Übungen zu Systemnahe Programmierung in C (SPiC)

Moritz Strübe, Rainer Müller
(Lehrstuhl Informatik 4)

FRIEDRICH-ALEXANDER
UNIVERSITÄT
ERLANGEN-NÜRNBERG

Sommersemester 2013

Inhalt

Prolog: Windows-Login

- Zur Bearbeitung der Übungen ist ein Windows-Login nötig
- *Jetzt* Passwort setzen:
  - Im Raum 01.155 mit Linux-Passwort einloggen
  - Ein Terminalprogramm öffnen und dort folgendes Kommando ausführen:
    `/local/ciptools/bin/setsambapw`
    (hängt auch auf einem Zettel auf der Wand zum Raum 01.155-N)
- Kriterien für sicheres Passwort:
  - Mindestens 8 Zeichen, besser 10
  - Mindestens 3 Zeichensorten, besser 4 (Großbuchstaben, Kleinbuchstaben, Zahlen, Zeichen)
  - Keine Wörterbuch-Wörter, Namen, Login etc.
- Passwort-Generierung zum Aussuchen mit folgendem Kommando:
  `pwgen -s 12`

Organisatorisches: Tafelübungen

- Tafelübungen:
  - Besprechung der alten Aufgabe mit Lösungsvorstellung durch Studenten, Hinweis auf häufig gemachte Fehler
  - Keine Anwesenheitspflicht; trotzdem Anwesenheitsliste, da es bei unentschuldigter Abwesenheit bei Lösungsvorstellung ggf. 0 Punkte auf die Aufgabe gibt
  - Ebenfalls 0 Punkte bei "abgeschriebenen" Lösungen; Lösung wird automatisch auf Ähnlichkeit mit allen anderen, auch älteren Lösungen verglichen
  - Vorstellung der neuen Aufgabe, ggf. gemeinsame Entwicklung einer Lösungsskizze
  - Termine: `http://www4.cs.fau.de/Lehre/SS13/V_SPIC/#woch`
  - Wochenrhythmus: `http://www4.cs.fau.de/Lehre/SS13/V_SPIC/#sem`
- Exakte Zeit dieser Tafelübung: ab XX:00, XX:15 oder XX:30?

Organisatorisches: Reine Rechnerübungen

- Reine Rechnerübungen (Raum: 01.153):
  - Unterstützung durch Übungsleiter bei der Aufgabenbearbeitung
  - Falls 30 Minuten nach Beginn der Rechnerübung (also um XX:45) niemand anwesend ist, kann der Übungsleiter gehen.
  - Termine:
    `http://www4.cs.fau.de/Lehre/SS13/V_SPIC/#woch`

Organisatorisches: Bonuspunkte

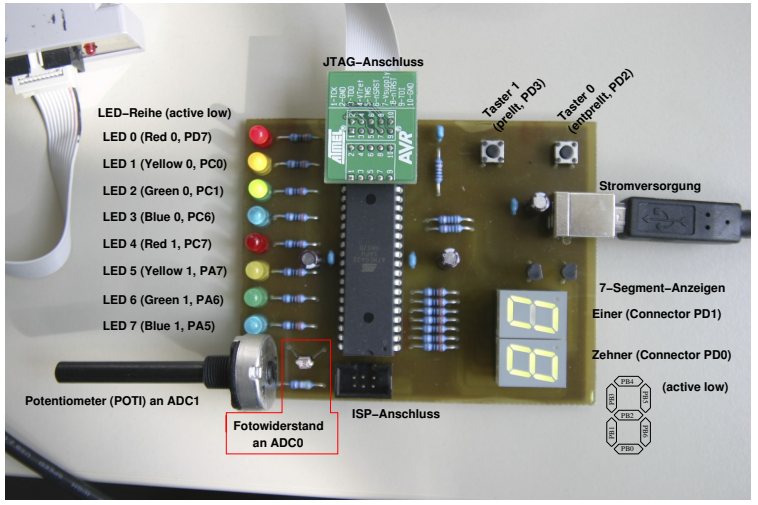
- Bonuspunkte:
  - Abgegebene Aufgaben werden bepunktet
  - Umrechnung in Bonus für die Klausur (bis zu 10% der Punkte oder 0,7 Notenpunkte)
  - *Bestehen* der Klausur durch Bonuspunkte nicht möglich
  - Bonuspunkte oder -note gibt es ab der Hälfte der erreichbaren Übungspunkte

Organisatorisches: Bei Problemen

- Diese Folien konsultieren
- Häufig gestellte Fragen (FAQ) und Antworten (werden laufend erweitert):
  `http://www4.cs.fau.de/Lehre/SS13/V_SPIC/Uebung/faq.shtml`
- Fragen zu Übungsaufgaben im EEI-Forum posten; Übungsleiter lesen mit und antworten, falls Studenten nicht oder falsch antworten:
  `http://eei.fsi.uni-erlangen.de/forum/forum/16`
- Bei speziellen Fragen Mail an Mailingliste, die alle Übungsleiter erreicht:
  i4spic@cs.fau.de
  ⇒ Zum Beispiel auch, wenn kein Übungleiter auftaucht

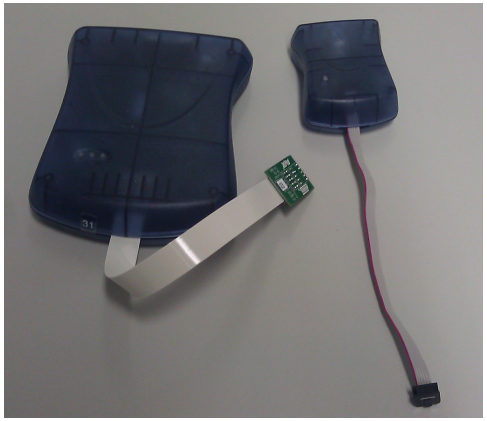
Hardware-Entwicklungsumgebung / SPiCboard

- Speziell für (G)SPiC angefertigte SPiCboards mit AVR-ATmega32-Mikrocontroller (hier: 1 MHz)



Hardware-Entwicklungsumgebung / Werkzeuge

- JTAG-Debugger (links) zur Überwachung der Programmausführung direkt auf dem Board (z. B. Schritt-für-Schritt-Ausführung, Untersuchung von Variablenwerten etc.)
- ISP-Programmierer (rechts) zur Übertragung des eigenen Programms auf den Mikrocontroller



Hardware-Entwicklungsumgebung / Aufgaben

- Betreute Bearbeitung der Aufgaben während der Tafel und Rechnerübungen
  - ⇒ Hardware wird zur Verfügung gestellt
- Selbständige Bearbeitung teilweise nötig
  - Eigenes SPiCboard: Anfertigung am Lötabend
  - Eigener Programmierer: Kauf am Lötabend oder gebraucht im Forum:

  `http://eei.fsi.uni-erlangen.de/forum/post/3208`
- Ausleihe von SPiCboard, Kabeln und Programmierer/Debugger tagsüber möglich:
  - Bei Harald Junggunst, Büro 0.046 (Erdgeschoss RRZE-Gebäude)
  - Übliche Bürozeiten: von 8:00 bis 15:00
  - `http://www4.cs.fau.de/~jungguns/`
- In 01.155N befinden sich weitere Windows-Rechner

Software-Umgebung: Bibliothek

- `libspicboard`: Funktionsbibliothek zur einfachen Ansteuerung der Hardware
- Beispiel: `sb_led_on(GREEN0);` schaltet 1. grüne LED an
- Direkte Konfiguration der Hardware durch Anwendungs-programmierer nicht nötig
- Verwendung vor allem bei den ersten Aufgaben, später muss `libspicboard` teils selbst implementiert werden
- Dokumentation online:

  `http://www4.cs.fau.de/Lehre/SS13/V_SPIC/Uebung/doc`

Software-Umgebung: Verzeichnisse (1)

- Projektverzeichnis pro Student:
  - Unter Linux: `/proj/i4spic/LOGINNAME/`
  - Unter Windows: `P:\`
  - Lösungen in Unterverzeichnissen `aufgabeX` entwickeln; Abgabeprogramm sucht dort
  - Verzeichnis nur durch den Studenten lesbar
  - Erzeugung automatisch nach Waffel-Anmeldung innerhalb eines Tages
- Heimverzeichnis:
  - Entspricht dem Heimverzeichnis ~ unter Linux
  - Unter Windows: `H:\`

Software-Umgebung: Verzeichnisse (2)

- Vorgabeverzeichnis für alle Studenten:
  - Unter Linux: `/proj/i4spic/pub/`
  - Unter Windows: `Q:\`
  - Aufgabenstellungen unter `aufgaben/`
  - Hilfsmaterial und Binärmusterlösungen zu einzelnen Übungsaufgaben unter `aufgabeX/`
  - Programm zum Testen der Einheiten auf den Boards unter `boardtest/`
  - `libspicboard`-Bibliothek und -Dokumentation unter `i4/`
  - Kleine Hilfsprogramme unter `tools/`
- Falls eines der Verzeichnisse `H:\`, `P:\`, `Q:\` nicht angezeigt wird:
  - Windows Explorer – Computer – Netzlaufwerk verbinden
  - `H:\` unter `\\faui03\LOGINNAME`
  - `P:\` unter `\\faui03\i4spichome`
  - `Q:\` unter `\\faui03\i4spicpub`

Software-Umgebung: AVR Studio

- Programmentwicklung unter AVR Studio 5.1 von Atmel unter Windows
- Vereint Editor, Compiler und Debugger in einer Umgebung
- Compiler: Cross-Compiler, der bei Ausführung auf Intel-PC Programme für AVR-Mikrocontroller erstellt

Software-Umgebung: AVR-Studio-Einrichtung

- Start von AVR Studio über: Start ⇝ Alle Programme ⇝ Atmel AVR Tools ⇝ AVR Studio 5.1
- Falls Windows-Firewall einige Funktionen blockiert, auf “Abbrechen” klicken
- Importieren der Projektvorlage (einmalig):
  - File ⇝ Import ⇝ Project Template...
  - `Q:\tools\SPiC_Template.zip`
  - Add to folder: `<Root>`
  - OK

⇒ Successfully imported project template

Software-Umgebung: AVR-Studio-Projekt

- Pro Übungsaufgabe ein neues Projekt anlegen:
  - File ⇝ New ⇝ Project...
  - Projekttyp: `(G)SPiC-Projekt`
  - Name: `aufgabeX`, jetzt `aufgabe0` (Achtung: Kleinschreibung!)
  - Location: `P:\`
  - Wichtig: Kein Häkchen bei “Create directory for solution”
  - OK
- Initiale C-Datei zu Projekt hinzufügen:
  - Rechts Solution Explorer auswählen und dort orangefarbenes Projekt auswählen
  - Project ⇝ Add New Item...
  - Dateityp: C File
  - Name: siehe Aufgabenstellung, jetzt `test.c` (Achtung: Kleinschreibung!)
  - Add

Software-Umgebung: Programmieren (1)

- Auf Mikrocontrollern ist die `main()`-Funktion normalerweise vom Typ `void main(void);`
- Sollte niemals zurückkehren (wohin?), daher kein Rückgabewert
- Beispielprogramm, um erste grüne LED einzuschalten:

```
1 #include <led.h>
2
3 void main(void) {
4     sb_led_on(GREEN0);
5     while(1) { /* Endlosschleife */
6     }
7 }
```

- Programm kompilieren mit Build ⇝ Build Solution

⇒ Kompilierendes Programm nur, wenn unten steht: `Build succeeded.`

⇒ Fehlermeldungen erscheinen ggf. unten

Software-Umgebung: Programmieren (2)

- *Achtung:* Zwei verschiedene Compiler-Profile: `Build` und `Debug`
- Unterschied: `Build` optimiert den entstehenden Binärcode, `Debug` nicht
- Letztendlich soll jede Aufgabe mit `Build` kompiliert und getestet werden

⇒ *Die `Build`-Konfiguration wird von uns bewertet!*

- Nur zu Debug-Zwecken während der Entwicklung soll ggf. die `Debug`-Konfiguration verwendet werden
- Beispiel: Compiler optimiert bei `Build` überflüssige Codezeile weg; Debugger kann deswegen dort nicht an einem Breakpoint anhalten
- Umstellung des Profils in Drop-Down-Box rechts neben dem Play-Button in der Werkzeugleiste

Software-Umgebung: Debuggen (1)

- JTAG-Debugger zum Untersuchen des Programmablaufs “live” auf dem Board
- Debugger auswählen:
  - Project ⇝ aufgabeX Properties
  - Tool ⇝ Selected Debugger ⇝ JTAGICE mkII
  - JTAG Clock: 200,00 kHz
  - File ⇝ Save Selected Items
- Direkt in den Speicher kopieren und laufen lassen: Debug ⇝ Continue (F5)
- (Beim ersten Mal ggf. Firmware-Upgrade durchführen lassen.)

Software-Umgebung: Debuggen (2)

- Programm laden und beim Betreten von `main()` anhalten: Debug ⇝ Start Debugging and Break
- Schrittweise abarbeiten mit
  - F10 (Step Over): Funktionsaufrufe werden in einem Schritt bearbeitet
  - F11 (Step Into): Bei Funktionsaufrufen wird die Funktion betreten
- Debug ⇝ Windows ⇝ I/O View: I/O-Ansicht gibt Einblick in die Zustände der I/O-Register; die Werte können dort auch direkt geändert werden
- Breakpoints unterbrechen das Programm einer bestimmen Stelle
  - Setzen durch Codezeile anklicken, dann F9 oder Debug ⇝ Toggle Breakpoint
  - Programm laufen lassen (F5 oder Debug ⇝ Continue): stoppt, wenn ein Breakpoint erreicht wird

Software-Umgebung: Flashen mit Programmierer

- Flashen: Kompiliertes Programm in den Speicher des Mikrocontrollers kopieren
- Analog zum Debuggen
- Programmierer auswählen:
  - Project ⇝ aufgabeX Properties
  - Tool ⇝ Selected Debugger ⇝ AVRISP mkII
  - ISP Clock: 150,00 kHz
  - File ⇝ Save Selected Items
- Direkt in den Speicher kopieren und laufen lassen: Debug ⇝ Continue (F5)
- (Beim ersten Mal ggf. Firmware-Upgrade durchführen lassen.)

Software-Umgebung: Binärabbild flashen

- Nötig, um vorgefertigte Binärabbilder (`.hex`-Images) zu testen, z. B. Binärmusterlösungen unter `Q:\aufgabeX`
- Möglich mit Debugger (ICE) oder Programmierer (ISP)
  - Tools ⇝ AVR Programming
  - Tool: JTAGICE mkII bzw. AVRISP mkII
  - Device: ATmega32
  - Interface: JTAG bzw. ISP
  - Apply
  - Verbindung überprüfen mit Device ID – Read

  ⇝ Ergebnis: `0x1E 0x95 0x02`

  ⇒ Eignet sich gut um schnell die Verbindung zwischen PC und µC zu testen
  - Memories ⇝ Flash: `.hex`-Datei auswählen
  - Program
- Nach erfolgreichem Flashen führt das Board das Programm direkt aus
- Ein Neustart des Programms ist durch Trennung und Wiederherstellung der USB-Stromversorgung möglich

Software-Umgebung: Abgeben (1)

- Nach erfolgreichem Testen des Programms müssen Übungslösungen zur Bewertung abgegeben werden
- Wichtig: Bei Zweiergruppen darf nur ein Partner abgeben!
- Die Abgabe erfolgt unter einer Linux-Umgebung per Remote Login:
  - Start ⇝ Alle Programme ⇝ PuTTY ⇝ PuTTY
  - Host Name: `faui0sr0` bzw. von Zuhause `faui0sr0.cs.fau.de`
  - Open
  - PuTTY Security Alert mit "Ja" bestätigen
  - Login mit Benutzername und Linux-Passwort
- Im erscheinenden Terminal-Fenster folgendes Kommando ausführen, dabei `aufgabe0` entsprechend ersetzen:

  `/proj/i4spic/bin/submit aufgabe0`
- Wichtig: Grüner Text signalisiert erfolgreiche Abgabe, roter Text einen Fehler!

Software-Umgebung: Abgeben (2)

- Anzeige der abgegebenen Aufgabe, dabei `aufgabe0` entsprechend ersetzen:

  `/proj/i4spic/bin/show-submission aufgabe0`
- Zeigt abgegebene Version an
- Zeigt ggf. Unterschied zwischen abgegebener Version und Version im Projektverzeichnis `P:\aufgabeX` an