Übungen zu Systemnahe Programmierung in C (SPiC) – Wintersemester 2019/2020

Übung 1

Benedict Herzog
Bernhard Heinloth
Tim Rheinfels

Lehrstuhl für Informatik 4
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Lehrstuhl für Verteilte Systeme und Betriebssysteme

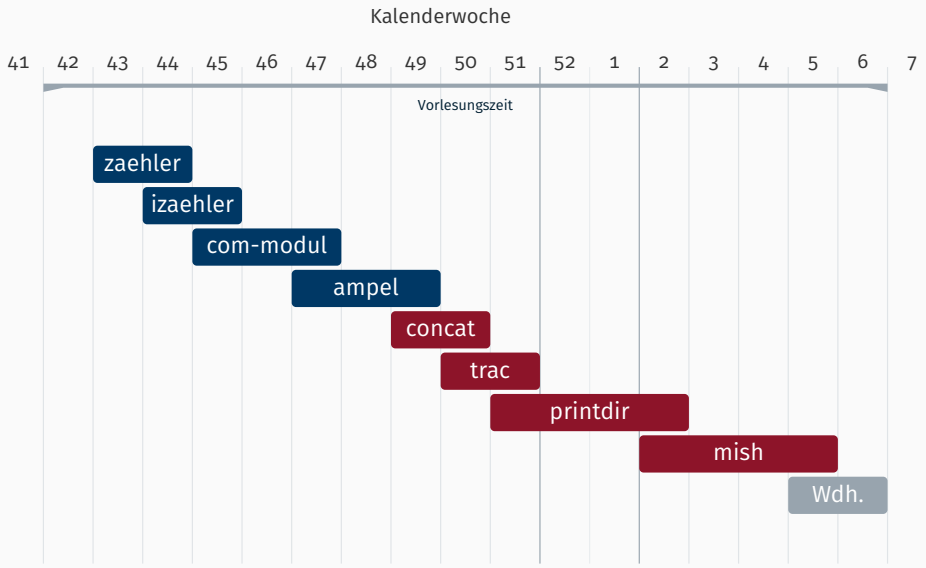
FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG
TECHNISCHE FAKULTÄT

Organisatorisches

Tafelübungen

- Ablauf der Tafelübungen:
  1. Besprechung der alten Aufgabe
  2. Praxisnahe Vertiefung des Vorlesungsstoffes
  3. Vorstellung der neuen Aufgabe
  4. ggf. Entwicklung einer Lösungsskizze der neuen Aufgabe
  5. Hands-on: gemeinsames Programmieren
- Folien nicht unbedingt zum Selbststudium geeignet
  → Anwesenheit, Mitschrift
- Übersicht aller SPiC-Termine:
  `https://www4.cs.fau.de/Lehre/WS19/V_SPIC/#woch`
- Semesterplan:
  `https://www4.cs.fau.de/Lehre/WS19/V_SPIC/#sem`

Aufgaben



GSPiC

- Studierende die GSPiC belegen müssen nur die Mikrocontroller-Aufgaben abgeben
  - ⟶ zaehler, izaehler, com, ampel
- Freiwillige Teilnahme an den Linux-Aufgaben ist selbstverständlich möglich
- Empfehlung: Letzte bzw. letzten Übungen zur Klausurvorbereitung

Lösungen

- Abgabe unter Linux
- automatische Plagiatsprüfung
  - Vergleich mit allen anderen (auch älteren) Lösungen
  - abgeschriebene Lösungen bekommen 0 Punkte
  - ⇒ Im Zweifelsfall beim Übungsleiter melden
- Punktabzug
  - -1 Punkt je Compilerwarnung
  - -50% der möglichen Punkte falls nicht übersetzbar
- (hilfreiche) Kommentare im Code helfen euch und dem Korrektor

Bonuspunkte

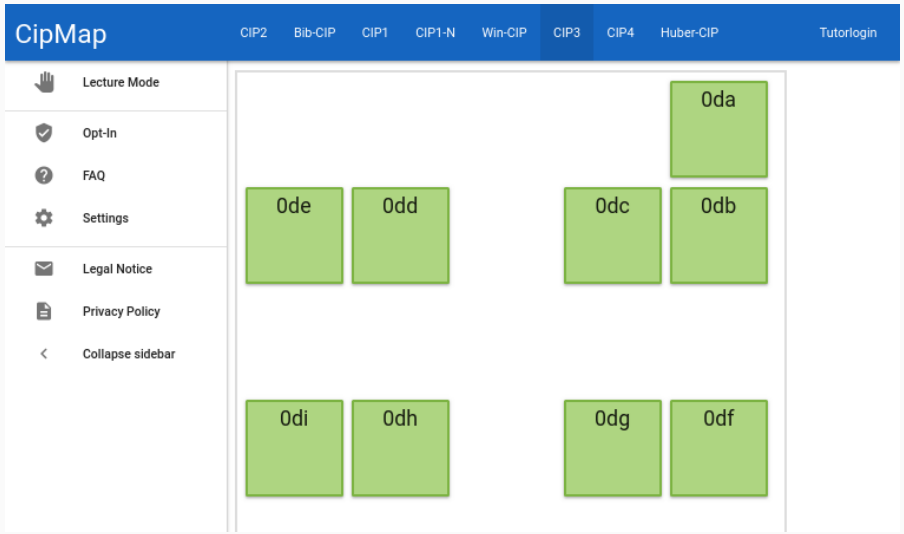
- abgegebene Aufgaben werden mit Übungspunkten bewertet
- ab 50% der erreichbaren Übungspunkte gibt es Bonuspunkte für die Klausur
- Umrechnung der Übungspunkte in Bonuspunkte für die Klausur (bis zu 10% der Punkte)
  - ⟶ Beispiel: 100% der Übungspunkte führen bei 90 möglichen Klausurpunkten zu 9 Bonuspunkten
- Bestehen der Klausur durch Bonuspunkte *nicht möglich*
- Bonuspunkte nicht in nächste Semester übertragbar

Rechnerübungen

- Rechnerübungen im Raum 01.153-113
- Unterstützung durch Übungsleiter bei der Aufgabenbearbeitung
- Falls 30 Minuten nach Beginn der Rechnerübung niemand anwesend ist, kann der Übungsleiter gehen
- Termine auf der Webseite:

  `https://www4.cs.fau.de/Lehre/WS19/V_SPIC/#woch`

CipMap



Anfragen via CipMap stellen

1. Besuche die Seite cipmap.cs.fau.de
2. Wähle den Raum der Rechnerübung aus (z.B. 01.153-113)
3. Klicke auf *Lecture Mode*.
   - **farbiger Rechner:** Hat einen Request gestellt
   - **grauer Rechner:** Kein Request gestellt
4. Durch einen Klick auf *Request Tutor* wird deine Anfrage in die Warteschlange eingereiht
5. Nachdem deine Frage beantwortet wurde: Schaltfläche erneut klicken, um die Anfrage zurückzuziehen

Bitte beachte:

- Anfragen können nur während einer Übung gestellt werden
- Loggst du dich aus, werden deine Requests gelöscht

Bei Problemen

- Folien konsultieren
- Häufig gestellte Fragen (FAQ) und Antworten:

  `https://www4.cs.fau.de/Lehre/WS19/V_SPIC/SPiCboard/faq.shtml`
- Fragen zu Übungsaufgaben im EEI-Forum posten (darf auch von anderen Studienrichtungen verwendet werden)

  `https://eei.fsi.uni-erlangen.de/forum/forum/16`
- Darüber hinaus gehende Fragen:

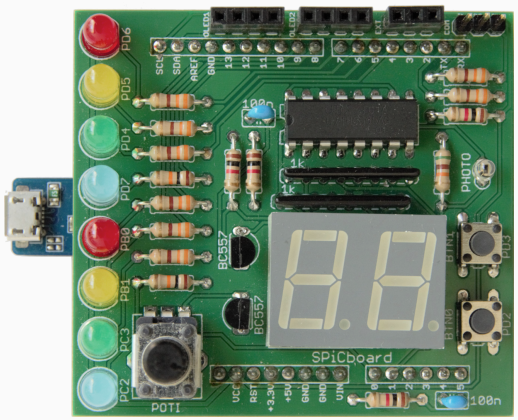
  Inhaltliche Fragen (Tutoren):
  i4spic@lists.cs.fau.de

  Organisatorische Fragen (Mitarbeiter):
  i4spic-orga@lists.cs.fau.de

Entwicklungsumgebung

Hardware: SPiCboard

- **ATmega328PB Xplained Mini:**
  Mikrocontroller-Board mit integriertem Programmer/Debugger
- Speziell für SPiC angefertigte **SPiCboard**s als Erweiterungsplatine



Aufgabenbearbeitung

- Betreute Bearbeitung der Aufgaben während der Rechnerübung
  ⇒ Hardware wird während der Übung zur Verfügung gestellt
- Selbständige Bearbeitung teilweise nötig
  - eigenes SPiCboard: Anfertigung am Lötabend (nur im Sommersemester)
  - SPiCboard Simulator: `SPiCsim`

Funktionsbibliothek

- `libspicboard`: Funktionsbibliothek zur 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:

  `https://www4.cs.fau.de/Lehre/WS19/V_SPIC/SPiCboard/libapi.shtml`

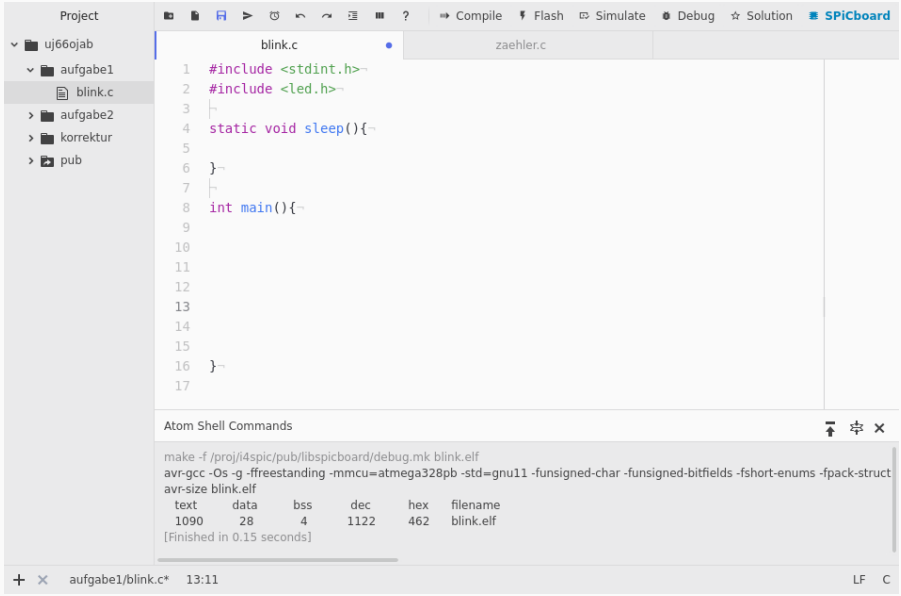
Wichtige Verzeichnisse

- Vorgabeverzeichnis `/proj/i4spic/pub/`
  - Hilfsmaterial zu jeder Übungsaufgabe unter `aufgabeX/`
  - die Vorlesungsfolien in `vorlesung/`
  - die Übungsfolien in `uebung/`
  - `libspicboard` mit Dokumentation sowie minimalen Beispiel
  - Hilfestellung zur Programmiersprache *C*

Wichtige Verzeichnisse

- Vorgabeverzeichnis `/proj/i4spic/pub/`
  - Hilfsmaterial zu jeder Übungsaufgabe unter `aufgabeX/`
  - die Vorlesungsfolien in `vorlesung/`
  - die Übungsfolien in `uebung/`
  - `libspicboard` mit Dokumentation sowie minimalen Beispiel
  - Hilfestellung zur Programmiersprache *C*
- Projektverzeichnis
  - `/proj/i4spic/<login>/`
  - Lösungen hier in Unterordnern `aufgabeX` speichern
    - ⇒ das Abgabeprogramm sucht (nur) dort
  - für andere nicht lesbar
  - wird automatisch erstellt
  - enthält symbolische Verknüpfung zum Vorgabeverzeichnis

Der Editor



Der Editor

- im Startmenü unter *FAU Courses* Eintrag *SPiC-IDE*
- speziell für SPiC entwickelt, basierend auf Atom
- vereint Editor, Compiler und Debugger in einer Umgebung
- Cross-Compiler zur Erzeugung von Programmen für unterschiedliche Architekturen
  - Wirtssystem (engl. host): Intel-PC
  - Zielsystem (engl. target): AVR-Mikrocontroller
- detaillierte Anleitung auf `https://www4.cs.fau.de/Lehre/WS19/V_SPIC/SPiCboard/cip.shtml`

Anleitung

CIP-Login

- Für die Benutzung der CIP Infrastruktur (und damit des Abgabesystems) ist ein CIP Login nötig

  Bei Problemen bitte an die CIP Admins wenden
- Kriterien für sicheres Passwort:
  - Mindestens 8 Zeichen, besser 10
  - Mindestens 3 Zeichensorten, besser 4 (Groß-, Kleinbuchstaben, Zahlen, Sonderzeichen)
  - Keine Wörterbuchwörter, Namen, Login, etc.

Abgabe 1/2

- Spätestens nach erfolgreichem Testen des Programms müssen Übungslösungen zur Bewertung abgegeben werden
- Bei Zweiergruppen darf nur ein Partner abgeben!
  - Der Partner muss aus der selben Gruppe sein
  - Bei der Abgabe wird der Partner-Login hinterlegt
- Abgabe entweder per SPiC IDE Button oder
- Terminal-Fenster öffnen und folgendes Kommando ausführen (`aufgabeX` entsprechend ersetzen):

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

Abgabe 2/2

- Fehlerursachen
  - Notwendige Dateien liegen nicht im richtigen Ordner
  - `aufgabeX` muss klein geschrieben sein
  - `.c`-Datei falsch benannt
  - Abgabetermin verpasst
- Nützliche Tools
  - Quelltext der abgegebenen Aufgabe anzeigen:
    `/proj/i4spic/bin/show-submission aufgabeX`
  - Unterschiede zwischen abgegebener Version und Version im Projektverzeichnis `/proj/i4spic/<login>` anzeigen:
    `/proj/i4spic/bin/show-submission aufgabeX -d`
  - Eigenen Abgabetermin anzeigen:
    `/proj/i4spic/bin/get-deadline aufgabeX`

Variablen

Verwendung von `int`

- Die Größe von `int` ist nicht genau definiert
- zum Beispiel beim ATmega328PB: 16 bit
  - ⇒ Gerade auf µC führt dies zu Fehlern und/oder langsameren Code
- Für die Übung gilt
  - Verwendung von `int` ist ein Fehler
  - Stattdessen: Verwendung der in der `stdint.h` definierten Typen: `int8_t`, `uint8_t`, `int16_t`, `uint16_t`, etc.
- Wertebereich
  - `limits.h`: `INT8_MAX`, `INT8_MIN`, ...
- Speicherplatz ist sehr teuer auf µC (SPiCboard/ATmega328PB hat nur 2048 Byte SRAM)

⇝ Nur so viel Speicher verwenden, wie tatsächlich benötigt wird!

Typedefs & Enums

```
01 #define PB3 3
02 typedef enum {
03     BUTTON0 = 0,
04     BUTTON1 = 1
05 } BUTTON;
06
07 void main(void) {
08     /* ... */
09     PORTB |= (1 << PB3); // nicht (1 << 3)
10
11     BUTTONSTATE old, new; // nicht uint8_t old, new;
12
13     // Deklaration: BUTTONSTATE sb_button_getState(BUTTON btn);
14     old = sb_button_getState(BUTTON0); // nicht
       ↪ sb_button_getState(0)
15     /* ... */
16 }
```

- Vordefinierte Typen verwenden
- Explizite Zahlenwerte nur verwenden, wenn notwendig

Compileroptimierung

Compileroptimierung: Hintergrund

- AVR-Mikrocontroller, sowie die allermeisten CPUs, können ihre Rechenoperationen nicht direkt auf Variablen ausführen, die im Speicher liegen
- Ablauf von Operationen:
  1. **Laden** der Operanden aus dem Speicher in Prozessorregister
  2. **Ausführen** der Operationen in den Registern
  3. **Zurückschreiben** des Ergebnisses in den Speicher

  ⇒ Detaillierte Behandlung in der Vorlesung
- Der Compiler darf den Code nach Belieben ändern, solange der "globale" Zustand beim Verlassen der Funktion gleich bleibt
- Optimierungen können zu drastisch schnellerem Code führen

Compileroptimierung: Beispiele

- Typische Optimierungen:
  - Beim Betreten der Funktion wird die Variable in ein Register geladen und beim Verlassen in den Speicher zurückgeschrieben
  - Redundanter und “toter” Code wird weggelassen
  - Die Reihenfolge des Codes wird umgestellt
  - Für automatic Variablen wird kein Speicher reserviert; es werden stattdessen Prozessorregister verwendet
  - Wenn möglich, übernimmt der Compiler die Berechnung (Konstantenfaltung): `a = 3 + 5;` wird zu `a = 8;`
  - Der Wertebereich von automatic Variablen wird geändert: Statt von `0` bis `10` wird von `246` bis `256` (`= 0` für `uint8_t`) gezählt und dann geprüft, ob ein Überlauf stattgefunden hat

Compileroptimierung: Beispiel (1)

```
01 void wait(void) {
02   uint8_t u8 = 0;
03   while(u8 < 200) {
04     u8++;
05   }
06 }
```

- Inkrementieren der Variable `u8` bis `200`
- Verwendung z.B. für aktive Warteschleifen

Compileroptimierung: Beispiel (2)

- Assembler ohne Optimierung

```
01 ; void wait(void){
02 ; uint8_t u8;
03 ; [Prolog (Register sichern, Y initialisieren, etc)]
04 rjmp while      ; Springe zu while
05 ; u8++;
06 addone:
07 ldd r24, Y+1    ; Lade Daten aus Y+1 in Register 24
08 subi r24, 0xFF  ; Ziehe 255 ab (addiere 1)
09 std Y+1, r24    ; Schreibe Daten aus Register 24 in Y+1
10 ; while(u8 < 200)
11 while:
12 ldd r24, Y+1    ; Lade Daten aus Y+1 in Register 24
13 cpi r24, 0xC8   ; Vergleiche Register 24 mit 200
14 brcs addone     ; Wenn kleiner, dann springe zu addone
15 ;[Epilog (Register wiederherstellen)]
16 ret             ; Kehre aus der Funktion zurück
17 ;}
```


Compileroptimierung: Beispiel (3)

- Assembler mit Optimierung

```
01 ; void wait(void){
02 ret             ; Kehre aus der Funktion zurück
03 ; }
```

- Die Schleife hat keine Auswirkung auf den Zustand

⇝ Die Schleife wird komplett wegoptimiert

Schlüsselwort volatile

- Variable können als `volatile` (engl. unbeständig, flüchtig) deklariert werden

⇝ Der Compiler darf die Variable nicht optimieren:

  - Für die Variable muss **Speicher reserviert** werden
  - Die **Lebensdauer** darf nicht verkürzt werden
  - Die Variable muss vor jeder Operation aus dem **Speicher geladen** und danach ggf. wieder in diesen zurückgeschrieben werden
  - Der **Wertebereich** der Variable darf nicht geändert werden

- Einsatzmöglichkeiten von `volatile`:
  - Warteschleifen: Verhinderung der Optimierung der Schleife
  - nebenläufigen Ausführungen (später in der Vorlesung)
    - Variable wird im Interrupthandler und der Hauptschleife verwendet
    - Änderungen an der Variable müssen "bekannt gegeben werden"
  - Zugriff auf Hardware (z.B. Pins) ⇝ wichtig für das LED Modul
  - (Debuggen: der Wert wird nicht wegoptimiert)

Aufgabe: Zähler

Aufgabenbeschreibung: Zähler

- Automatisches Hochzählen mit einer über das Potentiometer einstellbare Geschwindigkeit
- Anzeige erfolgt über 7-Segmentanzeige und LEDs
  - LEDs zu Beginn aus
  - Hunderterstelle durch LED visualisieren: `LED0` ≙ 100, `LED1` ≙ 200, etc.
  - bei Verlassen des anzeigbaren Wertebereichs Zähler zurücksetzen
- Bibliotheksfunktionen für Potentiometer, 7-Segmentanzeige und LED – Dokumentation auf der Webseite unter `https://www4.cs.fau.de/Lehre/WS19/V_SPIC/SPiCboard/libapi.shtml`

Verwendung von Modulo

- Modulo ist der Divisionsrest einer Ganzzahldivision
- **Achtung**: In C ist das Ergebnis im negativen Bereich auch negativ
- Beispiel:

```
b = a % 4;
```

a =	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
b =	-1	0	-3	-2	-1	0	1	2	3	0	1	2

Hands-on: Signallampe

- Morsesignale über LED 0 ausgeben
- Steuerung über Taster 1
- Nutzung der Bibliotheksfunktionen für Button und LED
- Dokumentation der Bibliothek:
  `https://www4.cs.fau.de/Lehre/WS19/V_SPIC/SPiCboard/libapi.shtml`