Übungen zu Systemnahe Programmierung in C (SPiC)

Sebastian Maier
(Lehrstuhl Informatik 4)

Übung 2

FRIEDRICH-ALEXANDER
UNIVERSITÄT
ERLANGEN-NÜRNBERG

Sommersemester 2017

Inhalt

Inhalt

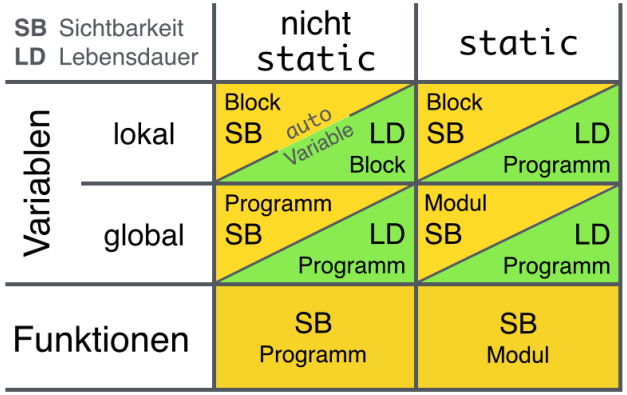
Verwendung von `int`

- Die Größe von `int` ist nicht genau definiert (ATmega328PB: 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!

Sichtbarkeit & Lebensdauer



- 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

Typdefs & Enums

```
1  #define PB3 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   BUTTONSTATE old, new; // nicht uint8_t old, new;
11   ...
12   // Deklaration: BUTTONSTATE 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

Inhalt

Compileroptimierung: Hintergrund

- AVR-Mikrocontroller, sowie die allermeisten CPUs, können ihre Rechenoperationen nicht direkt auf Variablen ausführen, die im Speicher liegen
- Ablauf von Operationen:
  1. **Laden** der Operanden aus dem Speicher in Prozessorregister
  2. **Ausführen** der Operationen in den Registern
  3. **Zurückschreiben** des Ergebnisses in den Speicher

  ⇒ Detaillierte Behandlung in der Vorlesung
- Der Compiler darf den Code nach Belieben ändern, solange der "globale" Zustand beim Verlassen der Funktion gleich bleibt
- Optimierungen können zu drastisch schnellerem Code führen

Compileroptimierung: Beispiele

- Typische Optimierungen:
  - Beim Betreten der Funktion wird die Variable in ein Register geladen und beim Verlassen in den Speicher zurückgeschrieben
  - Redundanter und "toter" Code wird weggelassen
  - Die Reihenfolge des Codes wird umgestellt
  - Für automatic Variablen wird kein Speicher reserviert; es werden stattdessen Prozessorregister verwendet
  - Wenn möglich, übernimmt der Compiler die Berechnung (Konstantenfaltung):
    `a = 3 + 5;` wird zu `a = 8;`
  - Der Wertebereich von automatic Variablen wird geändert:
    Statt von 0 bis 10 wird von 246 bis 256 (`= 0` für `uint8_t`) gezählt und dann geprüft, ob ein Überlauf stattgefunden hat

Compileroptimierung: Beispiel (1)

```
1 void wait(void) {
2   uint8_t u8 = 0;
3   while(u8 < 200) {
4     u8++;
5   }
6 }
```

- Inkrementieren der Variable u8 bis 200
- Verwendung z.B. für aktive Warteschleifen

Compileroptimierung: Beispiel (2)

- Assembler ohne Optimierung

```
1  ; void wait(void){
2  ; uint8_t u8;
3  ; [Prolog (Register sichern, Y initialisieren, etc)]
4  rjmp while       ; Springe zu while
5  ; u8++;
6  addone:
7  ldd r24, Y+1     ; Lade Daten aus Y+1 in Register 24
8  subi r24, 0xFF   ; Ziehe 255 ab (addiere 1)
9  std Y+1, r24     ; Schreibe Daten aus Register 24 in Y+1
10 ; while(u8 < 200)
11 while:
12 ldd r24, Y+1     ; Lade Daten aus Y+1 in Register 24
13 cpi r24, 0xC8    ; Vergleiche Register 24 mit 200
14 brcs addone      ; Wenn kleiner, dann springe zu addone
15 ;[Epilog (Register wiederherstellen)]
16 ret              ; Kehre aus der Funktion zurück
17 ;}
```

Compileroptimierung: Beispiel (3)

- Assembler mit Optimierung

```
1 ; void wait(void){
2 ret              ; Kehre aus der Funktion zurück
3 ; }
```

- Die Schleife hat keine Auswirkung auf den Zustand

⇝ Die Schleife wird komplett wegoptimiert

Schlüsselwort volatile

- Variable können als `volatile` (engl. unbeständig, flüchtig) deklariert werden

⇝ Der Compiler darf die Variable nicht optimieren:

- Für die Variable muss **Speicher reserviert** werden
- Die **Lebensdauer** darf nicht verkürzt werden
- Die Variable muss vor jeder Operation aus dem **Speicher geladen** und danach gegebenenfalls wieder in diesen zurückgeschrieben werden
- Der **Wertebereich** der Variable darf nicht geändert werden

- Einsatzmöglichkeiten von `volatile`:
  - Warteschleifen: Verhinderung der Optimierung der Schleife
  - nebenläufigen Ausführungen (später in der Vorlesung)
    - Variable wird im Interrupthandler und in der Hauptschleife verwendet
    - Änderungen an der Variable müssen "bekannt gegeben werden"
  - Zugriff auf Hardware (z. B. Pins) ⇝ wichtig für das LED Modul
  - Debuggen: der Wert wird nicht wegoptimiert

Inhalt

Aufgabe 2: Snake

- Schlange bestehend aus benachbarten LEDs
- Länge 1 bis 5 LEDs, regelbar mit Potentiometer (`POTI`)
- Geschwindigkeit abhängig von der Umgebungshelligkeit
- Je heller die Umgebung, desto schneller
- Bewegungsrichtung umschaltbar mit Taster

⇒ Bearbeitung in Zweier-Gruppen: `submit` fragt nach Partner

Allgemeine Hinweise

- Variablen in Funktionen verhalten sich weitgehend wie in Java
  - ⇝ Zur Lösung der Aufgabe sind lokale Variablen ausreichend
- Der C-Compiler liest Dateien von oben nach unten
  - ⇝ Legen Sie die Funktionen in der folgenden Reihenfolge an:
    1. wait()
    2. drawsnake()
    3. main()

⇒ Details zum Kompilieren werden in der Vorlesung besprochen.

Beschreibung der Schlange

- Position des Kopfes
  - Nummer einer LED
  - Wertebereich [0; 7]
- Länge der Schlange
  - Ganzzahl im Bereich [1; 5]
- Richtung der Schlange
  - aufwärts oder abwärts
  - z. B. 0 oder 1
- Geschwindigkeit der Schlange
  - hier: Durchlaufzahl der Warteschleife

Zerlegung in Teilprobleme

- Basisablauf: Welche Schritte wiederholen sich immer wieder?
- Wiederkehrende Teilprobleme sollten in eigene Funktionen ausgelagert werden
- Vermeidung der Duplikation von Code
- Welcher Zustand muss über Basisabläufe hinweg erhalten bleiben?
  - Ist der Zustand nur für ein Teilproblem relevant?
  - Sichtbarkeit auf das Teilproblem einschränken
  - ⇝ **Kapselung** soweit wie möglich

Basisablauf

- Darstellung der Schlange
- Bewegung der Schlange
- Pseudocode:

```
1  void main(void) {
2    while(1) {
3      // berechne Laenge
4      laenge = ...
5
6      // zeichne Schlange
7      drawSnake(kopf, laenge, richtung);
8
9      // veraendere Schlangenkopf, abhaengig von Richtung
10     ...
11
12   } // Ende der Hauptschleife
13 }
```

Darstellung der Schlange

- Darstellungsparameter
  - Kopfposition
  - Länge
  - Richtung
- Funktionssignatur:

```
void drawSnake(uint8_t head, uint8_t length, uint8_t direction)
```

- Anzeige der Schlange abhängig von den Parametern
  - Aktivieren der zur Schlange gehörenden LEDs
  - Deaktivieren der restlichen LEDs

Bewegung der Schlange

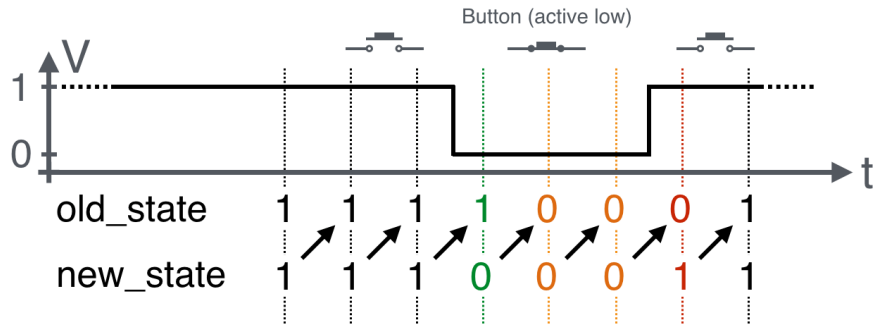
- Bestimmung der Bewegungsparameter
  - Geschwindigkeit
  - Richtung
- Bewegen der Schlange
  - Anpassen der Kopfposition abhängig von der Richtung
- Wartepause abhängig von der Geschwindigkeit
- gegebenenfalls Richtungsänderung
  - bisheriger Schlangenschwanz wird zum Schlangenkopf

Verwendung von Modulo

- Modulo ist der Divisionsrest einer Ganzzahldivision
- **Achtung**: In C ist das Ergebnis im negativen Bereich auch negativ
- Beispiel: `b = a % 4;`

a:	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
b:	-1	0	-3	-2	-1	0	1	2	3	0	1	2

Flankendetektion ohne Interrupts



- Detektion der Flanke durch aktives, **zyklisches Abfragen** (engl. Polling) eines Pegels
- Unterscheidung zwischen **active-high** & **active-low** notwendig
- Später: Realisierung durch Interrupts

Inhalt

Hands-on: Signallampe

- Morsesignale über LED 0 ausgeben
- Steuerung über Taster 1
- Nutzung der Bibliotheksfunktionen für Button und LED
- Dokumentation der Bibliothek:
  `https://www4.cs.fau.de/Lehre/SS17/V_SPIC/Uebung/doc`
- Optional: Implementierung ohne Nutzung der Bibliothek