Mikrocontroller ATMEL AT32UC3A Analog to Digital Converter

Bei dem **AVR32** handelt es sich um eine properitäre 32-bit-RISC-Architektur des Herstellers ATMEL. Das **EVK1100** ist ein Evaluierungs- und Entwicklungswerkzeug für den AVR32 AT32UC3A-Mikrocontroller.

EVK1100 - Evaluation-Kit für ATMEL-AVR-UC3-Projekte

IAR Systems bietet ein KickStart-Kit für Anwender des AVR32-UC-Cores von Atmel an. Enthalten sind das Entwicklungsboard EVK1100 von Atmel, eine auf 32 KByte Code limitierte Version der **IAR Embedded Workbench** für AVR32 und eine **JTAG In-Circuit Emulator mk-II** Debug-Probe von Atmel.

In der Entwicklungsumgebung IAR Embedded Workbench sind alle notwendigen Programmentwicklungs-Tools (C/C++ Compiler, Assembler, Linker, Library Builder, Editor, Projektmanager, Debugger und Simulator) integriert.

Das **AVR® ONE!** ist ein mächtiges Entwicklertool für das On-Chip Debbugging und die Programmierung aller AVR32 Prozessoren im **ATMEL Studio** über verschiedene Schnittstelle - JTAG, PDI , debugWire und ISP.

1. Versuchsziel

Anhand einfacher Beispiele für die Ein- und Ausgabe wird die Funktion und die Assembler-Programmierung des Mikrocontrollers AT32UC3A demonstriert. Mit Hilfe des Entwicklungsboards EVK1100 soll ein Digitalvoltmeter mit zwei Nachkommstellen Genauigkeit entwickelt werden. Die Eingangsspannung liefert ein Potentiometer am Eingabekanal des integrierten Analog Digital Wandlers. Für die Ausgabe steht auf dem Entwicklungsboard EVK1100 ein LCD-Modul zur Verfügung. Im Programm ist daher die entsprechende Konfiguration des AD-Wandlers und des GPIO-Controllers notwendig.

2. Grundlagen

Der AVR32-RISC-Prozessors **AT32UC3A** ist ein Mitglied der AVR32-UC3-Mikrocontrollerfamilie der Firma ATMEL. Er verfügt über 512 KB internem Flash und 64 KB internem Arbeitsspeicher. Es handelt sich um einen 32 bit Prozessor mit einer Taktfrequenz von bis zu 66 MHz. Auf dem Board EVK1100 wird ein 12 MHz-Oszillator verwendent (PBA Clock=12 MHz). Aufgrund einer umfangreichen Integration von Standard-Peripherie, des flexiblen Interruptsystems, der hohen Rechengeschwindigkeit und der verschiedenen Betriebsmodi bietet sich ein breites Einsatzspektrum in eingebetteten Systemen.

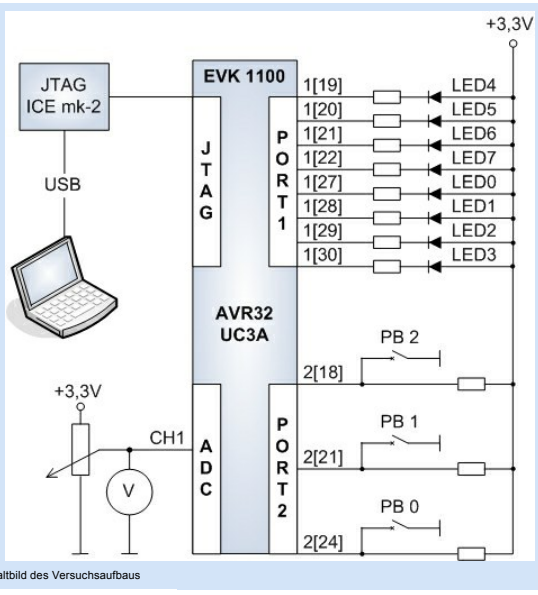
Die **AVR32-CPU** besitzt einen orthogonalen Befahlssatz, daher können alle Register des allgemeinen Register-Files (Allzweckregister R0-R15) als Quelle oder Ziel bei Registeroperationen verwendet werden. Der Befehlssatz enthält kompakte (Länge 16 bit) und erweiterte (Länge 32 bit) Instruktionen. Der Stack Pointer (SP) ist in Register R13 des Register-Files gemappt. Ebenso belegen das Link Register (LR) und der Programm Counter (PC) die Register R14 und R15. Das LR-Register enthält die Rücksprungadresse eines Unterprogramms. Das PC-Register enthält die Adresse der aktuell ausgeführten Instruktion. Neben den Allzweckregistern enthält der AVR32UC noch zahlreiche Systemregister (Status- und Konfigurationsregister), die nur über spezielle Assemblerbefehle (MTSR, MFSR) gelesen oder geschrieben werden können.

Der **GPIO-Controller** (General Purpose Input Output Controller) dient dem Management der Ein/Ausgabeleitungen des Mikrocontrollers. Jeder als Eingang oder Ausgang konfigurierte E/A-Pin kann wahlweise vom PIO-Controller oder den internen Peripheriemodulen angesteuert werden.

Der intergrierte **AD-Wandler** (ADC) arbeitet nach dem Verfahren der sukzessiven Approximation und bietet 8 analoge Eingabekanäle. Auf dem Entwicklungsboard EVK1100 sind die ersten drei ADC-Kanäle für Demonstrationszwecke mit einem Temperatursensor, einem Potentiometer und einem Helligkeitssensor beschaltet.

Das 4-zeilige **LCD-Anzeigemodul** auf dem EVK1100-Board enthält einen eigenen Display-Controller und wird über das serielle Peripherieinterface SPI des AVR32-Mikrocontrollers angesteuert. Die korrekte Initialisierung und zeichenorientierte Ansteuerung (ASCII-Code) des LCD-Controllers über das SPI-Modul erfolgt im Praktikum über eine vorgegebene Funktionsbibliothek.

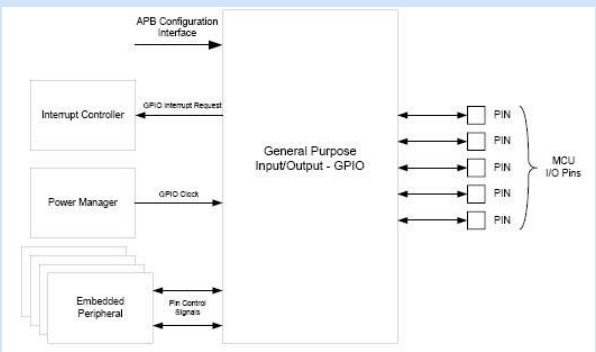
Die Programmentwicklung und Testung auf dem Mikrocontroller AT32UC3A0512 wird durch ein leistungsfähiges On-Chip Debug System (OCD) unterstützt. Dieses Debug System basiert auf dem Standard NEXUS 2.0 claas 2+ und kann über ein externes Debug Tool (JTAGICE mk-II) am JTAG-Port des **EVK1100** für den Download und Trace des Programms benutzt werden.
Die Programmentwicklung erfolgt in Assembler in der integrierten Entwicklungsumgebung **IAR Embedded Workbench** unter dem MS/Windows-Betriebssystem.



Blockschaltbild des Versuchsaufbaus

2.1 Der General Purpose Input Output Controller

Der **GPIO-Controller** (General Purpose Input Output Controller) dient dem Management der Ein/Ausgabeleitungen des Mikrocontrollers. Jeder als Ein- oder Ausgang konfigurierte E/A-Pin kann wahlweise vom PIO-Controller oder den internen Peripheriemodulen angesteuert werden. Alle Konfigurationsregister sind innerhalb von 4 Ports organisiert. Das Register GPIO_OVR (output value register) fungiert als Output-Register. Über das Input-Register GPIO_PVR (pin value register) können digitale Eingangssignale von den Controller-Pins eingelesen werden. Bei entsprechender Konfiguration des externen Interrupt Controllers (EIC) kann der GPIO-Controller Interrupt Requests bei der CPU anmelden, die durch externe Ereignisse an den PINs (Flanken- oder Pegeländerungen) ausgelöst werden. Eine detaillierte Funktionsbeschreibung des GPIO-Controller liefert ATMEL im Kapitel 22 (GPIO-Controller) des AT32UC3A-Manuals, sowie in der Applikation Note AVR32111.



Blockschaltbild des AVR32 GPIO-Systems

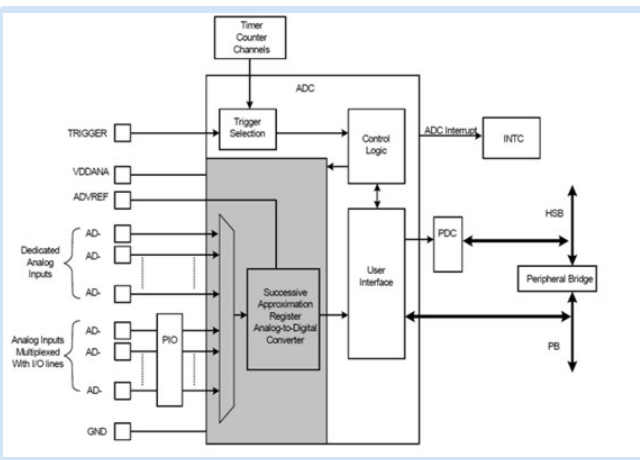
2.2 Der Analog-to-Digital Converter

Das AD-Wandlermodul (Peripheral Function A) bietet über einen Multiplexer 8 unabhängige Eingangskanäle und liefert eine Auflösung von 8 Bit (LOWRES im Mode Register) oder 10 Bit bei einer Referenzspannung (ADREF) von 3,30 V. Der Wandler arbeitet dabei nach dem Verfahren der sukzessiven Approximation.

Die Wandlung im aktiven Analogkanal kann durch Softwaretrigger (Start-Bit im Control Register) oder Hardwaretrigger (TOIA Output vom Timer/Counter oder external Trigger) gestartet werden.

Nach einer erfolgreichen Wandlung wir der 10-Bit-Wert im Channel Data Register (CDR) des jeweiligen Kanals gespeichert, sowie im Last Converted Data Register (LCDR). Das EOC-Flag im Statusregister zeigt das Ende des Wandelvorgangs an und kann einen ADC-Interrupt (Gruppe 15, Line 0) auslösen.

Eine detaillierte Funktionsbeschreibung des Analog-to-Digital Wandlers liefert ATMEL im Kapitel 33 (Analog-to-Digital Converter) des AT32UC3A-Manuals, sowie in der Applikation Note AVR32138.



Blockschaltbild des Analog-to-Digital Converters

3. Studienfragen

- 3.1. Auf Grund welcher wesentlichen Architekturmerkmale bei den RICS- und CISC-Systemen spricht man von 4 bit-, 8 bit-, 16 bit-, 32 bit-Mikrocontroller?
- 3.2. Informieren Sie sich über Programmiermodell und Registerstruktur der AVR32-CPU. Was versteht man unter einem orthogonalen Befehlssatz?
- 3.3. Wie erfolgt auf Assemblerebene der Zugriff auf die intergrierten Peripheriebasteine des gegebenen ATMEL-Controllers?
- 3.4. Erläutern Sie die Struktur der Konfigurations- und Datenregister des integrierten AD-Wandlermoduls (ADC).
- 3.5. Welche Assembler-Instruktionen sind für die ADC-Konfiguration zur Realisierung eines Digitalvoltmeters notwendig?
- 3.6. Verschaffen Sie sich einen Überblick über die GPIO-Konfigurations- und Datenregister.
- 3.7. Wie erfolgt die Konfigurierung und Ansteuerung der digitalen Ein/Ausgabe-Ports?
- 3.8. Über welche IO-Ports lassen sich die AD-Wandlerkanäle (AD[0] - AD[2]) auf dem Entwicklungsboard ansteuern?
- 3.9. Über welchen IO-Pin lassen sich die Spannungswerte des Potentiometers einlesen?
- 3.10. Erklären Sie die Arbeitsschritte von der Aufgabenstellung bis zum Echtzeittest. Erläutern Sie das Verfahren der In-Circuit-Emulation.

4. Aufgaben

- 4.1. Erzeugen Sie in Ihrem Heimatverzeichnis einen eigenen IAR-Workspace anhand der Praktikumsvorlage.
- 4.2. Mit Hilfe der vorgegebenen Funktionsbibliothek soll ein "Hello World" auf dem 4-zeilien LCD-Anzeigemodul des EVK1100-Boards ausgegen werden.
- 4.2. Erweitern Sie Ihr Assemblerprogramm für die Konfiguration der Peripheriemodule ADC und GPIO zur Realisierung eines Digitalvoltmeter mit zwei Nachkommstellen Genauigkeit. Die dezimale Anzeige (0,00 V - 3,30 V) soll auf dem LCD-Anzeigemodul des EVK1100-Boards erfolgen.

5. Literaturverweise

ATMEL EVK1100-Kit

- ATMEL AVR32 UC3 Homepage
- ATMEL EVK1100 Evaluation Kit
- ATMEL EVK1100 AT32UC3A0512
- ATMEL EVK1100 Schematics
- Application Note AVR32111: Using the AVR32 PIO Controller
- Applikation Note AVR32138: How to optimize the ADC usage on AT32UC3A
- ATMEL Manual AVR32 Microcontroller AT32UC3A
- ATMEL Manual AT32UC3A: 22. GPIO-Controller
- ATMEL Manual AT32UC3A: 33. Analog-to-Digital Converter
- ATMEL Manual AT32UC3A: 9.3 Programmiermodell
- ATMEL AVR32 Architecture Document: 2. AVR32 Programmiermodell
- ATMEL AVR32 Architecture Document: 9. AVR32 RISC Instruction Set
- ATMEL AVR32 IAR Assembler Reference Guide
- ATMEL AVR JTAG In-Circuit Emulator mk-II: Quick Start Guide
- D. Tavangarian, D. Versick: Basiswissen Rechnerstrukturen & Betriebssyteme, Verlag W3I GmbH, 2008, ISBN 3937137289, 9783937137285: 5.6. Prozessorarchitekturen
- Vorlesung IEF/MD Rechnersysteme

6. Anhang

6.1 EVK1100 - Belegung der Ein- und Ausgabeports

Alle Konfigurationsregister des GPIO-Controllers sind innerhalb von 4 Ports angeordnet. (gpio_100.h)

(gpio_100.h)

GPIO-Port	GPIO-Adresse	GPIO-Register	Peripherie
Port0	FFFF1000	GPER	PA.0 - PA.30
Port0	FFFF1004	GPERS	PA.0 - PA.30
Port0	FFFF1008	GPERC	PA.0 - PA.30
Port0	FFFF100C	GPERT	PA.0 - PA.30
Port0	...		
Port0	FFFF1060	PVR - pin value register	PA.0 - PA.30
	Port0.20		Joy-CTR, EXTINT[8], NMI
	Port0.21		Temperatursensor, AD[0]
	Port0.22		Potentiometer (0-3,30 V), AD[1]
	Port0.23		Lichtsensor, AD[2]
	Port0.25		Joy-A, links
	Port0.26		Joy-B, hoch
	Port0.27		Joy-C, runter
	Port0.28		Joy-D, rechts
Port1	FFFF1100	GPER	PB.0 - PB.31
Port1	FFFF1104	GPERS	PB.0 - PB.31
Port1	FFFF1108	GPERC	PB.0 - PB.31
Port1	FFFF110C	GPERT	PB.0 - PB.31
Port1	...		
Port1	FFFF1150	OVR - output value register	PB.0 - PB.31
Port1	FFFF1154	OVRS - ovr-set	PB.0 - PB.31
Port1	FFFF1158	OVRC - ovr-clear	PB.0 - PB.31
Port1	FFFF115C	OVRT - ovr-toggle	PB.0 - PB.31
	Port1.19		LED4
	Port1.20		LED5
	Port1.21		LED6
	Port1.22		LED7
	Port1.27		LED0
	Port1.28		LED1
	Port1.29		LED2
	Port1.30		LED3
Port2	FFFF1200	GPER	PC.0 - PC.5, PX.34 - PX.15, PX.10 - PX.5
Port2	FFFF1204	GPERS	PC.0 - PC.5, PX.34 - PX.15, PX.10 - PX.5
Port2	FFFF1208	GPERC	PC.0 - PC.5, PX.34 - PX.15, PX.10 - PX.5
Port2	FFFF120C	GPERT	PC.0 - PC.5, PX.34 - PX.15, PX.10 - PX.5
Port2	...		
Port2	FFFF1260	PVR - pin value register	
	Port2.18		Taste PB2
	Port2.21		Taste PB1
	Port2.24		Taste PB0
Port3	FFFF1300	GPER	PX.4 - PX.0, PX.39 - PX.35, PX.14 - PX.11
Port3	FFFF1304	GPERS	PX.4 - PX.0, PX.39 - PX.35, PX.14 - PX.11
Port3	FFFF1308	GPERC	PX.4 - PX.0, PX.39 - PX.35, PX.14 - PX.11
Port3	FFFF130C	GPERT	PX.4 - PX.0, PX.39 - PX.35, PX.14 - PX.11
Port4	FFFF1400	GPER	
Port4	FFFF1404	GPERS	
Port4	FFFF1408	GPERC	
Port4	FFFF140C	GPERT	

6.2 AT32UC3A - AD-Converter Register Map

Konfigurations-, Status- und Datenregister innerhalb des Analog-to-Digital-Converters (ADC). (adc_102.h)

(adc_102.h)

Adresse	Register	Name
FFFF3C00	Control Register	CR
FFFF3C04	Mode Register	MR
FFFF3C10	Channel Enable Register	CHER
FFFF3C14	Channel Disable Register	CHDR
FFFF3C18	Channel Status Register	CHSR
FFFF3C1C	Status Register	SR
FFFF3C20	Last Converted Data Register	LCDR
FFFF3C24	Interrupt Enable Register	IER
FFFF3C28	Interrupt Disable Register	IDR
FFFF3C2C	Interrupt Mask Register	IMR
FFFF3C30	Channel Data Register0	CDR0
FFFF3C34	Channel Data Register1	CDR1
FFFF3C38	Channel Data Register2	CDR2
FFFF3C3C	Channel Data Register3	CDR3
FFFF3C40	Channel Data Register4	CDR4
FFFF3C44	Channel Data Register5	CDR5
FFFF3C48	Channel Data Register6	CDR6
FFFF3C4C	Channel Data Register7	CDR7

Versuchsbetreuer
Dipl.-Ing. Th. Wegner
Büro: W1314
Tel.: 498 7267

PC-Labor
Raum: W1218
Tel.: 498 7258

Aufgabenstellung
Versuchsziel
Grundlagen
Studienfragen
Aufgaben
Literatur
Anhang

Schnelleinstieg
Publikationen
Anfahrt
Kontakt
Laborpraktikum
Lehrangebot
Highlights
Projekte