

Übungen zu Systemnahe Programmierung in C (SPiC) – Sommersemester 2026

Übung 1

Arne Vogel
Maxim Ritter von Onciul
Eva Dengler

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



Lehrstuhl für Informatik 4
Systemsoftware



Friedrich-Alexander-Universität
Technische Fakultät

Organisatorisches



- 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
- Semesterplan und Übersicht aller SPiC-Termine:
<https://sys.cs.fau.de/spic-kalender>

Kalenderwoche

16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29

Vorlesungszeit

blink

snake

led-modul

spiel

solar

concat

p.-dir

mish

- Studierende, die GSPiC belegen, müssen nur die Mikrocontroller-Aufgaben abgeben
→ blink, snake, led-modul, spiel, solar
- Freiwillige Teilnahme an den Linux-Aufgaben ist selbstverständlich möglich
- Empfehlung: Letzte bzw. letzten Übungen zur Klausurvorbereitung



- Abgabe unter Linux
- Automatische Plagiatsprüfung
 - Vergleich mit allen anderen (auch älteren) Lösungen
 - abgeschriebene Lösungen bekommen 0 Punkte

⇒ Im Zweifelsfall beim Übungsleiter:in melden
- Punkte
 - 100% für ausgezeichnete Abgaben + Abgabegespräche
 - 80% für Abgaben + Abgabegespräche
 - 0% für LLM oder offensichtlich falsche Abgaben
- (Hilfreiche) Kommentare im Code helfen euch und dem Korrektor bei der Abgabe
- Anmeldung zur Abgabe via StudOn



- Abgegebene Aufgaben werden mit Übungspunkten bewertet
- Ab 20% der erreichbaren Übungspunkte gibt es Bonuspunkte für die Klausur
- Ab 80% der erreichbaren Übungspunkte gibt es die vollen Bonuspunkte
- Umrechnung der Übungspunkte in Bonuspunkte für die Klausur (bis zu 10% der Punkte)
 - Beispiel: 80% der Übungspunkte führen bei 90 möglichen Klausurpunkten zu 9 Bonuspunkten
- Bestehen der Klausur durch Bonuspunkte *nicht möglich*
- Bonuspunkte nicht ins nächste Semester übertragbar



- Raum der Rechnerübungen: 01.153-113 (WinCIP)
- Unterstützung durch Übungsleiter:in bei der Aufgabenbearbeitung
Freie Plätze nach dem „First come, first served“-Prinzip
- Falls 30 Minuten nach Beginn der Rechnerübung niemand anwesend ist, kann der Übungsleiter:in gehen
- Termine auf der Webseite:
<https://sys.cs.fau.de/lehre/ss26/spic/>



Zeit	Mo.	Di.	Mi.	Do.	Fr.
08:15–09:45			R06		
10:15–11:45	R00		R07		R10
12:15–13:45	R01				
14:15–15:45	R02	R04			
16:15–17:45	R03	R05	R08	R09	R11

R03 nur mit englisch-sprachigem Tutor.



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

<https://sys.cs.fau.de/lehre/ss26/spic/uebung/spicboard/faq>

- Fragen zum Stoff gerne im StudOn Forum:

<https://www.studon.fau.de/studon/go/frm/6915252>

- Darüber hinaus gehende Fragen:

Inhaltliche Fragen (Tutoren):

i4spic@lists.cs.fau.de

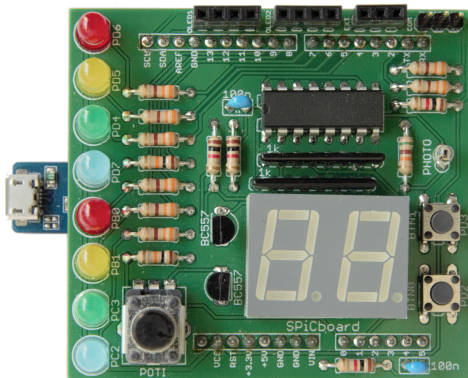
Organisatorische Fragen (Mitarbeiter):

i4spic-orga@lists.cs.fau.de

Chat für euren Austausch:

<https://to.chat.fau.de/#/room/#spic:fau.de>

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



- **SPiCsim:**
Simuliert ATmega328PB und SPiCBoard
- Erlaubt Aufzeichnung und Darstellung der Signale

boardtest.elf on atmega328pb (16 MHz / 5.0 V): 172.940.385 cycles (running)



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



- `libspicboard`: Funktionsbibliothek zur Ansteuerung der Hardware
Beispiel: `sb_led_on(GREEN0)`; schaltet 1. grüne LED an
- Direkte Konfiguration der Hardware durch Anwendungsprogrammierer nicht nötig
- Verwendung vor allem bei den ersten Aufgaben, später muss `libspicboard` teils selbst implementiert werden
- Dokumentation online:
<https://sys.cs.fau.de/lehre/ss26/spic/uebung/spicboard/libapi>



- Vorgabeverzeichnis `/proj/i4spic/<idm-login>/pub/`
 - Hilfsmaterial zu jeder Übungsaufgabe unter `aufgabeX/`
 - `libspicboard` mit Dokumentation sowie minimalem Beispiel
 - Die Vorlesungsfolien in `vorlesung/`
 - Die Übungsfolien in `uebung/`
 - Hilfestellung zur Programmiersprache C



- Vorgabeverzeichnis `/proj/i4spic/<idm-login>/pub/`
 - Hilfsmaterial zu jeder Übungsaufgabe unter `aufgabeX/`
 - `libspicboard` mit Dokumentation sowie minimalem Beispiel
 - Die Vorlesungsfolien in `vorlesung/`
 - Die Übungsfolien in `uebung/`
 - Hilfestellung zur Programmiersprache C
- Projektverzeichnis
 - `/proj/i4spic/<idm-login>/`
 - Lösungen hier in Unterordnern `aufgabeX` speichern
 - ⇒ Das Abgabeprogramm sucht (nur) dort
 - Für andere nicht lesbar
 - Wird automatisch erstellt
 - Enthält symbolische Verknüpfung zum Vorgabeverzeichnis



The screenshot shows the Atom text editor with the following content:

```
blink.c  
1 #include <stdint.h>  
2 #include <led.h>  
3  
4 static void sleep(void) {  
5  
6 }  
7  
8 void main(void) {  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16 }  
17
```

The status bar at the bottom indicates the file path: `aufgabe1/blink.c`, encoding: `UTF-8`, line: `0`, column: `0`, and time: `17:1`. The system tray at the bottom shows various icons including a folder, a terminal, a globe, and a red atom symbol.

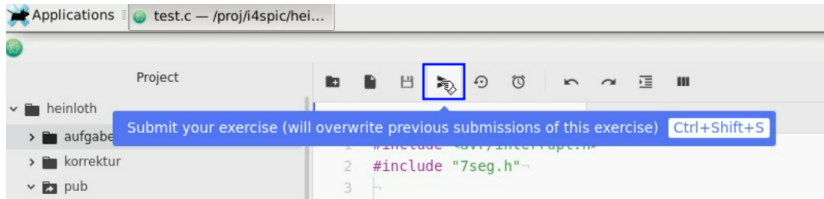


- Im Startmenü unter *FAU Courses* Eintrag *SPiC-IDE*
- Speziell für SPiC entwickelt, basierend auf Pulsar
- Vereint Editor, Compiler und Debugger in einer Umgebung
- Cross-Compiler zur Erzeugung von Programmen für unterschiedliche Architekturen
 - Wirtssystem (engl. host): Intel-PC
 - Zielsystem (engl. target): AVR-Mikrocontroller
- Detaillierte Anleitung unter <https://sys.cs.fau.de/lehre/ss26/spic/uebung/spicboard/cip>



- 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.

- 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!



■ 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`



1. Anmeldung in StudOn

<https://www.studon.fau.de/studon/go/crs/6792357>

- Forum zum Fragen stellen

2. Anmeldung zu den Übungen über Waffel:

<https://waffel.cs.fau.de>

- Für Abgabe und Korrektur der Aufgaben

3. Anmeldung im Informatik CIP

<https://account.cip.cs.fau.de>

- Für Bearbeiten, Abgabe und Korrektur der Aufgaben

1. Anmeldung in StudOn

<https://www.studon.fau.de/studon/go/crs/6792357>

- Forum zum Fragen stellen

2. Anmeldung zu den Übungen über Waffel:

<https://waffel.cs.fau.de>

- Für Abgabe und Korrektur der Aufgaben

3. Anmeldung im Informatik CIP

<https://account.cip.cs.fau.de>

- Für Bearbeiten, Abgabe und Korrektur der Aufgaben



Da es bis zu 24h dauern kann, bis nach der Anmeldung die erforderlichen Änderungen aktiv sind, solltet ihr euch **umgehend darum kümmern**. Vorher ist eine Bearbeitung und Abgabe der Übungsaufgaben nicht möglich!



- 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



- 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



```
01 void wait(void) {  
02     uint8_t u8 = 0;  
03     while(u8 < 16) {  
04         u8++;  
05     }  
06 }
```

- Inkrementieren der Variable u8 bis 16
- Verwendung z.B. für aktive Warteschleifen



■ 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 < 16)
11 while:
12 ldd r24, Y+1    ; Lade Daten aus Y+1 in Register 24
13 cpi r24, 0x10   ; Vergleiche Register 24 mit 16
14 brcs addone     ; Wenn kleiner, dann springe zu addone
15 ;[Epilog (Register wiederherstellen)]
16 ret             ; Kehre aus der Funktion zurück
17 ;}
```



■ Assembler mit Optimierung

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



- Assembler mit Optimierung

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

- C kennt die Wartesemantik der Schleife nicht
- Die Schleife hat keine Auswirkung auf den (globalen) Zustand
- ↪ Der Compiler optimiert sie komplett weg



- 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)



- Lernziel:
 - Umgang mit Programmierwerkzeugen und dem Abgabesystem
 - Aktives Warten
- Blinkende LEDs YELLOW0 und YELLOW1
 - Abwechselnd an- bzw. ausschalten (Warnlicht)
 - Frequenz ca. 1 mal pro halbe Sekunde
 - Nutzung der Bibliotheksfunktionen für LEDs
 - Implementierung durch aktives Warten (Schleife mit Zähler)
- Dokumentation der Bibliothek:
<https://sys.cs.fau.de/lehre/ss26/spic/uebung/spicboard/libapi>
- Abzugebende Datei: `blink.c`

Hands-on: Licht

Screenecast: <https://www.video.uni-erlangen.de/clip/id/13444>



- In der SPiC-IDE:
 - Neuen Ordner erstellen (z.B. hands-on/licht)
 - Neue Quellcodedatei erstellen (z.B. licht.c)
- Programm erstellen:
 - Schalte eine LED ein (z.B. GREEN0)
 - Warte in einer Endlosschleife
- In der SPiC-IDE:
 - Programm übersetzen
 - Programm im Simulator oder auf dem SPiCboard testen.