

Übungen zu Systemnahe Programmierung in C (SPiC) – Sommersemester 2018

Übung 4

Benedict Herzog
Sebastian Maier

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



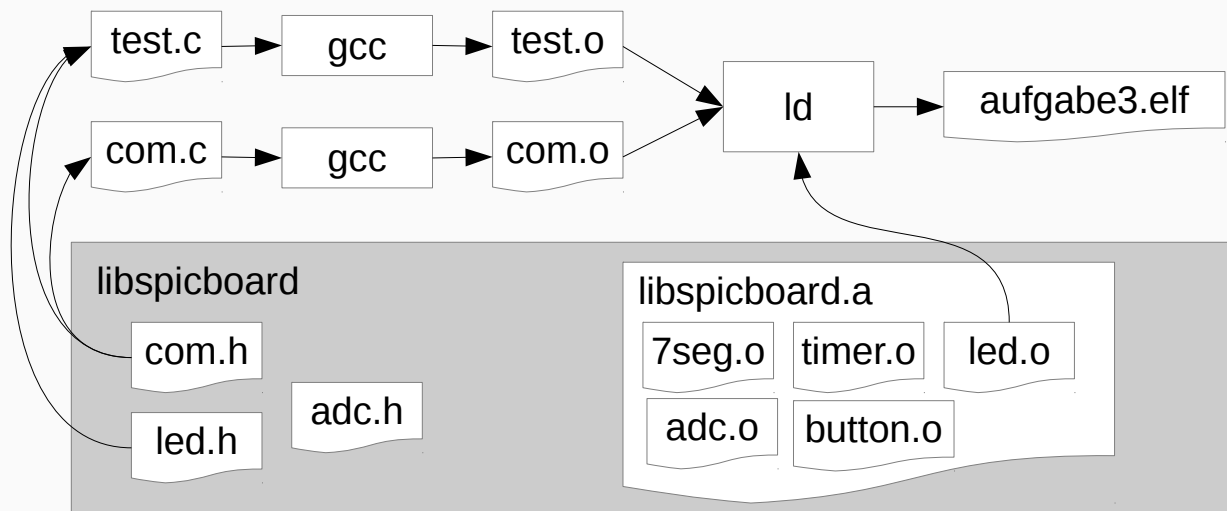
Lehrstuhl für Verteilte Systeme
und Betriebssysteme



FRIEDRICH-ALEXANDER
UNIVERSITÄT
ERLANGEN-NÜRNBERG

TECHNISCHE FAKULTÄT

Module



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

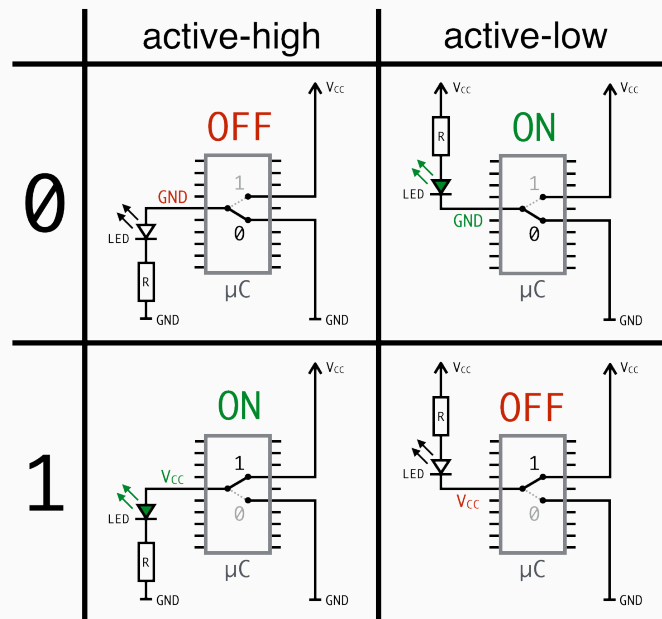
4

- `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 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

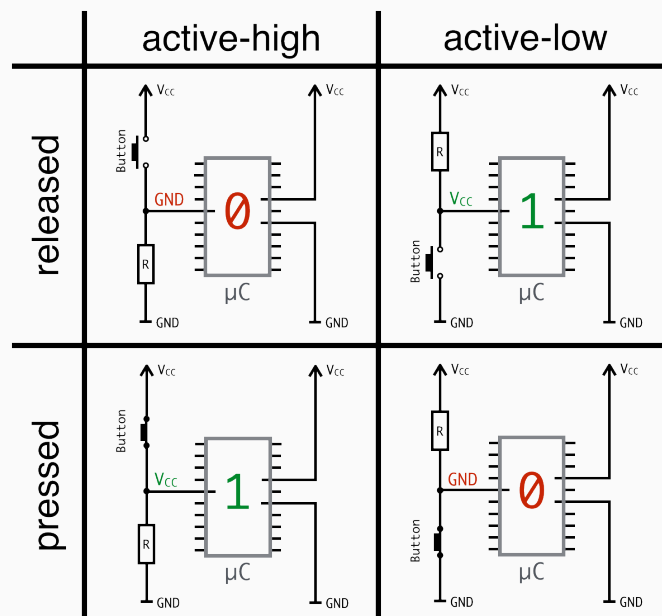


6

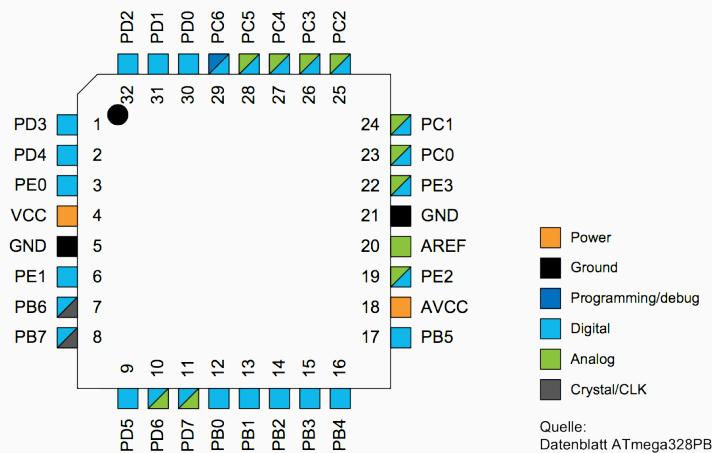
Eingang: active-high & active-low



- 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



- Jeder I/O-Port des AVR- μ C 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

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

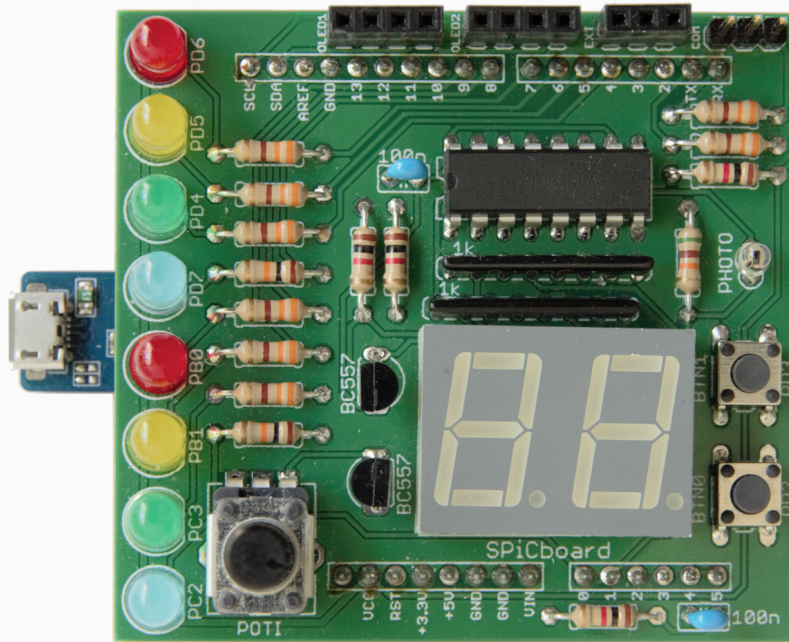
```
01 DDRC |= (1 << PC3); /* =0x08; PC3 als Ausgang nutzen... */
02 PORTC |= (1 << PC3); /* ...und auf 1 (=high) setzen */
```

- 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

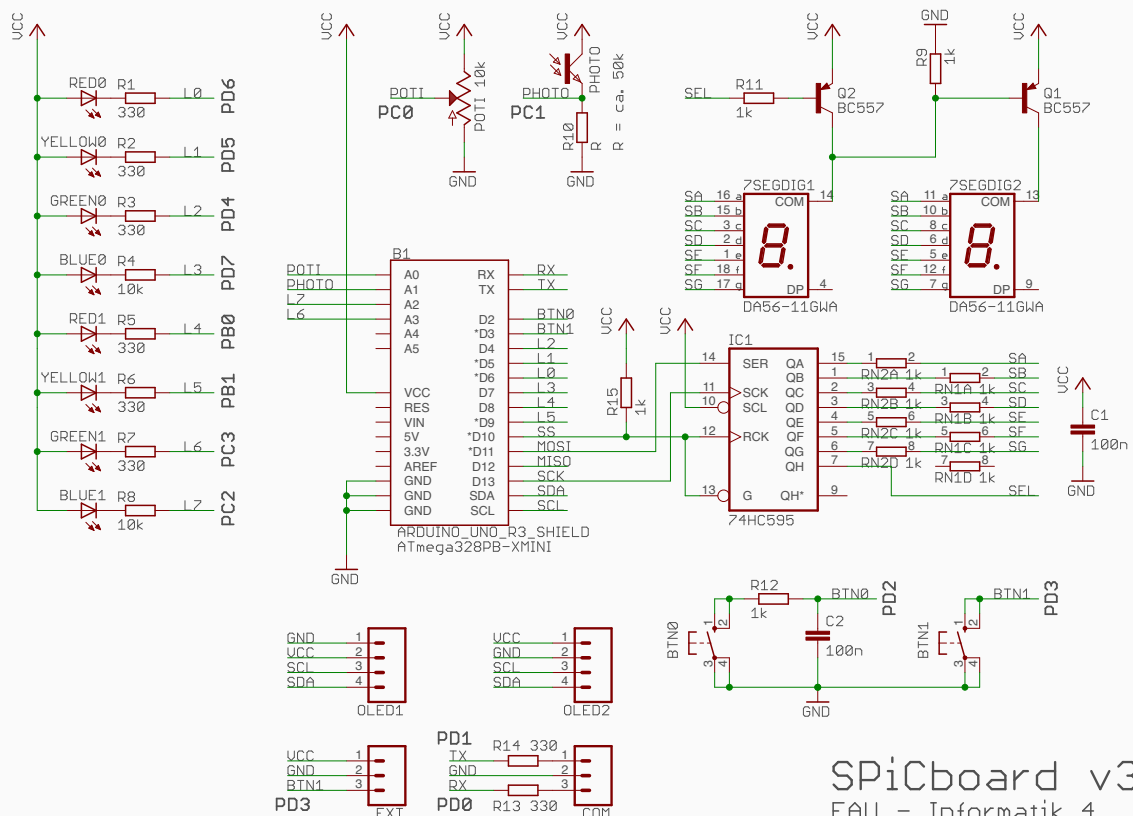
Aufgabe: LED-Modul



- LED 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



12

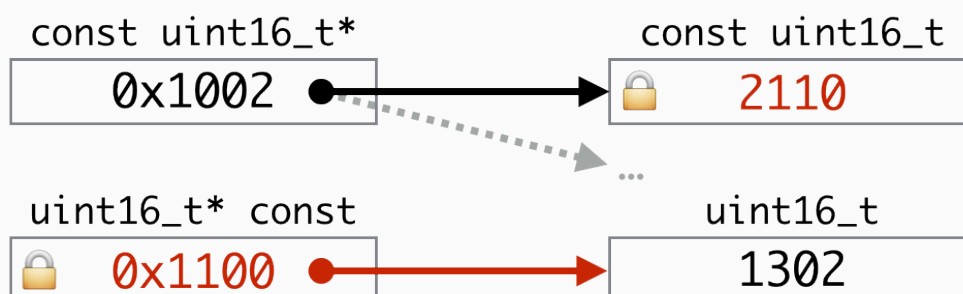
- LED-Modul der SPiCboard-Bibliothek selbst implementieren
 - Gleiches Verhalten wie das Original
 - Beschreibung:
 - http://www4.cs.fau.de/Lehre/SS18/V_SPIC/Uebung/doc
- Testen des Moduls
 - Eigenes Modul mit einem Testprogramm (test.c) linken
 - Andere Teile der Bibliothek können für den Test benutzt 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

AVR-Studio Projekteinstellungen



- 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?

16

```
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
10     // 2.) Testen bei ungültiger LED-ID
11     ...
12 }
```

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

Hands-on: Module, Felder & Zeiger

- Statistikmodul und Testprogramm
- Funktionalität des Moduls:
 - Mittelwertbildung

```
uint8_t avgArray(uint16_t *a, size_t s,
uint16_t *avg);
```
 - Minimal- und Maximalwertermittlung

```
uint8_t minArray(uint16_t *a, size_t s,
uint16_t *min);
uint8_t maxArray(uint16_t *a, size_t s,
uint16_t *max);
```
 - Rückgabewert: 0: OK; 1: Fehler
 - Interne Hilfsfunktionen:

```
uint16_t getMin(uint16_t a, uint16_t b);
uint16_t getMax(uint16_t a, uint16_t b);
```
- Vorgehen:
 - Header-Datei mit Modulschnittstelle (und Include-Guards)
 - Implementierung des Moduls (Sichtbarkeit beachten)
 - Testen des Moduls im Hauptprogramm (inkl. Fehlerfälle)