

U4 4. Übung

- Wiederholung: Zugriff auf AVR-Prozessor-Register
- Wiederholung: I/O-Ports
- Hexadezimalzahlen
- Überblick: Modulare Softwareentwicklung
- Aufgabe 3: 7seg-Modul der SPiCboard-Bibliothek

2 Makros für Register-Zugriffe

- Makros mit aussagekräftigen Namen können den Umgang mit Registern deutlich vereinfachen
- Beispiel:
 - ◆ Makro für Register an Adresse 0x5:

```
#define REG1 (*(volatile unsigned char *)0x5)
```

- ◆ Verwenden dieses Registers:

```
REG1 = 0;          /* schreibender Zugriff */
...
if (REG1 == 0x04)  /* lesernder Zugriff */
  REG1 &= ~4;      /* lesernder und schreibender Zugriff */
```

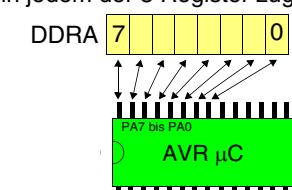
- Warum ist `volatile` in dieser Makrodefinition notwendig?

U4-1 Register beim AVR-µC

- ### 1 Überblick
- Beim AVR-µC sind die Register
 - ◆ in den Speicher eingebettet
 - ◆ am Anfang des Adressbereichs angeordnet
 - Adressen sind der Dokumentation zu entnehmen
 - [ATMega32-Datenblatt](#) verlinkt im Doku-Bereich der Webseite
 - ◆ Die C-Bibliothek (`avr-libc`), die wir verwenden, definiert bereits sinnvolle Makros für alle Register des AVR µC
(`#include <avr/io.h>`)
 - ◆ Damit die für den jeweiligen µC passenden Adressen verwendet werden, muss man dem Compiler den µC-Typ mitteilen: `-mmcu=atmega32`

U4-2 I/O-Ports des AVR-µC

1 Überblick

- Jeder I/O-Port des AVR-µC wird durch drei 8-bit Register gesteuert:
 - ◆ Datenrichtungsregister (`DDRx` = data direction register)
 - ◆ Datenregister (`PORTx`)
 - ◆ Port Eingabe Register (`PINx` = port input register, nur-lesbar)
- Jedem Anschluss-Pin ist ein Bit in jedem der 3 Register zugeordnet
 - Beispiel: DDR von Port A: 
- Ausführliche Beschreibung: [ATMega32-Datenblatt](#)

2 I/O-Port-Register

- **PIN_x**: Bit *i* gibt den aktuellen Wert des Pin *i* von Port *x* an (nur lesbar).
- **DDR_x**: Pin von Port *x* als Ein- oder Ausgang verwenden
 - Bit *i* = 1 → Pin *i* als **Ausgang** verwenden
 - Bit *i* = 0 → Pin *i* als **Eingang** verwenden
- **PORT_x**: Auswirkung abhängig von DDR_x:
 - ◆ ist Pin *i* als **Ausgang** konfiguriert, so steuert Bit *i* im PORT_x 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

3 Beispiel: Aktivieren eines Ports

- Pin 3 von Port B als Ausgang konfigurieren und auf V_{cc} schalten:

```
DDRB |= 0x08; /* Pin 3 von Port B als Ausgang nutzen... */
PORTB |= 0x08; /* ...und auf 1 (=high) setzen */
```

- Pin 0 von Port D als Eingang nutzen, pull-up-Widerstand aktivieren und prüfen ob ein low-Pegel anliegt:

```
DDR0 &= ~0x01; /* Pin 0 von Port D als Eingang nutzen... */
PORTD |= 0x01; /*...und den pull-up-Widerstand aktivieren*/
if ((PIND & 0x01) == 0) { /* den Zustand auslesen */
    /* ein low Pegel liegt an, der Taster ist gedrückt */
}
```

U4-3 Hexadezimalzahlen

- Hardwarenahe Programmierung erfordert oft das gezielte Setzen bestimmter Bits in Prozessorregistern
- Konfiguration jedes einzelnen Bits ist einfach, aber zeitaufwendig
- Kombination mehrerer gleicher Operationen auf einem Register
- Hexadezimalzahlen erleichtern die Arbeit mit Bitmustern

1 Hexadezimalzahlen

- Dezimalzahlen eignen sich schlecht zur Darstellung von Bitmustern
- Binärzahlen repräsentieren Bitmuster, sind jedoch sehr lang zu schreiben
- Hexadezimalzahlen können Bitmuster kompakt darstellen
 - ◆ Ziffern 0x0 bis 0xf (Werte 0 bis 15)
 - ◆ können jeweils eine Gruppe von 4 Bits darstellen
 - ◆ 8-Bit Zahlen lassen sich also mit 2 Hexadezimalziffern darstellen
- Vom Bitmuster zur Hexziffer
 - ◆ Betrachtung von jeweils 4 Bits des gewünschten Werts
 - ◆ Hexziffer für jedes *Nibble* ermitteln
 - ◆ die Hexziffern zum Gesamtwert zusammensetzen

2 Hexziffern: Beispiele

- 0b 0000 0000 = 0x
- 0b 1111 1111 = 0x
- 0b 1010 0101 = 0x
- 0b 1101 1000 = 0x
- 0b 0010 0111 = 0x
- 0b 1100 1010 1111 1110 1011 1010 1011 1110 = 0x
- 0b 1101 1110 1010 1101 1011 1110 1110 1111 = 0x

2 Hexziffern: Beispiele

- 0b 0000 0000 = 0x00
- 0b 1111 1111 = 0xff
- 0b 1010 0101 = 0xa5
- 0b 1101 1000 = 0xd8
- 0b 0010 0111 = 0x27
- 0b 1100 1010 1111 1110 1011 1010 1011 1110 = 0xcafebabe
(Magic Number z.B. in Java Classfiles)
- 0b 1101 1110 1010 1101 1011 1110 1110 1111 = 0xdeadbeef
(Magic Number z.B. zur Freispeichermarkierung im Solaris Kern)

Systemnahe Programmierung in C — Übungen

© Moritz Strübe • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2009

U4.fm 2009-11-18 12.22 U4.10

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

U4-4 Überblick: Modulare Softwareentwicklung

- Ausführlichere Behandlung: Vorlesung
- Bündelung von Daten und darauf operierenden Funktionen zu Modul
- Ein Modul ist eine Blackbox (Kapselung)
 - ◆ Trennung von Schnittstelle und Implementierung
 - ◆ Die Schnittstelle definiert das externe Verhalten des Moduls
 - ◆ Schnittstellenbeschreibung in der Header-Datei
 - ◆ Implementierung in der Quelldatei
- Module sind
 - ◆ austauschbar durch andere Implementierungen der gleichen Schnittstelle
 - ◆ wiederverwendbar
 - ◆ in Programmbibliotheken bereitstellbar

1 Modul-Schnittstelle

- Definiert
 - ◆ Funktionsprototypen
 - ◆ Typen
 - ◆ Daten (globale Variablen, nach Möglichkeit zu vermeiden!)
- Beschreibung der Schnittstelle in einer Header-(.h)-Datei
 - ◆ verbindliche Vorgabe für Implementierungen
 - ◆ darf nicht verändert werden (warum?)
 - ◆ Sichtbarkeit von Hilfsdaten/-funktionen auf Modul beschränken (`static`)
- Einbinden der Schnittstellenbeschreibung in anderen Modulen

2 Schnittstellenbeschreibung

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

```
#ifndef LED_H
#define LED_H

/* fixed-width Datentypen einbinden (werden im Header verwendet) */
#include <stdint.h>

/* LED-Typ */
typedef enum { RED0=0, YELLOW0=1, GREEN0=2, ... } LED;

/* Funktion zum Aktivieren einer bestimmten LED */
uint8_t sb_led_on(LED led);
...
#endif
```

- Mehrfachinkludierung (evtl. Zyklen!) vermeiden

- ◆ 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

- Flacher Namensraum: Wahl möglichst eindeutiger Namen

4 Initialisierung eines Moduls

- Module müssen oft Initialisierung durchführen (z.B. Ports konfigurieren)

- ◆ 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 (Synchronisation!)

```
static uint8_t initDone = 0;
static void init(void) { ... }

void mod_func(void) {
    if(initDone == 0) { /* Sync erforderlich? Warum, wie? */
        initDone = 1;
        init();
    }
}
```

- ◆ **init** und **initDone** sind nicht Bestandteil der Schnittstelle!

- Initialisierung darf nicht mit anderen Modulen in Konflikt stehen!

3 Einbinden von Schnittstellenbeschreibungen

- Einbinden mit **#include** dort, wo diese verwendet werden

- ◆ im Header nur solche Schnittstellen, die auch im Header benötigt werden
 - ☞ z.B. **stdint.h** im vorangehenden Beispiel
- ◆ von der Implementierung verwendete Modulschnittstellen sind auch in dieser einzubinden
 - ☞ verschiedene Implementierungen verwenden evtl. verschiedene Module

U4-5 Aufgabe 3

- Teile des 7seg-Modul der SPiCboard-Bibliothek selbst implementieren

- ◆ Konfiguration der Ports
- ◆ LED-Elemente ein-, aus- und umschalten

- Beliebiges Test-Programm, das alle Funktionen des 7seg-Moduls testet

- Die notwendige Schnittstelle ist der Online-Dokumentation zu entnehmen

- Die Anschlusspins der LEDs sowie deren Namen sind auf dem Board-Übersichtsbild gekennzeichnet

- Hilfsfunktionen/-variablen dürfen nicht Teil der Schnittstelle sein!

- Abgabe von **7seg.c** und **test.c**

- **7seg.h** muss nicht abgegeben werden (warum?)

1 Hinweise

- Die beiden sieben Segmentanzeigen sind parallel geschaltet um Pins zu sparen.
- Durch die Pins PD0 und PD1 kann zwischen den beiden Anzeigen hin und hergeschaltet werden.
- Die libspicboard verwendet für die Funktionen der timer.h einen Timer-Interrupt. Dieser sollte so selten wie möglich aufgerufen werden und so kurz wie möglich sein, damit das 'Hauptprogramm' möglichst wenig beeinflusst wird.
- Trotzdem soll die Anzeige nicht flimmern.