩ interner Widerstand
- Bipolar von -5A bis +5A
- Bis zu 25A überlastbar
- 185mV/A Ausgangssignal

In Abbildung 2-6 sieht man die Linearität des ACS712 bei unterschiedlichen Temperaturen.

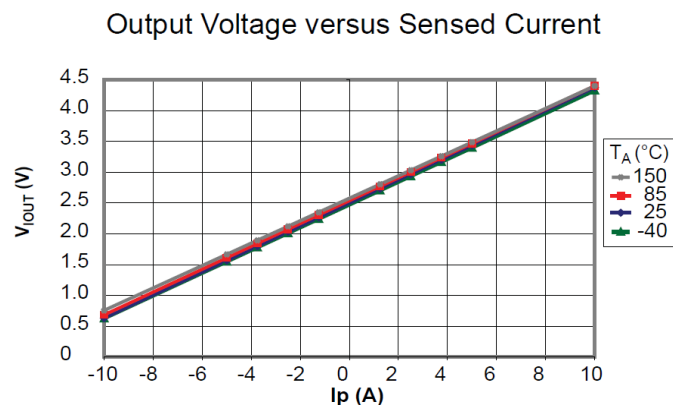


Abbildung 2-6 Kennlinie Ausgangsspannung zum gemessenen Strom [7]

3 Layout

Die Leiterplatte wurde mit dem Layout Programm Target entworfen. Dies ist eine CAD-Software des ING.-Büro FRIEDRICH und wurde seit 1989 stets weiterentwickelt [8].

3.1 Schaltplan

3.1.1 Spannungsversorgung

Das Motorboard wird über die externe Spannungsversorgung mit 12V versorgt. Diese Spannung wird in zwei Stufen angepasst. Mittels Schaltregler LM2594 (IC4 in Abbildung 3-1) der Firma National Semiconductor, und dessen Beschaltung, wird die 5V Spannungsversorgung geregelt. Da die Betriebsspannung des XMega 3,3V beträgt, werden diese 5V nochmals mit dem Spannungsregler LM3940 (IC7, ebenfalls von National Semiconductor) auf 3,3V reduziert. Im Schaltplan ist dieses Spannungsniveau mit +3V gekennzeichnet.

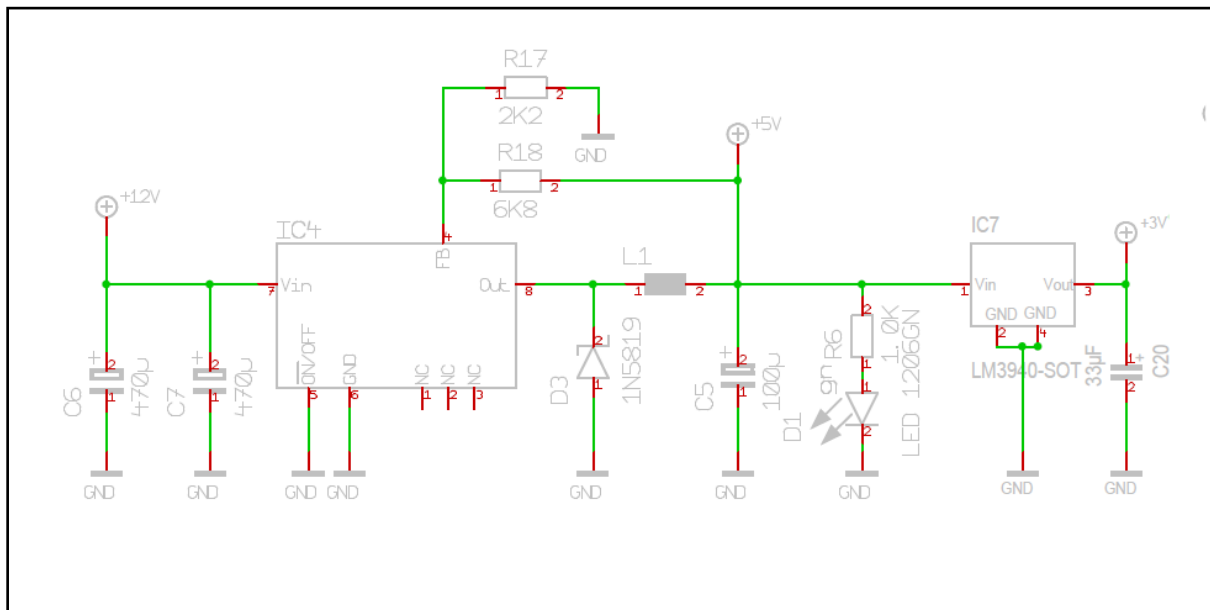


Abbildung 3-1 Spannungsregler des Motorboards

3.1.2 Mikrocontroller

Die Beschaltung des Mikrocontrollers ist in zwei Teile unterteilt. Einerseits die Beschaltung für den Betrieb des Controllers sowie andererseits die Beschaltung der Ports. In Target ist es möglich Bauteile selbst zu entwerfen, das bedeutet, falls das gesuchte Bauteil noch nicht in der Bibliothek vorhanden ist, kann man dies nach den Vorgaben des Datenblattes zu einer eigenen Bibliothek hinzufügen. Da dies hier der Fall war, wurde das Modell in mehreren Teilen erstellt.

In Abbildung 3-2 sind die zum Betrieb des Mikrocontrollers notwendigen Anschlüsse ersichtlich. Dazu gehören die Spannungsversorgungen und Masseverbindungen, die gleichmäßig über die 64 Pins des Gehäuses verteilt sind (Abbildung 2-1). Des Weiteren ist der Quarz Oszillator mit den zugehörigen Kondensatoren an den Pins 58 und 59 angeschlossen. Als Grundfrequenz dient hierbei ein 8MHz Quarz. Über das interne PLL³ des XMega wird eine Betriebsfrequenz von 32MHz eingestellt. Pin 56 und 57 sind die beiden Anschlüsse für das PDI welches in 4.2 näher erläutert wird.

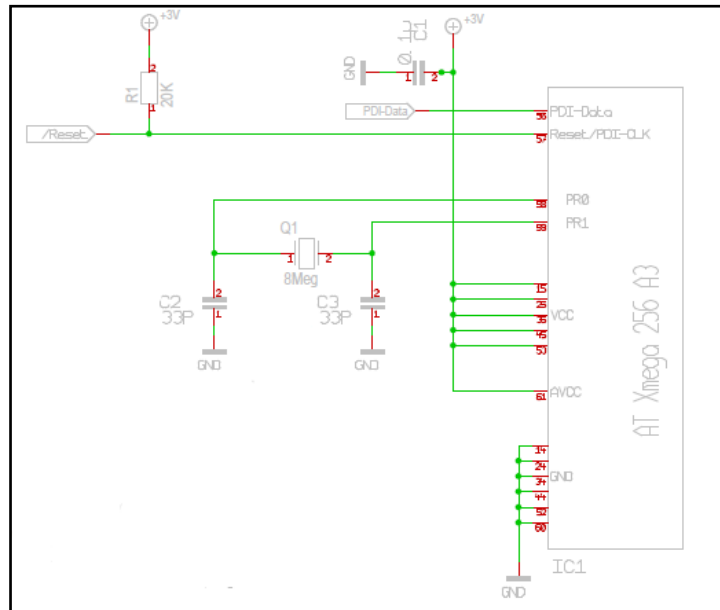


Abbildung 3-2 Grundbeschaltung XMega 256A3

In Abbildung 3-3 sind die Ports A bis D abgebildet. An Port A befinden sich die Strommessungen der Motortreiber sowie analoge I/O's und ein Spannungsteiler zur Kontrolle der Versorgungsspannung. An Port B befindet sich die JTAG Schnittstelle. Port C übernimmt die Kommunikation mittels serieller Schnittstelle und SPI. An Port D sind die Eingänge für die Inkrementalgeber des Motor1 angeordnet. Diese 5V Signale werden mittels Pegelwandler (IC8) an die Spannung des Mikrocontrollers angepasst. An den Ports E und F in Abbildung 3-4 ist die restliche Beschaltung abgebildet. An Port E (Pins 0-4) und Port F (Pin1 und 2) sind die PWM Signale sowie die Direction und Break Signale für die Motorsteuerung angesiedelt. Ebenfalls an Port E sind die Eingänge für die Inkrementalgeber des Motors 2.

³ Phase Locked Loop

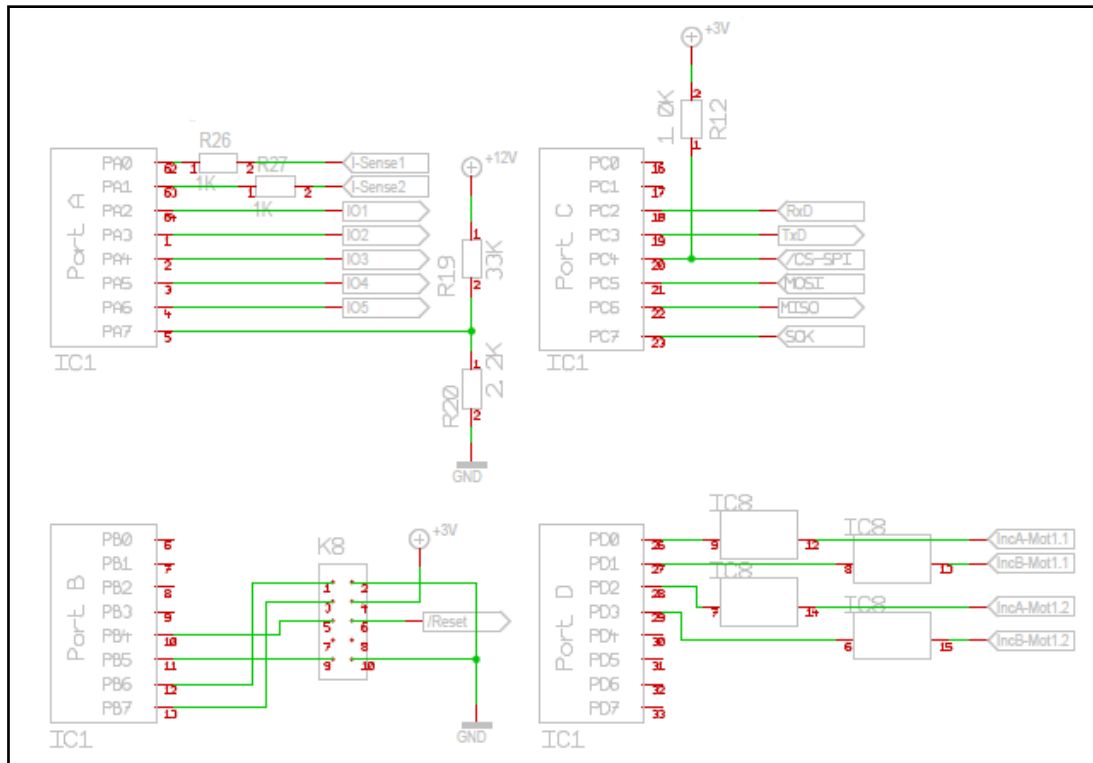


Abbildung 3-3 Xmega Ports A-D

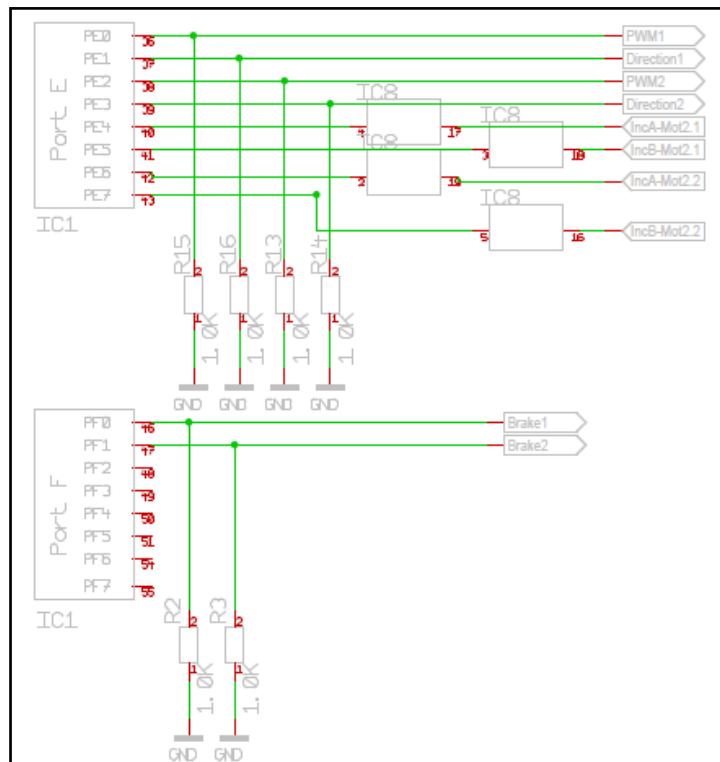


Abbildung 3-4 Xmega Port E und F

3.1.3 Motortreiber

In Abbildung 3-5 sind die beiden IC's zur Ansteuerung der DC-Motoren abgebildet. Hier fiel die Wahl schlussendlich auf den LMD18200, da durch dessen internen Current Sense die Strommessung einfach über einen 1kΩ Widerstand möglich ist.

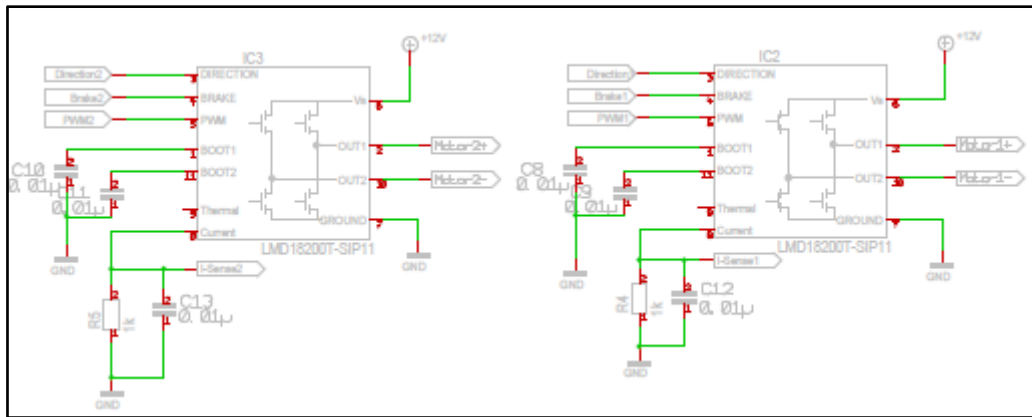


Abbildung 3-5 Motortreiber Bausteine

3.2 Platine

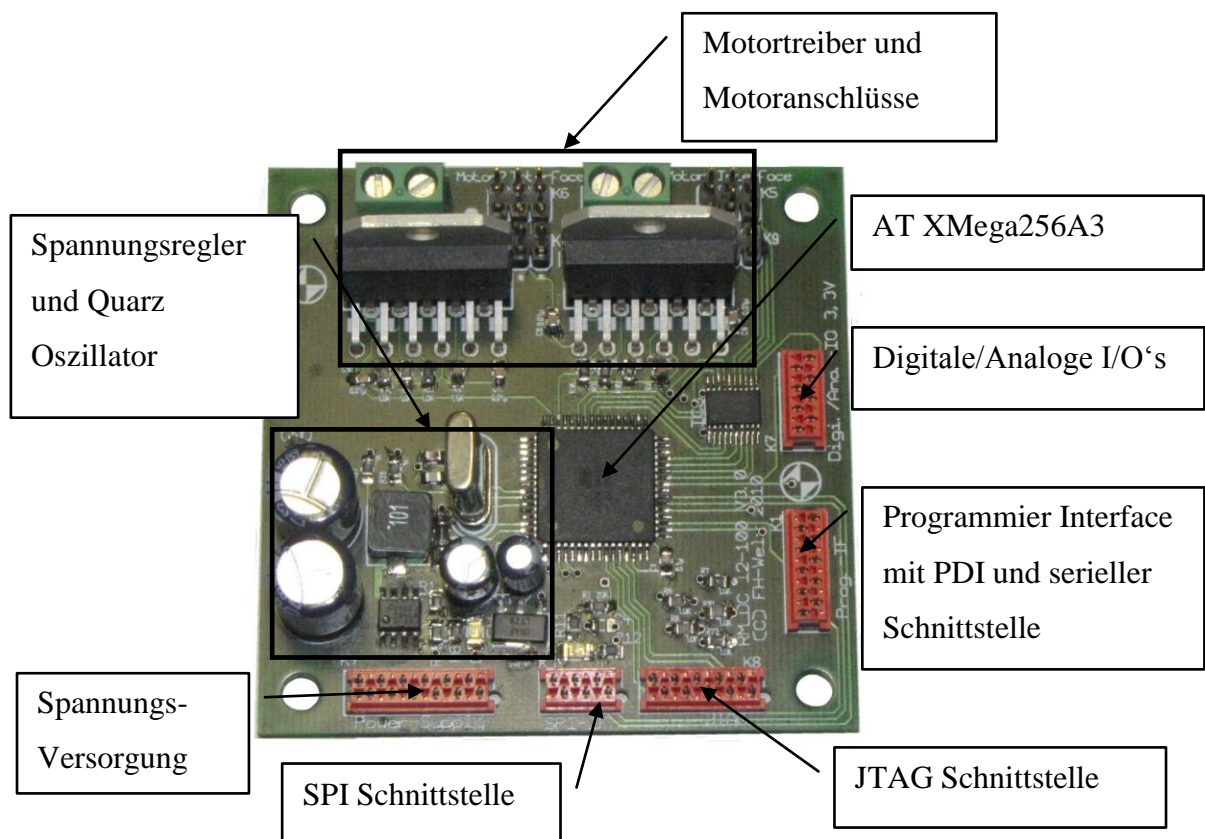


Abbildung 3-6 Bestücktes Motorboard

In Abbildung 3-6 ist das Motorboard in der Version V3.0 abgebildet.

<i>Pin Nummer</i>	<i>Pin Bezeichnung</i>	<i>Funktion</i>
1	+3V	3,3V Referenzspannung
2	RXD	Empfangsleitung der Seriellen Schnittstelle
5	TXD	Sendeleitung der Seriellen Schnittstelle
6	PDI-DATA	Datenleitung des PDI (PDI_Data)
9	GND	Masse Anschluss
10	/Reset	Taktleitung des PDI (PDI_CLK)
3,4,7,8	NC	Nicht verwendet

Tabelle 3-1 Steckerbelegung für K1 (Programmier Interface)

<i>Pin Nummer</i>	<i>Pin Bezeichnung</i>	<i>Funktion</i>
1	/CS-SPI	Chip Select des Slaves
2	SCK	Synchroner Clock
3	MISO	Master In- Slave Out SPI
4	MOSI	Master Out – Slave In SPI
5,6	GND	Masse der Schnittstelle

Tabelle 3-2 Steckerbelegung K3(SPI Interface)

<i>Pin Nummer</i>	<i>Pin Bezeichnung</i>	<i>Funktion</i>
1,3,5,7,9,11	+12V	Pluspol der Versorgung
2,4,6,8,10,12	GND	Minuspole der Versorgung

Tabelle 3-3 Steckerbelegung K4(Power Supply)

<i>Pin Nummer</i>	<i>Pin Bezeichnung</i>	<i>Funktion</i>
1	Motor-	Minusanschluss des Motors
2	Motor+	Plusanschluss des Motors
3	GND	Minuspole der Geber-Versorgung
4	+5V	Pluspol der Geber-Versorgung
5	INCB	Gebereingang B-Kanal
6	INCA	Gebereingang A-Kanal

Tabelle 3-4 Steckerbelegung für K5 und K6 (Motor-IF)

<i>Pin Nummer</i>	<i>Pin Bezeichnung</i>	<i>Funktion</i>
1	Motor+	Plusanschluss des Motors
2	Motor-	Minusanschluss des Motors

Tabelle 3-5 Steckerbelegung von KL1 und KL2 (Motoranschluss)

<i>Pin Nummer</i>	<i>Pin Bezeichnung</i>	<i>Funktion</i>
1	+3V	+3,3V Spannungsreferenz
2	IO1	Analog/Digital IO 1
3	+12V	+12V Spannungsreferenz
4	IO2	Analog/Digital IO2
5	GND	Massepotential
6	IO3	Analog/Digital IO3
7	IO4	Analog/Digital IO4
8	IO5	Analog/Digital IO5

Tabelle 3-6 Steckerbelegung K7(Analog/Digital IO's)

<i>Pin Nummer</i>	<i>Pin Bezeichnung</i>	<i>Funktion</i>
1	TCK	Test Clock
2,10	GND	Massepotential
3	TDO	Test Data Out
4	+3V	3,3V Referenzspannung
5	TMS	Test Mode Select
6	TRST	Test Reset
7, 8	NC	Nicht verwendet
9	TDI	Test Data In

Tabelle 3-7 Steckerbelegung K8 (JTAG-IF)

4 Programmieren

Der neue Mikrocontroller besitzt zwei Schnittstellen, über die das Gerät programmiert werden kann. Hierzu sind geeignete Programmer notwendig, die die Verbindung und Kommunikation zwischen PC und Controller herstellen. Dabei sollte das Programm mittels AVR Studio übertragen werden. Damit treten kaum Fehler auf.

4.1 JTAG-Schnittstelle

Seit Mitte der 80er Jahre arbeitet die JTAG⁴ an einem neuen Verfahren um Digitalbausteine nach der Herstellung auf ihre Funktionalität zu überprüfen: Die Idee war, die Anschlussleitungen schon im Inneren der Chips abzufragen und die Information seriell nach außen zu leiten. Umgekehrt sollte es auch möglich sein Eingangsleitungen mit seriell eingespeisten Signalen zu versorgen und die Reaktion des Chips abzufragen. Dazu werden chipintern in alle Ein- und Ausgangsleitungen BSC⁵ ein geschleift. Die Boundary-Scan-Zellen sind durch eine serielle Datenleitung verbunden. Diese Leitung geht durch den Test-Data-In(TDI) in die Zelle und verlassen sie durch den Test-Data-Out(TDO) zur nächsten Zelle. So

⁴ Joint Test Action Group

⁵ BSC Boundary Scan Cells

werden alle relevanten Ein-/Ausgänge in eine große Schleife gelegt, den Boundary Scan Path, und können über die serielle Datenleitung erreicht werden.

Das Testgerät spricht die JTAG Schnittstelle des Bausteins über den *Test Access Port* (TAP) an, welcher aus folgenden Leitungen besteht:

- TDI Test Data In
- TDO Test Data Out
- TCK Test Clock, Arbeitstakt der JTAG Schnittstelle
- TMS Test Mode Select, unterscheidet Befehl einlesen/Befehl ausführen
- TRST Test Reset, optionales Signal, versetzt die Schnittstelle in den Anfangszustand.

In Abbildung 4-1 sieht man einen Digitalbaustein mit TAP und *Boundary Scan Path* der JTAG Schnittstelle.

Jede Boundary Scan Zelle besitzt zwei Flipflops, ein Scan-Flipflop und ein Test-Flipflop. Jede Zelle kann in verschiedenen Betriebsmodi arbeiten. Dazu gehören Normalbetrieb, Auffangen (Capture), Scan-Funktion, Auffrischen und der Testbetrieb. Mit diesen Funktionen können die gefertigten Chips getestet werden. Dazu werden lange Signal Sequenzen an die Eingänge der Schaltung gelegt und die Reaktion des Bauteils gemessen. Diese Reaktionen werden dann anhand Tabellen verglichen. Dies gibt dann schlussendlich Auskunft über die Funktionalität des Chips.

Die JTAG Schnittstelle hat sich bei Mikrocontrollern weitgehend durchgesetzt. Man hat daher bald die Funktionalität über die ursprüngliche Aufgabe des Chiptests hinaus erweitert. Speziell für Mikrocontroller wurden via JTAG ganz neue Möglichkeiten eröffnet:

- Programme in den Flash-Speicher übertragen
- Die Abarbeitung des Programms verfolgen
- Breakpoints zu setzen und das Programm im Einzelschritt auszuführen

Das ist ein großer Vorteil, bei der Entwicklung neuer Software für Mikrocontrolleranwendungen. Mit der Verwendung von Debuggern können Programmabläufe transparent gemacht werden, um so Fehlerquellen einfach aufzuspüren und zu beseitigen [9].

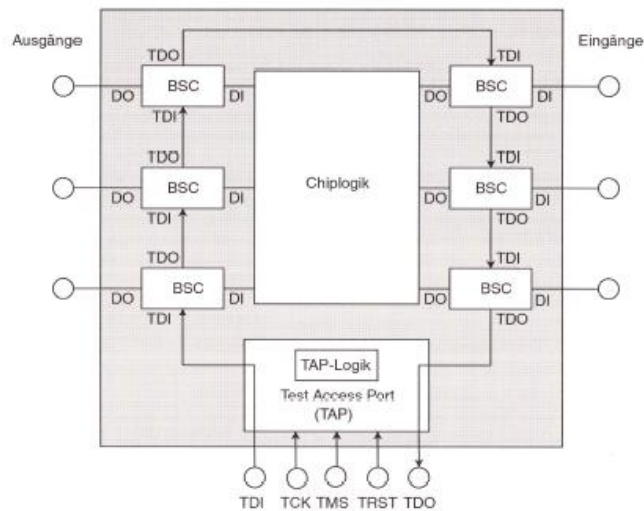


Abbildung 4-1 Digitalbaustein mit JTAG-Schnittstelle [9]

JTAGICE mkII

Um den Atmel XMEGA über JTAG programmieren zu können benötigt man einen Programmer wie zum Beispiel den JTAGICE mkII, ebenfalls ein Produkt der Firma Atmel, wie es auch bei diesem Projekt in Verwendung ist. Das JTAGICE mkII in Abbildung 4-2 unterstützt das Programmieren via SPI, JTAG, PDI und aWire. Debuggen ist mit den Schnittstellen SPI, JTAG, aWire und DebugWIRE ausführbar [10].



Abbildung 4-2Programmer JTAGICE mkII [10]

Eigenschaften des JTAGICE mkII:

- Kompatibel mit AVR32 Studio und AVR Studio 4
- Programmieren und Debuggen aller AVR und AVR32 Geräte mit On Chip Debugging
- Emuliert Digitale und Analoge On-Chip Funktionen
- Interface zu Flash, EEPROM, Fuses und Lockbits
- USB1.1 und RS232 Schnittstellen zum PC
- Zielgerätespannung von 1,6 bis 5,5V

4.2 PDI-Schnittstelle

Das „*Programm and Debug Interface*“ ist eine von Atmel entwickelte Schnittstelle für externes programmieren und on-Chip Debugging. Die Schnittstelle benötigt zwei Leitungen:

- die Datenleitung PDI-DATA: Data Input/Output (Test Pin)
- und die Taktleitung PDI_CLOCK: Clock Input (Reset Pin).

Zusätzlich sind zur Verbindung mit einem externen Programmer oder Debugger die Potentiale VCC und GND zur Verfügung zu stellen. Geräte die zum Programmieren über die PDI Schnittstelle geeignet sind, wären das JTAGICE mkII, das AVRISP mkII und das STK600. Zum Debuggen eignet sich lediglich das JTAGICE mkII. Die PDI Schnittstelle ist in jedem XMega vorhanden [10].

AVRISP mkII

Der AVR In-System Programmer mkII wird zum Aktualisieren von AVR Flash Mikrocontroller verwendet. In Kombination mit AVR Studio kann man neue AVR 8-Bit RISC Mikrocontroller mit ISP Interface programmieren [10].



4-3 Programmer AVRISP mkII [10]

Eigenschaften des AVRISP mkII:

- Kompatibel mit AVR Studio (Version 4.12 oder höher)
- Unterstützt alle AVR Geräte mit ISP, PDI oder TPI Interface
- Programmiert Flash und EEPROM Speicher
- Unterstützt Fuse- und Lockbit programmieren
- Zielgerätespannung von 1,8 bis 5,5V
- USB 2.0 kompatibel sowie über USB Spannungsversorgt
- Kurzschluss gesichert

5 Glossar

DMA	Direct Memory Access
ADC	Analog-Digital Converter
DAC	Digital-Analog Converter
USART	Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter
SPI	Serial Peripheral Interface
TWI	Two Wire Interface (=I ² C Bus)
RTC	Real Time Counter
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
DMOS	Double-Diffused Metal Oxide Semiconductor
BCD	Bipolar CMOS und DMOS
TTL	Transistor-Transistor Logic
JTAG	Joint Test Action Group
PDI	Program and Debug Interface
PLL	Phase Locked Loop

6 Zusammenfassung und Ausblick

Bei der Überarbeitung des Motorboards wurden neue Bauteile implementiert, die mit einer Vielzahl neuer Features aufwarten können. Besonders der neue Mikrocontroller von Atmel kann durch seine Performance und seine neuen Elemente überzeugen. Die Möglichkeit mit dem Eventsystem Drehgeber direkt auslesen zu können macht ihn gerade für diese Anwendung interessant. In Verbindung mit dem Motortreiber LMD18200 zur Ansteuerung der Motoren kann der autonome Roboter einfach und präzise vom Motorboard gesteuert werden. In Zukunft ist auch ein Regler geplant, der die Dynamik und die Genauigkeit des Roboters noch um einiges verbessern sollte.

Durch den vergrößerten Speicher können noch aufwändigere Aufgaben bei den diversen Roboterwettbewerben realisiert werden. Da das System über ein Multitasking System gesteuert wird, bleibt es auch bei größeren Programmen übersichtlich und flexibel.

Durch die neueren Programmer und Interfaces wird auch die Übertragungsrate erhöht. Außerdem ermöglicht das JTAG Interface ein in System Debugging, dass die Fehlersuche bei der Codeentwicklung deutlich erleichtert. So kann der Programmablauf mittels Breakpoints Schritt für Schritt überprüft werden.

7 Literaturverzeichnis

- [1]. **FH Wels**. Robo Racing Team. [Online] <http://rrt.fh-wels.at>.
- [2]. **Ing. Michael Zauner, BSc.** *Modulares und skalierbares elektronisches System für autonome Roboter*. s.l. : FH Wels, 2009.
- [3]. **Atmel Corporation**. Datenblatt 8/16 bit AVR XMEGA A3 Microcontroller. Revision 8068P - 02/10.
- [4]. **Atmel Corporation**. Manual 8/16 bit AVR XMEGA A3 Microcontroller. Revision 8077H - 12/09.
- [5]. **National Semiconductor**. Datenblatt LMD18200 3A, 55V H-Bridge. April 2005.
- [6]. **STMicroelectronics**. Datenblatt L6203 DMOS FULL BRIDGE DRIVER. July 2003.
- [7]. **Allegro MicroSystems**. Datenblatt ACS712, Rev. 1. *Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor*. 2006.
- [8]. [Online] [Zitat vom: 27. Juli 2010.] <http://www.ibfriedrich.com/>.
- [9]. **Wüst, Klaus**. *Mikroprozessortechnik*. [Hrsg.] Vieweg Teubner. Wiesbaden : s.n., 2009. 3. Ausgabe.
- [10]. Atmel Corporation. [Online] [Zitat vom: 27. Juli 2010.] www.Atmel.com.