Übungen zu Systemnahe Programmierung in C (SPiC)

Sebastian Maier, Heiko Janker
(Lehrstuhl Informatik 4)

Übung 3

Wintersemester 2015/2016

Inhalt

Beliebte Fehler
- Sichtbarkeit & Lebensdauer
- Verwendung falscher Datentypen
- Typdefs & Enums
- volatile Verwendung

Module
- Schnittstellenbeschreibung
- Ablauf vom Quellcode zum laufenden Programm
- Initialisierung eines Moduls

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

Aufgabe 3: 7-Segment Modul
- Funktionsweise
- Implementierung
- Testen des Moduls

Inhalt

Beliebte Fehler
- Sichtbarkeit & Lebensdauer
- Verwendung falscher Datentypen
- Typdefs & Enums
- volatile Verwendung

Module

Ein- & Ausgabe über Pins

Aufgabe 3: 7-Segment Modul

Übersicht: Sichtbarkeit & Lebensdauer

SB Sichtbarkeit LD Lebensdauer		nicht `static`	`static`
Variablen	lokal	Block SB auto Variable LD Block	Block SB LD Programm
	global	Programm SB LD Programm	Modul SB LD Programm
Funktionen		SB Programm	SB Modul

- Lokale Variable, nicht `static` = `auto` Variable
  - ⇝ automatisch allokiert & freigegeben
- Funktionen als `static`, wenn kein Export notwendig

Globale Variablen

```
1  static uint8_t state; // global static
2  uint8_t event_counter; // global
3
4  void main(void) {
5    ...
6  }
7
8  static void f(uint8_t a) {
9    static uint8_t call_counter = 0; // local static
10   uint8_t num_leds; // local (auto)
11   ...
12 }
```

- Sichtbarkeit/Gültigkeit möglichst weit **einschränken**
- Globale Variable ≠ lokale Variable in `f()`
- Globale `static` Variablen: Sichtbarkeit auf Modul beschränken

⇝ `static` bei Funktionen und globalen Variablen verwenden, wo möglich

Verwendung falscher Datentypen

- Die Größe von `int` ist nicht genau definiert (ATmega32: 16 bit)

  ⇒ Gerade auf µC führt dies zu Fehlern und/oder langsameren Code
- Für die Übung:
  - 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

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

Typdefs & Enums

```
1  #define PD3 3
2  typedef enum { BUTTON0 = 4, BUTTON1 = 8
3  } BUTTON;
4  #define MAX_COUNTER 900
5  ...
6  void main(void) {
7    ...
8    PORTB |= (1 << PB3); // nicht (1 << 3)
9    ...
10   BUTTONEVENT old, new; // nicht uint8_t old, new;
11   ...
12   // Deklaration: BUTTONEVENT sb_button_getState(BUTTON btn);
13   old = sb_button_getState(BUTTON0);//nicht sb_button_getState(4)
14   ...
15 }
```

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

volatile Verwendung

```
static volatile int event_counter;
...
void main(void) {
  int num_leds = 0;
  ...
}

```

- `volatile` verwenden um Optimierungen des Compilers zu verhindern
- Nur bei nebenläufigen Ausführungsfäden notwendig
- Wert aus Register wird in den Speicher zurück geschrieben

Inhalt

Beliebte Fehler

Module
- Schnittstellenbeschreibung
- Ablauf vom Quellcode zum laufenden Programm
- Initialisierung eines Moduls

Ein- & Ausgabe über Pins

Aufgabe 3: 7-Segment Modul

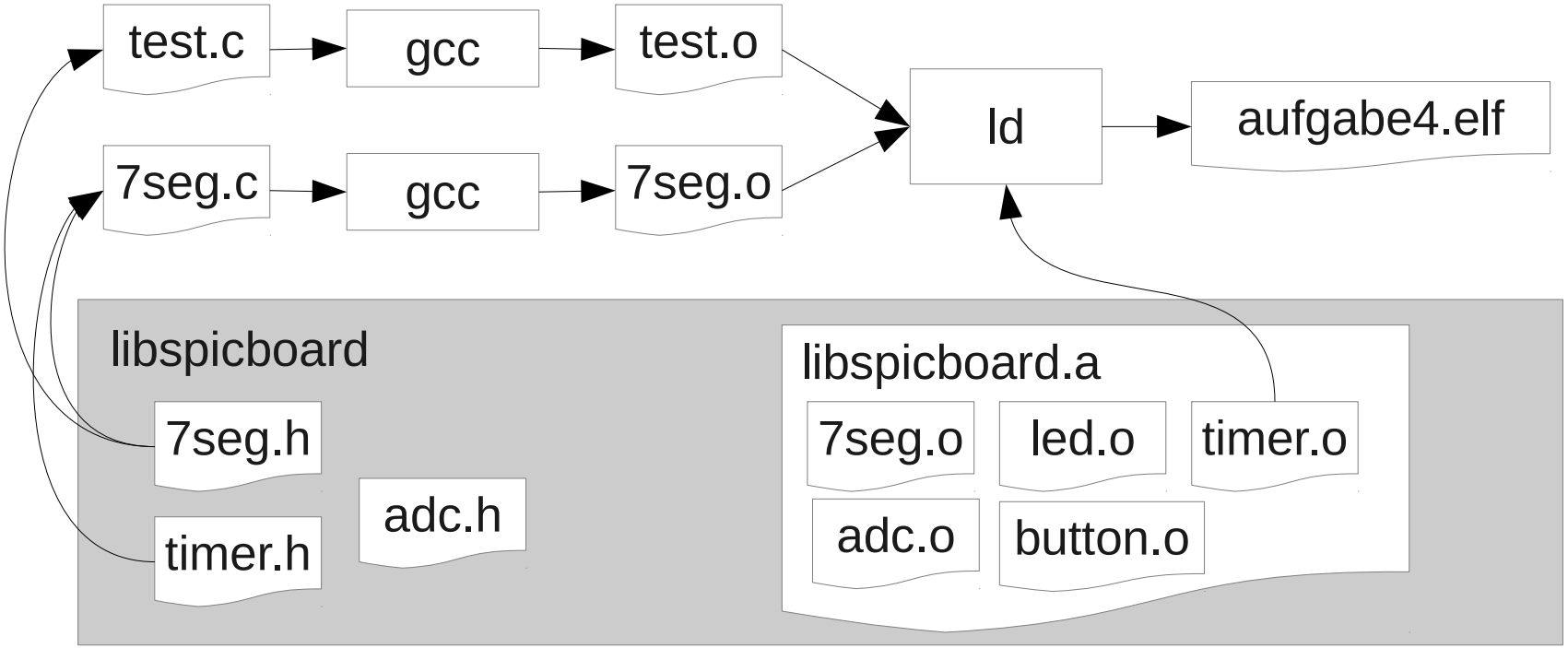
Schnittstellenbeschreibung

- 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 ⇝ **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 ⇝ 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

Beliebte Fehler

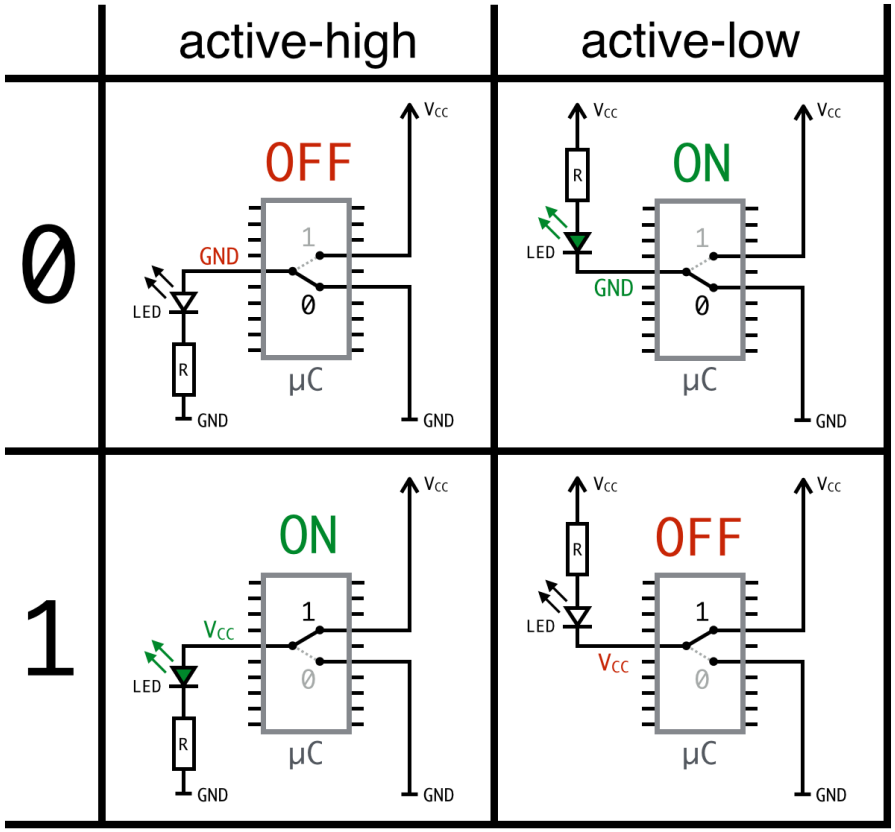
Module

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

Aufgabe 3: 7-Segment Modul

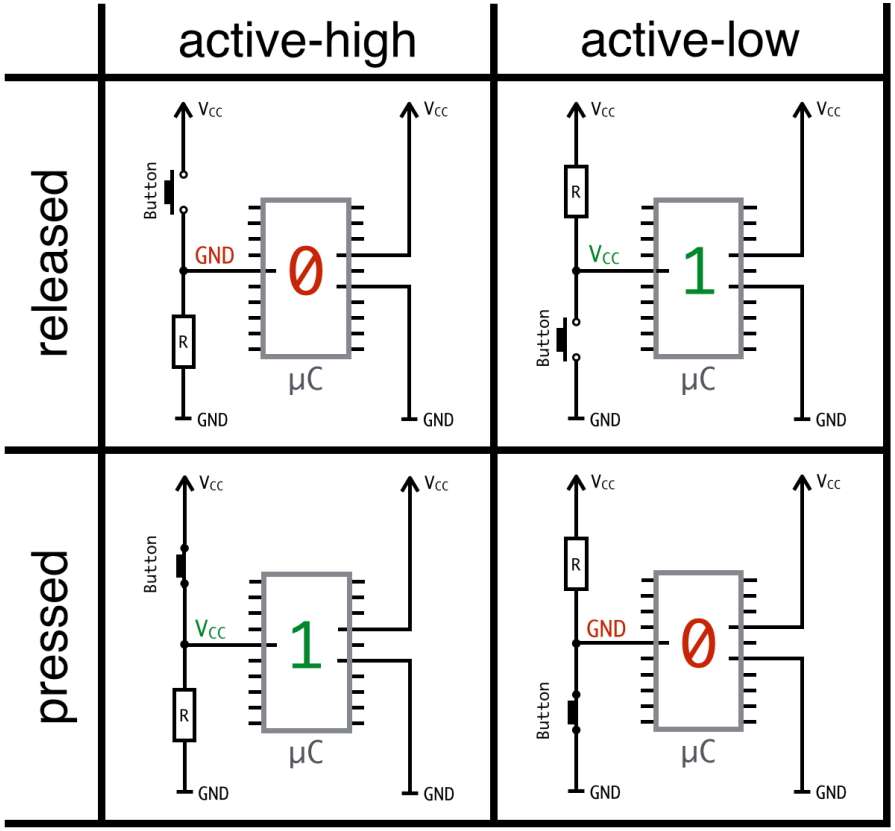
Ausgang: active-high & active-low

- 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

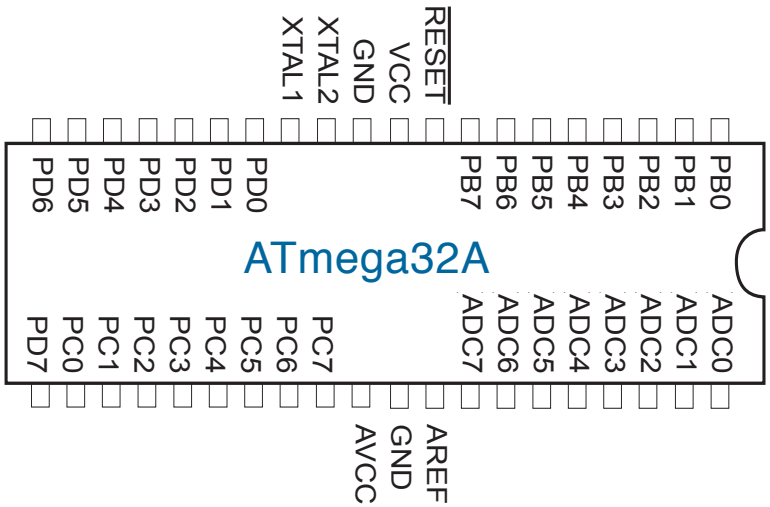


Eingang: active-high & active-low

- 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:

```
DDRB |= (1 << PB3); /* =0x08; PB3 als Ausgang nutzen... */
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:

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

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

Inhalt

Beliebte Fehler

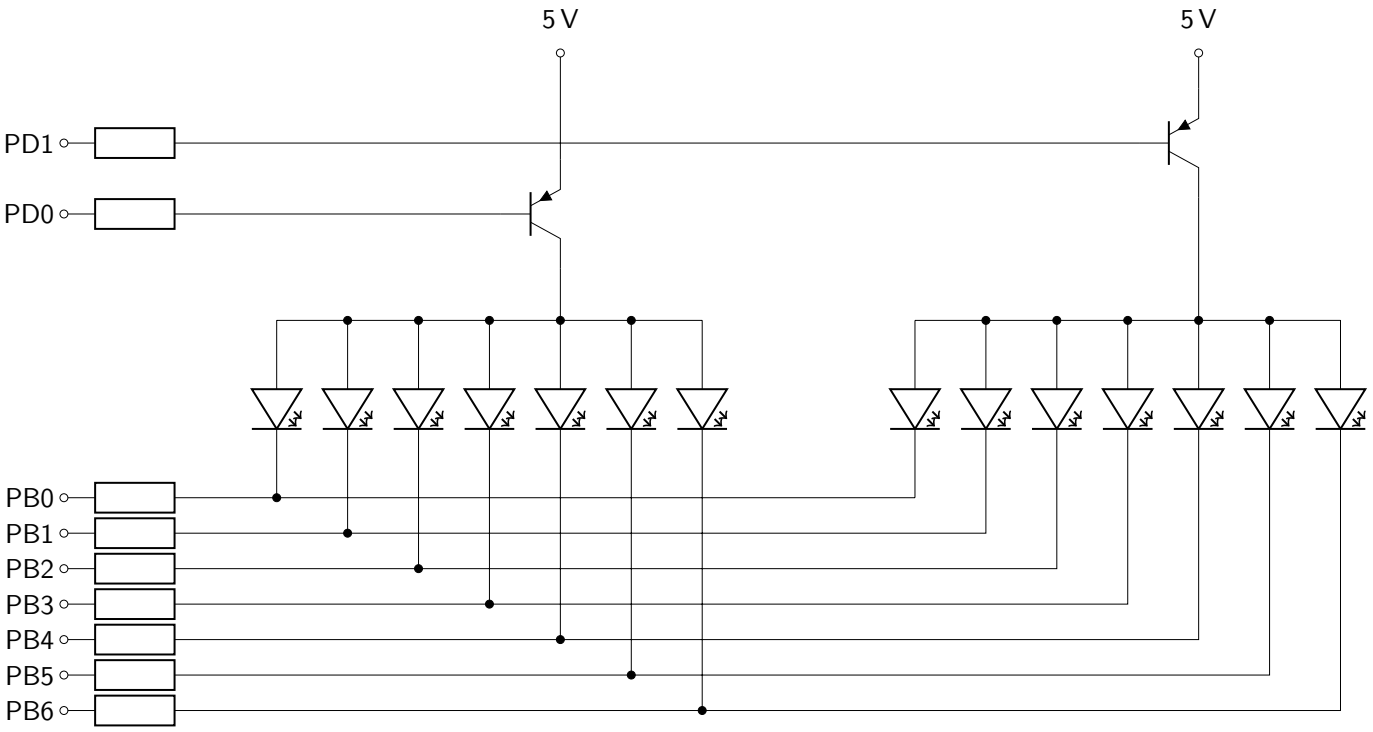
Module

Ein- & Ausgabe über Pins

Aufgabe 3: 7-Segment Modul
- Funktionsweise
- Implementierung
- Testen des Moduls

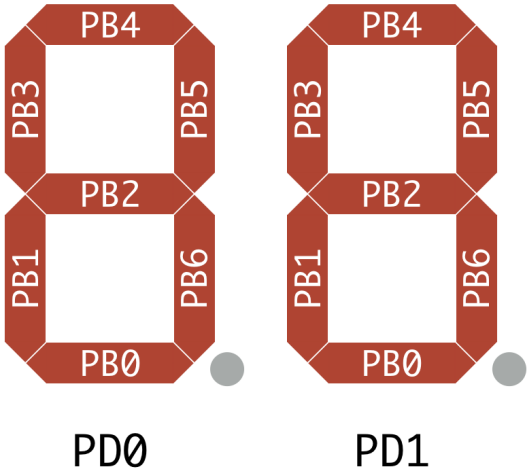
Funktionsweise der 7-Segment Anzeige

- Schaltung der Siebensegmentanzeige



- PB7 geht zum ISP und kann als nicht angeschlossen betrachtet werden
- Durch alternierende Aktivierung der beiden Anzeigen erscheinen beide aktiv

Implementierung des 7-Segment Modules



- Gleiches Verhalten wie das Original
  - Ausnahme: `sb_7seg_showStr()` muss nicht implementiert werden
  - Beschreibung:
    `http://www4.cs.fau.de/Lehre/WS15/V_SPIC/Uebung/doc`
- Timer-Modul ermöglicht es, dass zu bestimmten Zeitpunkten eine Funktion aufgerufen wird
  - Die Funktion muss dem Modul als Pointer übergeben werden ⇝ 13-19
  - Der Aufruf findet im Interrupt-Kontext statt
    ⇒ Die aufgerufene Funktion sollte möglichst kurz sein

Hinweise zur Verwendung des Timers

- Alarme registrieren

```
1 typedef void(* alarmcallback_t )(void);
2
3 ALARM * sb_timer_setAlarm (alarmcallback_t callback,
4                            uint16_t alarmtime, uint16_t cycle);
```

  - Es können "beliebig" viele Alarme registriert werden
  - Handler wird im Interrupt-Kontext ausgeführt (⇝ gesperrte Interrupts)
  - Zeiger & Funktionszeiger werden in der nächsten Übung behandelt

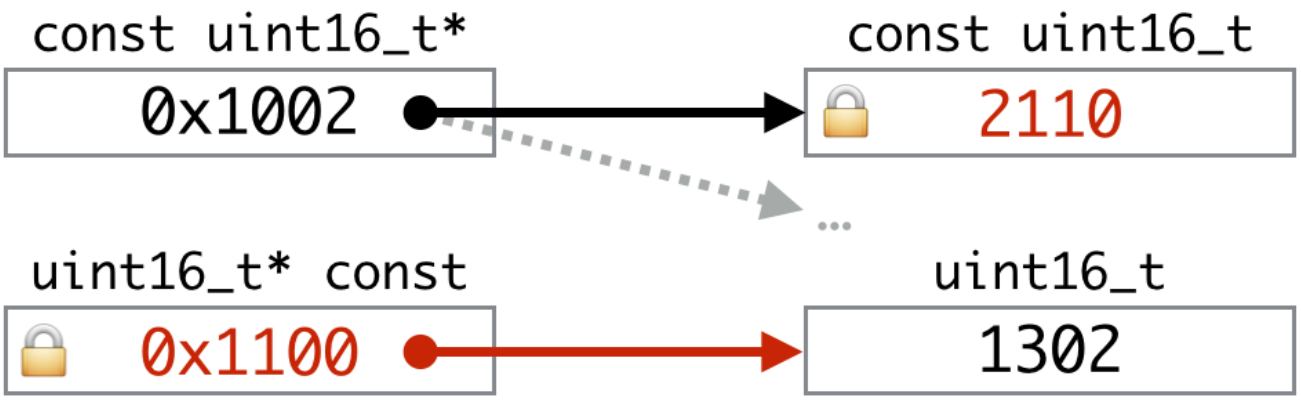
- Alarme beenden

```
1 int8_t sb_timer_cancelAlarm (ALARM *alrm);
```

  - Single-Shot Alarme (`cycle = 0`) dürfen nur abgebrochen werden, **bevor** sie ausgelöst haben (Nebenläufigkeit!)

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



Display Mapping

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

```
#define PORTD (* (volatile uint8_t*)0x2B)
...
#define PD0    0
...
```

- Adressoperator: &
- Dereferenzierungsoperator: *
- Display Mapping (Ziffer → LEDs):

```
static const uint8_t leds[] = {0x84, 0x9F, 0xC8, 0x8A,
  0x93, 0xA2, 0xA0, 0x8F, 0x80, 0x82,
  0x81, 0xB0, 0xE4, 0x98, 0xE0, 0xE1};

```

AVR-Studio Projekteinstellungen

- Projekt wie gehabt anlegen
  - Initiale Quelldatei: `test.c`
  - Dann weitere Quelldatei `7seg.c` hinzufügen
- Wenn nun übersetzt wird, werden die Funktionen aus dem eigenen 7seg-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”?

Testen des Moduls

```
1  void main(void){
2    ...
3    // 1.) Testen bei korrekter Eingabe
4    int8_t result = sb_7seg_showNumber(42);
5    if(result != 0){
6      // Test fehlgeschlagen
7      // Ausgabe z.B. über LEDs
8    }
9
10   // 2.) Testen ungültiger Eingaben
11   ...
12 }
```

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