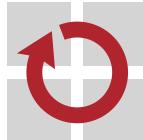


Übungen zu Grundlagen der systemnahen Programmierung in C (GSPIC) im Sommersemester 2018

2018-05-11

Bernhard Heinloth

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



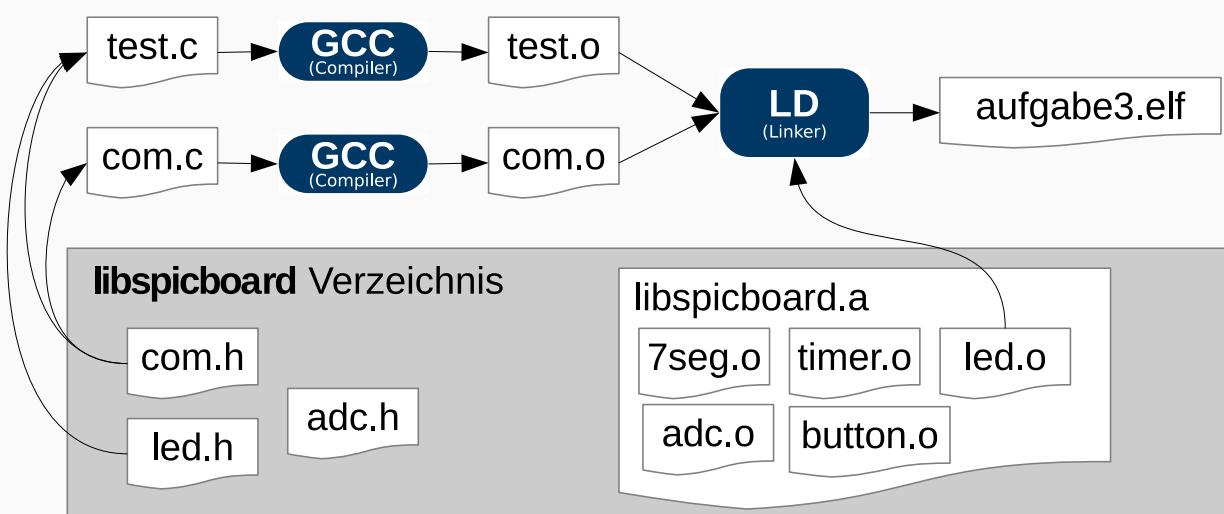
Lehrstuhl für Verteilte Systeme
und Betriebssysteme



FRIEDRICH-ALEXANDER
UNIVERSITÄT
ERLANGEN-NÜRNBERG
TECHNISCHE FAKULTÄT

Module

Ablauf vom Quellcode zum laufenden Programm



1. Präprozessor
2. Compiler
3. Linker
4. Programmer/Flasher

1

Schnittstellenbeschreibung

- Header Dateien enthalten die Schnittstelle eines Moduls
 - Funktionsdeklarationen
 - Präprozessormakros
 - Typdefinitionen
- Header Dateien können u.U. mehrmals eingebunden werden
 - led.h bindet avr/io.h ein
 - button.h bindet avr/io.h ein
 - Funktionen aus avr/io.h mehrmals deklariert
- Mehrfachinkludierung/Zyklen vermeiden → **Include-Guards**
 - Definition und Abfrage eines Präprozessormakros
 - Konvention: Makro hat den Namen der .h-Datei, „ersetzt durch ‘_’
 - z.B. für button.h → BUTTON_H
 - Inhalt nur einbinden, wenn das Makro noch nicht definiert ist
- **Vorsicht:** flacher Namensraum → möglichst eindeutige Namen

2

- Erstellen einer .h-Datei (Konvention: gleicher Name wie .c-Datei)

```
01 #ifndef COM_H
02 #define COM_H
03 /* fixed-width Datentypen einbinden (im Header verwendet) */
04 #include <stdint.h>
05
06 /* Datentypen */
07 typedef enum {
08     ERROR_NO_STOP_BIT, ERROR_PARITY,
09     ERROR_BUFFER_FULL, ERROR_INVALID_POINTER
10 } COM_ERROR_STATUS;
11
12 /* Funktionen */
13 void sb_com_sendByte(uint8_t data);
14 ...
15 #endif //COM_H
```

3

Initialisierung eines Moduls

- Module müssen Initialisierung durchführen
 - zum Beispiel Portkonfiguration
 - **Java:** mit Klassenkonstruktoren möglich
 - **C:** kennt kein solches Konzept
- *Workaround:* Modul muss bei erstem Aufruf einer seiner Funktionen ggf. die Initialisierung durchführen
 - muss sich merken, ob die Initialisierung schon erfolgt ist
 - Mehrfachinitialisierung vermeiden
- Anlegen einer Init-Variable
 - Aufruf der Init-Funktion bei jedem Funktionsaufruf
 - Init-Variable anfangs 0
 - Nach der Initialisierung auf 1 setzen

4

Initialisierung eines Moduls

- initDone ist initial 0
- wird nach der Initialisierung auf 1 gesetzt
- ⇒ Initialisierung wird nur ein mal durchgeführt

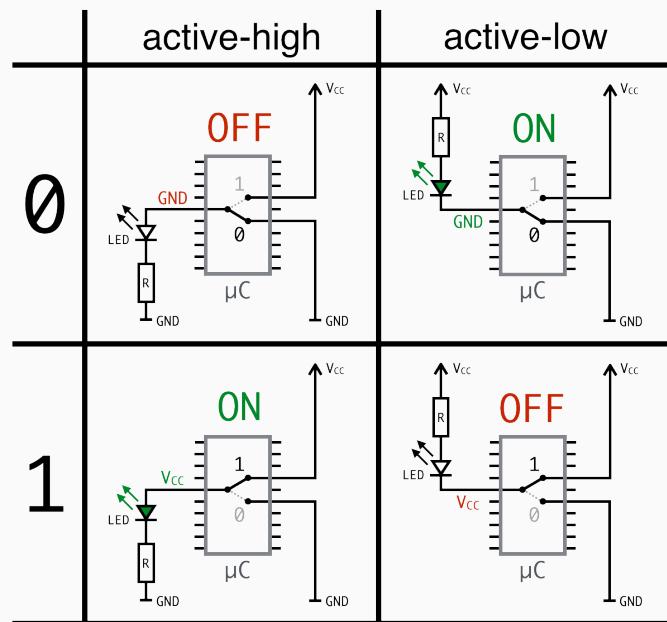
```
01 static void init(void){  
02     static uint8_t initDone = 0;  
03     if (initDone == 0) {  
04         initDone = 1;  
05         ...  
06     }  
07 }  
08  
09 void mod_func(void) {  
10     init();  
11     ...
```

Ein- & Ausgabe über Pins

Ausgang: active-high & active-low

Ausgang je nach Beschaltung:

- active-high** high-Pegel (logisch 1; V_{cc} am Pin) → LED leuchtet
active-low low-Pegel (logisch 0; GND am Pin) → LED leuchtet



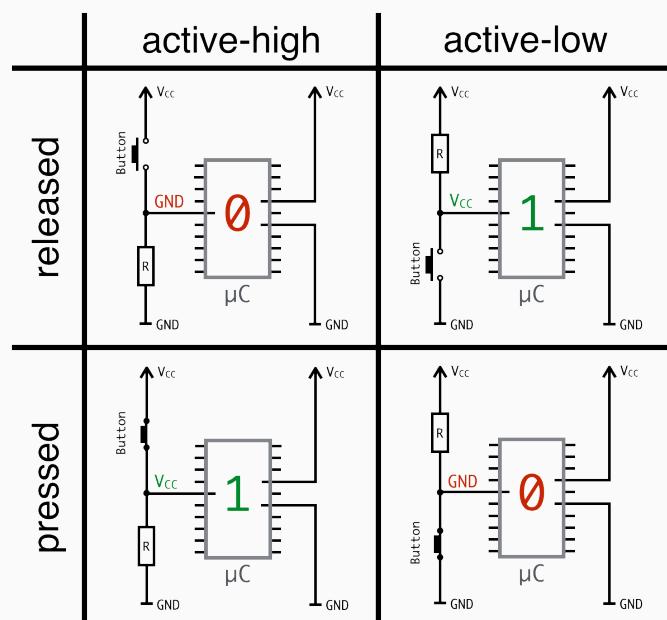
6

Eingang: active-high & active-low

Eingang je nach Beschaltung:

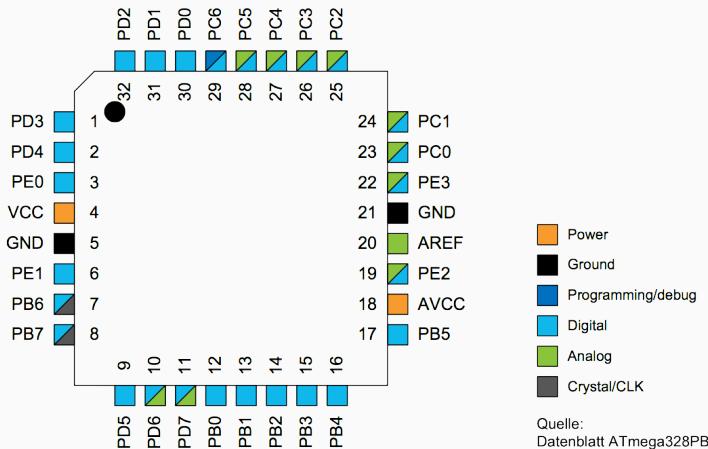
- active-high** Button gedrückt → high-Pegel (logisch 1; V_{cc} am Pin)
active-low Button gedrückt → low-Pegel (logisch 0; GND am Pin)

interner pull-up-Widerstand (im ATmega328PB) konfigurierbar



7

Konfiguration der Pins



- jeder I/O-Port des AVR-µC wird durch drei 8-bit Register gesteuert:
 - Datenrichtungsregister (DDRx = data direction register)
 - Datenregister (PORTx = port output register)
 - Port Eingabe Register (PINx = port input register, nur-lesbar)
- jedem Anschluss-Pin ist ein Bit in jedem der 3 Register zugeordnet

8

I/O-Port-Register

DDRx hier konfiguriert man Pin i von Port x als Ein- oder Ausgang

- Bit $i = 1 \rightarrow$ Pin i als Ausgang verwenden
- Bit $i = 0 \rightarrow$ Pin i als Eingang verwenden

PORTx Auswirkung abhängig von DDRx:

- ist Pin i als Ausgang konfiguriert, so steuert Bit i im PORTx Register ob am Pin i ein high- oder ein low-Pegel erzeugt werden soll
 - Bit $i = 1 \rightarrow$ high-Pegel an Pin i
 - Bit $i = 0 \rightarrow$ low-Pegel an Pin i
- ist Pin i als Eingang konfiguriert, so kann man einen internen pull-up-Widerstand aktivieren
 - Bit $i = 1 \rightarrow$ pull-up-Widerstand an Pin i (Pegel wird auf high gezogen)
 - Bit $i = 0 \rightarrow$ Pin i als tri-state konfiguriert

PINx Bit i gibt aktuellen Wert des Pin i von Port x an (nur lesbar)

9

Beispiel: Initialisierung eines Ports

- Pin 3 von Port C (PC3) als Ausgang konfigurieren und PC3 auf Vcc schalten:

```
01 DDRC |= (1 << PC3); /* =0x08; PC3 als Ausgang nutzen... */  
02 PORTC |= (1 << PC3); /* ...und auf 1 (=high) setzen */
```

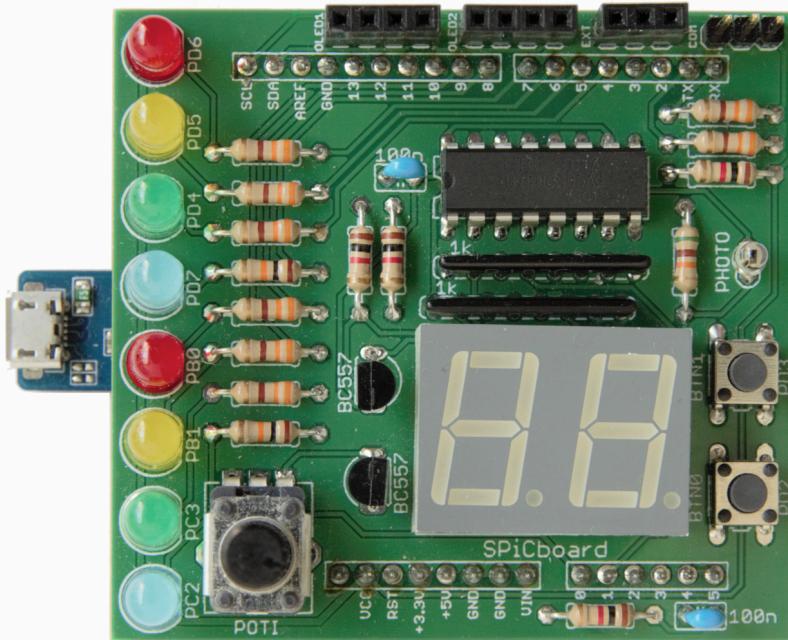
- Pin 2 von Port D (PD2) als Eingang nutzen, pull-up-Widerstand aktivieren und prüfen ob ein low-Pegel anliegt:

```
01 DDRD &= ~(1 << PD2); /* PD2 als Eingang nutzen... */  
02 PORTD |= (1 << PD2); /* pull-up-Widerstand aktivieren */  
03 if((PIND & (1 << PD2)) == 0){ /* den Zustand auslesen */  
04     /* ein low Pegel liegt an, der Taster ist gedrückt */  
05 }
```

- Die Initialisierung der Hardware wird in der Regel einmalig zum Programmstart durchgeführt

Aufgabe: LED-Modul

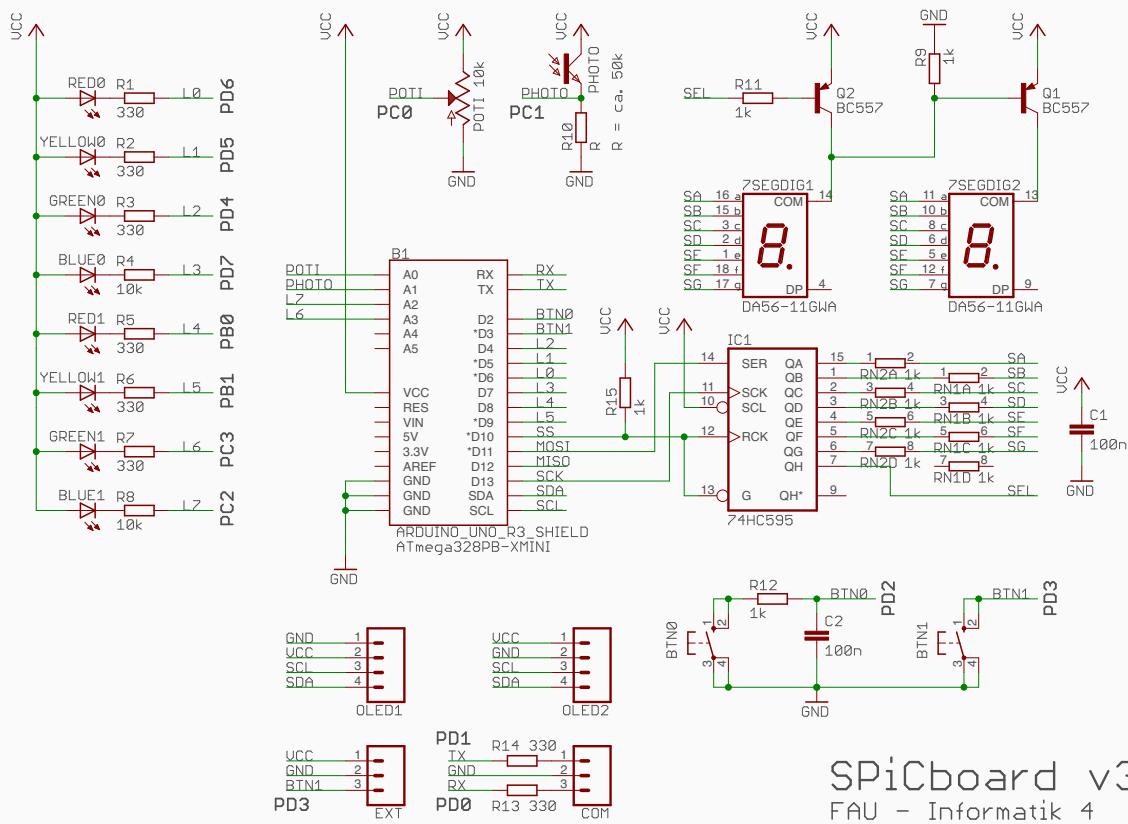
LED-Modul – Übersicht



- LED 0 (REDO) \Rightarrow PD6 \Rightarrow Port D, Pin 6 \Rightarrow Bit 6 in PORTD und DDRD
- ...
- LED 7 (BLUE1) \Rightarrow PC2 \Rightarrow Port C, Pin 2 \Rightarrow Bit 2 in PORTC und DDRC

11

SPiCboard Schaltplan



SPiCboard v3
FAU – Informatik 4
2017-04-20

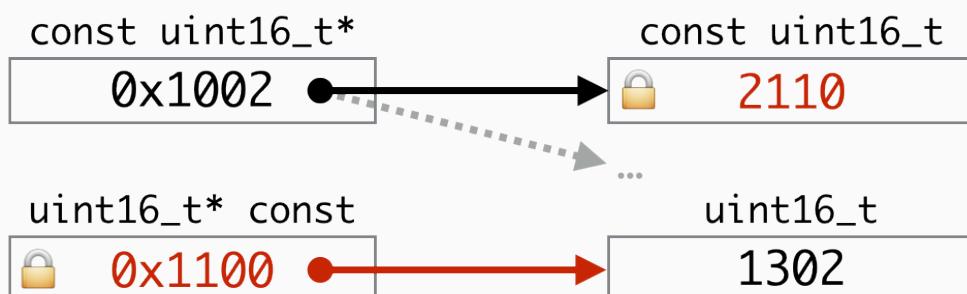
12

- LED-Modul der SPiCboard-Bibliothek selbst implementieren
 - Gleiches Verhalten wie das Original
 - Beschreibung:
http://www4.cs.fau.de/Lehre/SS18/V_SPIC/Uebung/doc
- Testen des Moduls
 - Eigenes Modul mit einem Testprogramm (`test.c`) linken
 - Andere Teile der Bibliothek können für den Test benutzt werden
- LEDs des SPiCboards
 - Anschlüsse und Namen der einzelnen LEDs können dem Übersichtsbildchen entnommen werden
 - Alle LEDs sind **active-low**, d.h. leuchten wenn ein low-Pegel auf dem Pin angelegt wird
 - PD6 = Port D, Pin 6

13

Exkurs: `const uint8_t*` vs. `uint8_t* const`

- `const uint8_t*`
 - ein Pointer auf einen **uint8_t-Wert**, der konstant ist
 - Wert nicht über den Pointer veränderbar
- `uint8_t* const`
 - ein **konstanter Pointer** auf einen (beliebigen) `uint8_t`-Wert
 - Pointer darf nicht mehr auf eine andere Speicheradresse zeigen



14

- Port und Pin Definitionen (in avr/io.h)

```
01 #define PORTD (* (volatile uint8_t*)0x2B)
02 ...
03 #define PD0      0
04 ...
```

- Adressoperator: &
- Dereferenzierungsoperator: *
- Port Array:

```
01 static volatile uint8_t * const ports[] = { &PORTD,
02                                         ...
03                                         &PORTC };
```

- Pin Array:

```
01 static uint8_t const pins[] = { PD6, ..., PC2 };
```

15

Elegante Variante

- Port und Pin in einer Struktur zusammenfassen:

```
01 struct led {
02     volatile uint8_t * const ddr;
03     volatile uint8_t * const port;
04     const uint8_t pin;
05 };
```

- Zuweisung:

```
01 static const struct led led_red = { &DDRD,
02                                     &PORTD,
03                                     PD6
04 };
```

- Array ebenfalls möglich:

```
01 static const struct led led_array[] = {
02     {&DDRD, &PORTD, PD6},
03     ...
04     {&DDRC, &PORTC, PC2}
05 };
```

16

- Projekt wie gehabt anlegen
 - Initiale Quelldatei: test.c
 - Dann weitere Quelldatei led.c hinzufügen
- Wenn nun übersetzt wird, werden die Funktionen aus dem eigenen LED-Modul verwendet
- Andere Teile der Bibliothek werden nach Bedarf hinzugebunden
- Temporäres Deaktivieren zum Test der Originalfunktionen:

```
01 #if 0  
02 ...  
03 #endif
```

- Sieht der Compiler diese “Kommentare”?
- Wie kann der Code wieder einkommentiert werden?

17

Testen des Moduls

```
01 void main(void){  
02     ...  
03     // 1.) Testen bei korrekter LED-ID  
04     int8_t result = sb_led_on(RED0);  
05     if(result != 0){  
06         // Test fehlgeschlagen  
07         // Ausgabe z.B. auf 7-Segment-Anzeige  
08     }  
09     // Einige Sekunden warten  
10  
11     // 2.) Testen bei ungültiger LED-ID  
12     ...  
13 }
```

- Schnittstellenbeschreibung genau beachten (inkl. Rückgabewerte)
- Testen **aller möglichen Rückgabewerte**
- Fehler wenn Rückgabewert nicht der Spezifikation entspricht

18