Übungen zu Systemnahe Programmierung in C (SPiC)

Peter Wägemann, Sebastian Maier, Heiko Janker
(Lehrstuhl Informatik 4)

Übung 4

Sommersemester 2015

Inhalt

- Module
  - Schnittstellenbeschreibung
  - Ablauf vom Quellcode zum laufenden Programm
  - Initialisierung eines Moduls
- Ein- & Ausgabe über Pins
  - Active-high & Active-low
  - Konfiguration der Pins
- Aufgabe 4: LED-Modul
  - Hinweise
  - Testen des Moduls

Inhalt

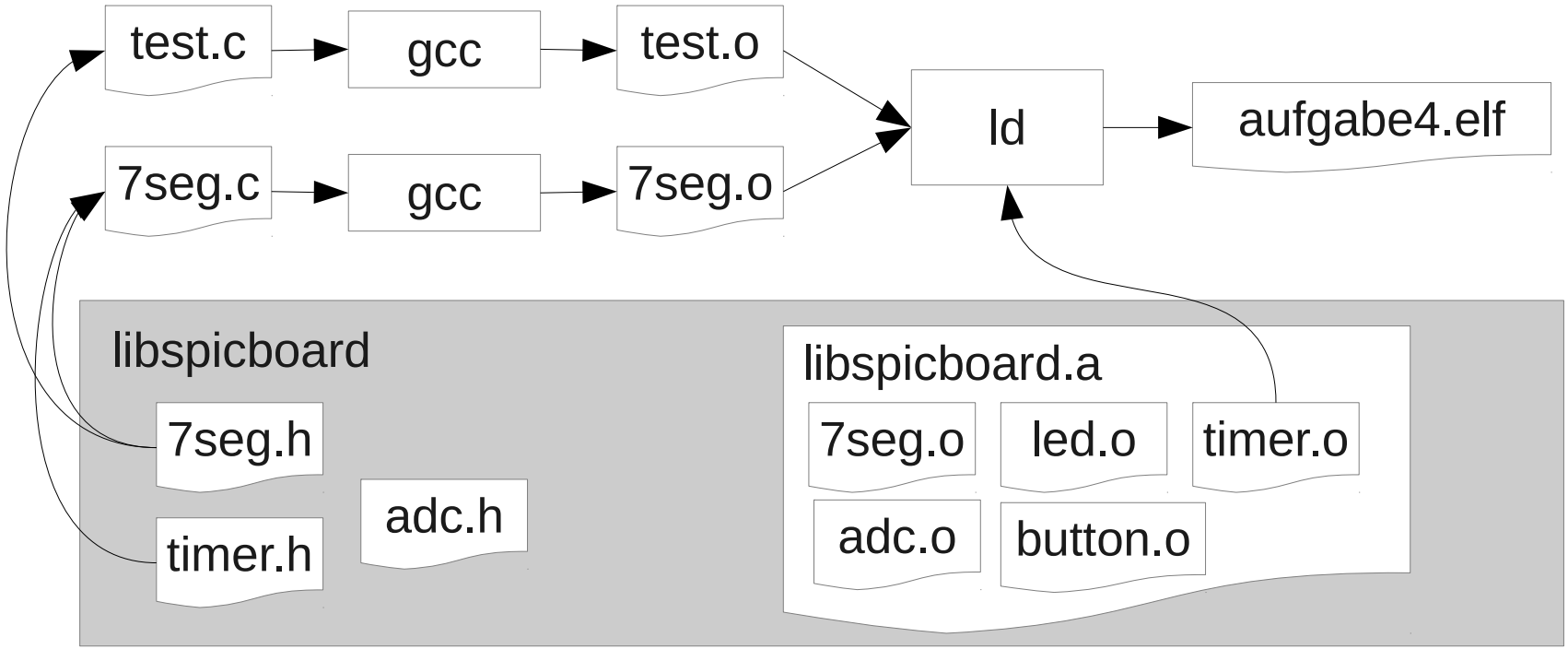
Schnittstellenbeschreibung

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

```
1  #ifndef LED_H
2  #define LED_H
3  /* fixed-width Datentypen einbinden (im Header verwendet) */
4  #include <stdint.h>
5  /* LED-Typ */
6  typedef enum { RED0=0, YELLOW0=1, GREEN0=2, ... } LED;
7  /* Funktion zum Aktivieren einer bestimmten LED */
8  uint8_t sb_led_on(LED led);
9  ...
10 #endif
```

- Mehrfachinkludierung (evtl. Zyklen!) vermeiden $\rightsquigarrow$ **Include-Guard**
  - durch Definition und Abfrage eines Präprozessormakros
  - Konvention: das Makro hat den Namen der .h-Datei, '.' ersetzt durch '_'
  - Der Inhalt wird nur eingebunden, wenn das Makro noch nicht definiert ist
- Vorsicht: flacher Namensraum $\rightsquigarrow$ Wahl möglichst eindeutiger Namen

Ablauf vom Quellcode zum laufenden Programm



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

Initialisierung eines Moduls

- Module müssen Initialisierung durchführen (z.B. Portkonfiguration)
  - z.B. in 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

```
1  static uint8_t initDone = 0;
2  // alternativ: lokale static Variable in init()
3
4  static void init(void) { ... }
5  void mod_func(void) {
6      if(initDone == 0) {
7          initDone = 1;
8          init();
9      }
10     ....
```

- Initialisierung darf nicht mit anderen Modulen in Konflikt stehen!

Inhalt

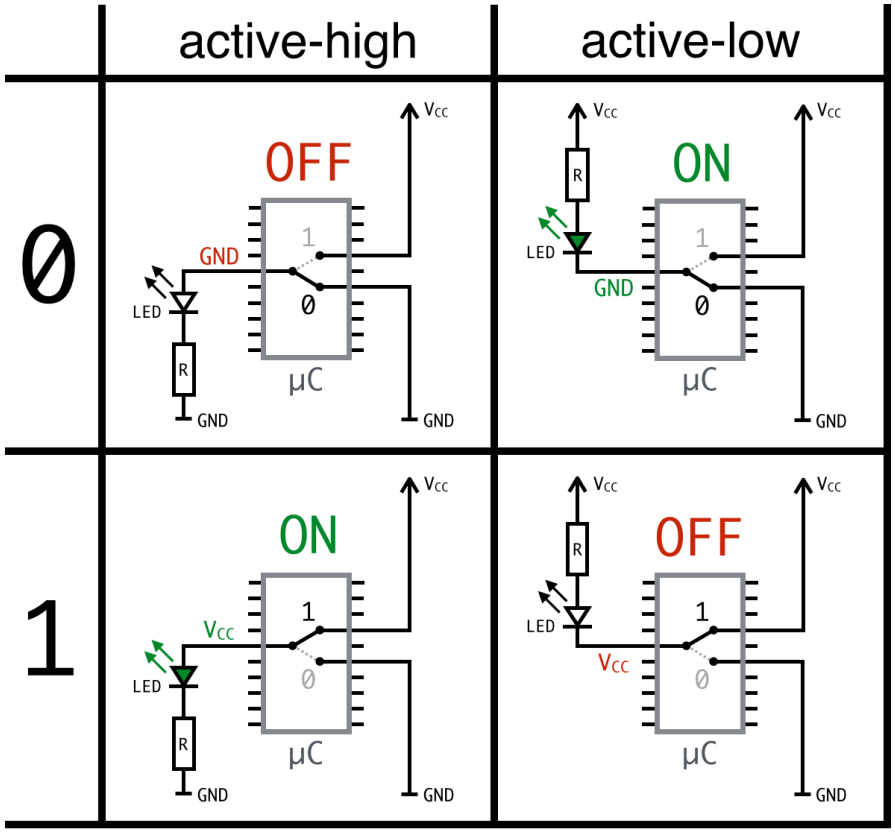
Module

Ein- & Ausgabe über Pins
- Active-high & Active-low
- Konfiguration der Pins

Aufgabe 4: LED-Modul

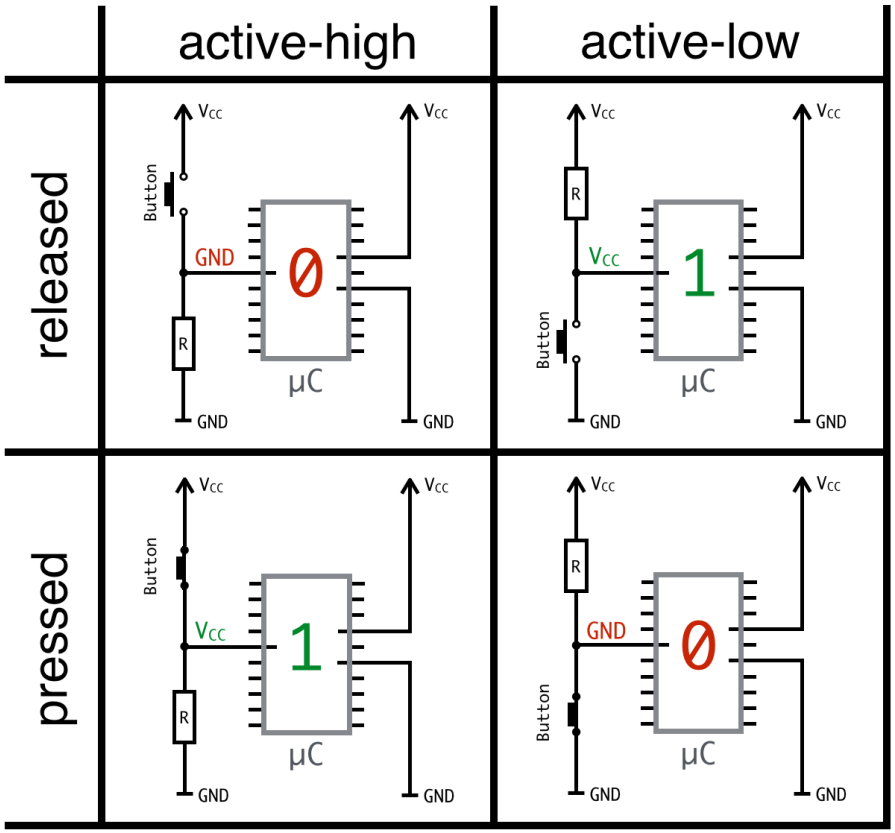
Ausgang: active-high & active-low

- 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

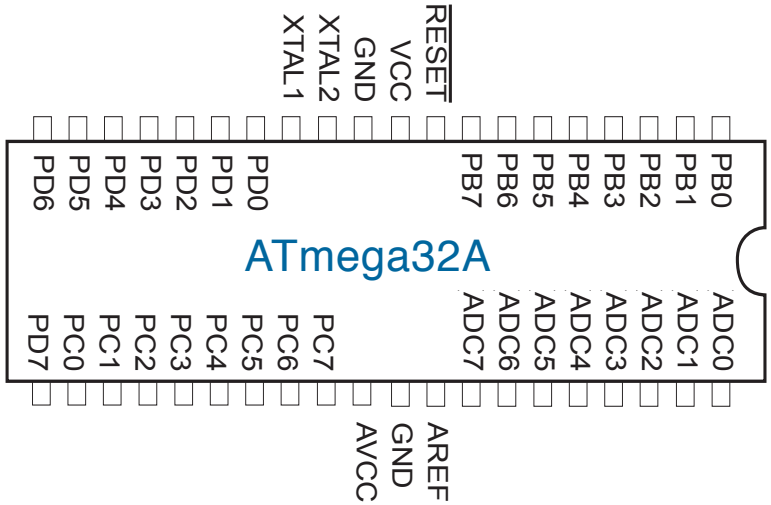


Eingang: active-high & active-low

- 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 ATmega32) konfigurierbar



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

I/O-Port-Register

- `DDRx`: hier konfiguriert man Pin i von Port x als Ein- oder Ausgang
  - `Bit i = 1` → Pin i als Ausgang verwenden
  - `Bit i = 0` → 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` → high-Pegel an Pin i
    - `Bit i = 0` → low-Pegel an Pin i
  - ist Pin i **als Eingang konfiguriert**, so kann man einen internen pull-up-Widerstand aktivieren
    - `Bit i = 1` → pull-up-Widerstand an Pin i (Pegel wird auf high gezogen)
    - `Bit i = 0` → Pin i als tri-state konfiguriert
- `PINx`: Bit i gibt aktuellen Wert des Pin i von Port x an (nur lesbar)

Beispiel: Initialisierung eines Ports

- Pin 3 von Port B (PB3) als Ausgang konfigurieren
  und PB3 auf Vcc schalten:

```
1 DDRB |= (1 << PB3); /* =0x08; PB3 als Ausgang nutzen... */
2 PORTB |= (1 << PB3); /* ...und auf 1 (=high) setzen */
```

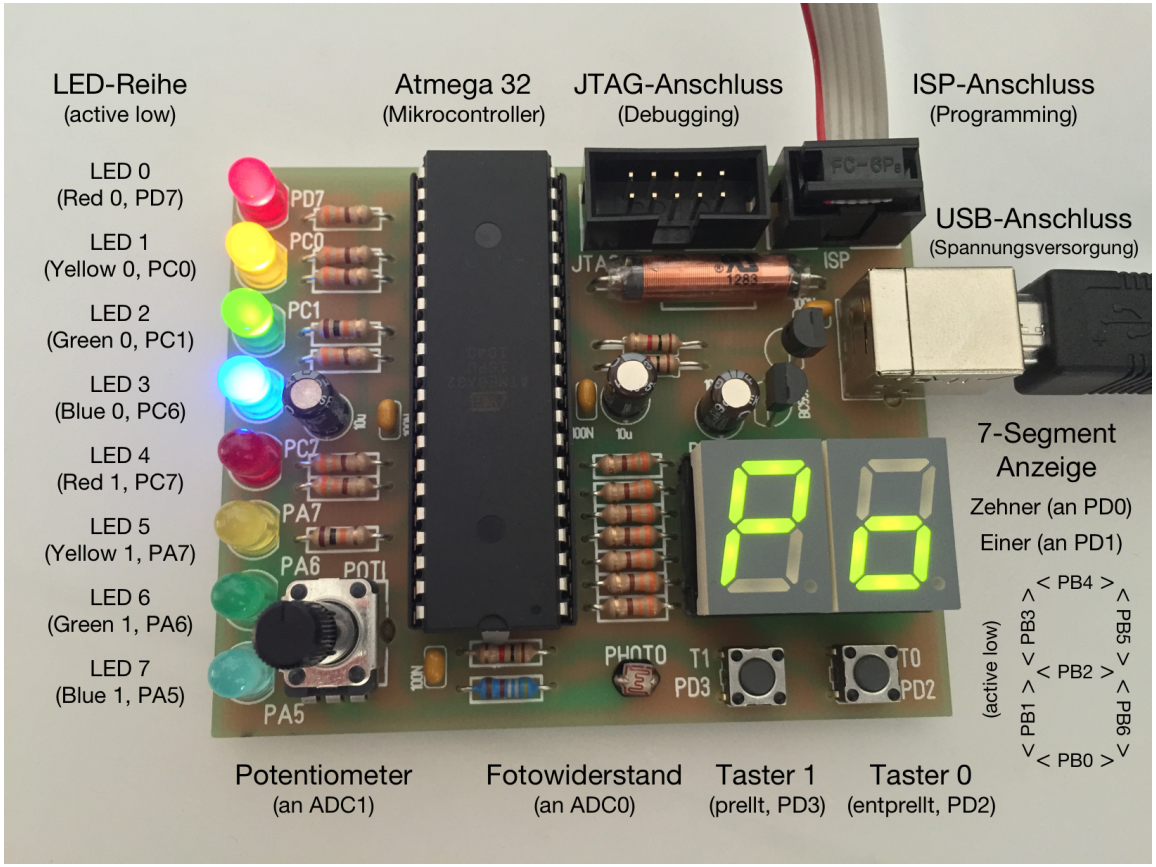
- Pin 2 von Port D (PD2) als Eingang nutzen,
  pull-up-Widerstand aktivieren und prüfen ob ein low-Pegel anliegt:

```
1 DDRD &= ~(1 << PD2); /* PD2 als Eingang nutzen... */
2 PORTD |= (1 << PD2); /* pull-up-Widerstand aktivieren*/
3 if ( (PIND & (1 << PD2)) == 0) { /* den Zustand auslesen */
4   /* ein low Pegel liegt an, der Taster ist gedrückt */
5 }
```

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

Inhalt

LED-Modul – Übersicht



- LED 0: Port D, Pin 7
- LED 1: Port C, Pin 0
- ...

LED-Modul – Aufgabe

- LED-Modul der SPiCboard-Bibliothek selbst implementieren
  - Gleiches Verhalten wie das Original
  - Beschreibung:
    `http://www4.cs.fau.de/Lehre/SS15/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
  - `PD7` = Port D, Pin 7

AVR-Studio Projekteinstellungen

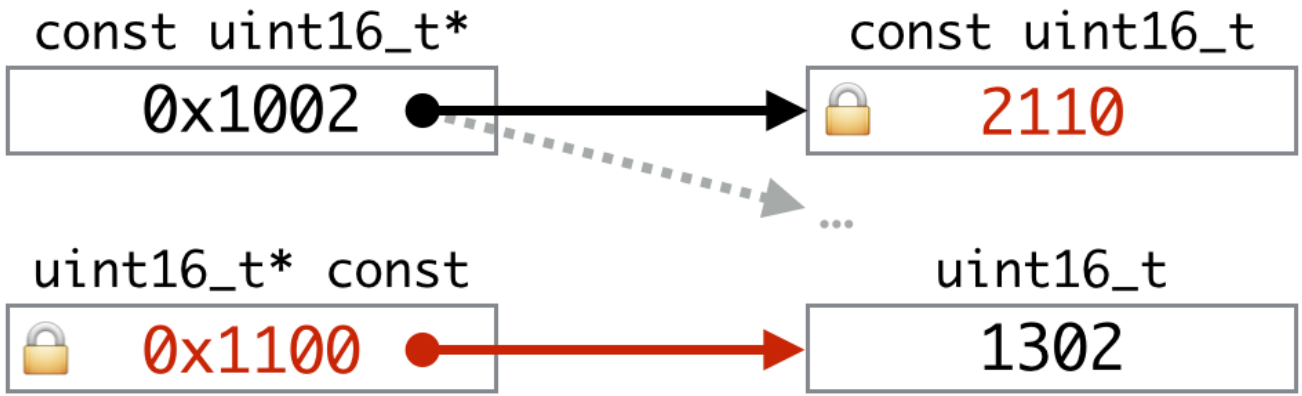
- Projekt wie gehabt anlegen
  - Initiale Quelldatei: `test.c`
  - Dann weitere Quelldatei `led.c` hinzufügen
- Wenn nun übersetzt wird, werden die Funktionen aus dem eigenen LED-Modul verwendet
- Andere Teile der Bibliothek werden nach Bedarf hinzugebunden
- Temporäres deaktivieren zum Test der Originalfunktiononen:

```
1 #if 0
2   ....
3 #endif
```

- Sieht der Compiler diese “Kommentare”?

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



PORT- und PIN-Array

- Port Definition

```
1 #define PORTD (* (volatile uint8_t*)0x2B)
```

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

```
1 static volatile uint8_t * const ports[] = { &PORTD,
2                                             &PORTC,
3                                             ... };
```

- Pin Array:

```
1 static uint8_t const pins[] = { PD7, PC0, ... };
```

Testen des Moduls

```
1  void main(void){
2    // 1.) Testen bei korrekter LED-ID
3    int8_t result = sb_led_on(RED0);
4    if(result != 0){
5      // Test fehlgeschlagen
6      // Ausgabe z.B. auf 7-Segment-Anzeige
7    }
8
9    // 2.) Testen bei ungueltiger LED-ID
10   ...
11 }
```

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