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

Übung 2

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

Variablen

Verwendung von `int`

- Die Größe von `int` ist nicht genau definiert
- zum Beispiel beim ATmega328PB: 16 bit
  - ⇒ Gerade auf µC führt dies zu Fehlern und/oder langsameren Code
- Für die Übung gilt
  - 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 (SPiCboard/ATmega328PB hat nur 2048 Byte SRAM)

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

Sichtbarkeit & Lebensdauer

Sichtbarkeit und Lebensdauer	**nicht `static`**	**`static`**
lokale Variable	Sichtbarkeit **Block** Lebensdauer **Block**	Sichtbarkeit **Block** Lebensdauer **Programm**
globale Variable	Sichtbarkeit **Programm** Lebensdauer **Programm**	Sichtbarkeit **Modul** Lebensdauer **Programm**
Funktion	Sichtbarkeit **Programm**	Sichtbarkeit **Modul**

- Lokale Variablen, die **nicht** `static` deklariert werden:

⇝ `auto` Variable (automatisch allokiert & freigegeben)

- Funktionen als `static`, wenn kein Export notwendig

Globale Variablen

```
01 static uint8_t state; // global static
02 uint8_t event_counter; // global
03
04 void main(void) {
05   /* ... */
06 }
07
08 static void f(uint8_t a) {
09   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

⇝ wo möglich, `static` für Funktionen und Variablen verwenden

Typedefs & Enums

```
01 #define PB3 3
02 typedef enum {
03     BUTTON0 = 0,
04     BUTTON1 = 1
05 } BUTTON;
06
07 void main(void) {
08     /* ... */
09     PORTB |= (1 << PB3); // nicht (1 << 3)
10
11     BUTTONSTATE old, new; // nicht uint8_t old, new;
12
13     // Deklaration: BUTTONSTATE sb_button_getState(BUTTON btn);
14     old = sb_button_getState(BUTTON0); // nicht
       ↪ sb_button_getState(0)
15     /* ... */
16 }
```

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

Compileroptimierung

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)

```
01 void wait(void) {
02   uint8_t u8 = 0;
03   while(u8 < 200) {
04     u8++;
05   }
06 }
```

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

Compileroptimierung: Beispiel (2)

- Assembler ohne Optimierung

```
01 ; void wait(void){
02 ; uint8_t u8;
03 ; [Prolog (Register sichern, Y initialisieren, etc)]
04 rjmp while      ; Springe zu while
05 ; u8++;
06 addone:
07 ldd r24, Y+1    ; Lade Daten aus Y+1 in Register 24
08 subi r24, 0xFF  ; Ziehe 255 ab (addiere 1)
09 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

```
01 ; void wait(void){
02 ret             ; Kehre aus der Funktion zurück
03 ; }
```

- 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

Bits & Bytes

Bitoperationen

- Übersicht:

&	0	1
0	0	0
1	0	1

|	0	1
0	0	1
1	1	1

∧	0	1
0	0	1
1	1	0

~	
0	1
1	0

Bitoperationen

- Übersicht:

&	0	1
0	0	0
1	0	1

|	0	1
0	0	1
1	1	1

∧	0	1
0	0	1
1	1	0

~	
0	1
1	0

- Beispiel:

	1100	1100	1100
~	&	|	∧
1001	1001	1001	1001
0110	1000	1101	0101

- Beispiel:

`uint8_t x = 0x9d;`	1	0	0	1	1	1	0	1
`x <<= 2;`	0	1	1	1	0	1	**0**	**0**
`x >>= 2;`	**0**	**0**	0	1	1	1	0	1

- Setzen von Bits:

`(1 << 0)`	0	0	0	0	0	0	0	**1**
`(1 << 3)`	0	0	0	0	**1**	0	0	0
`(1 << 3) | (1 << 0)`	0	0	0	0	**1**	0	0	**1**

- **Achtung:**
  Bei `signed`-Variablen ist das Verhalten des >>-Operators nicht 100% definiert. Im Normalfall(!) werden bei negativen Werten 1er geshiftet.

Aufgabe: snake

Aufgabe: 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
- Modus der Schlange mit Taster (`BUTTON0`) umschaltbar
  - Normalfall: Helle Schlange auf dunklem Grund
    $\longrightarrow$ leuchtende LEDs repräsentieren die Schlange
  - Invertiert: Dunkle Schlange auf hellem Grund
    $\longrightarrow$ inaktive LEDs repräsentieren die Schlange

$\Rightarrow$ Bearbeitung in Zweier-Gruppen: `submit` fragt nach Partner

Allgemeine Hinweise

- Variablen in Funktionen verhalten sich weitgehend wie in Java
  - $\rightsquigarrow$ Zur Lösung der Aufgabe sind lokale Variablen ausreichend

- Der C-Compiler liest Dateien von oben nach unten
  - $\rightsquigarrow$ Legen Sie die Funktionen in der folgenden Reihenfolge an:
    1. `wait()`
    2. `drawsnake()`
    3. `main()`

$\Rightarrow$ 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]
- Modus der Schlange
  - hell oder dunkel
  - 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 Teilprobleme relevant?
  - Sichtbarkeit auf das Teilproblem einschränken

  ⇝ **Kapselung** soweit wie möglich

Basisablauf

- Darstellung der Schlange
- Bewegung der Schlange
- Pseudocode:

```
01 void main(void) {
02   while(1) {
03     // berechne Laenge
04     laenge = ...
05
06     // zeichne Schlange
07     drawSnake(kopf, laenge, modus);
08
09     // setze Schlangenkopf weiter
10     ...
11
12   } // Ende der Hauptschleife
13 }
```


Darstellung der Schlange

- Darstellungsparameter
  - Kopfposition
  - Länge
  - Modus
- Funktionssignatur: `void drawSnake(uint8_t head, uint8_t length, uint8_t modus)`
- Anzeige der Schlange abhängig von den Parametern
  - Normaler Modus (Helle Schlange):
    - Aktivieren der zur Schlange gehörenden LEDs
    - Deaktivieren der restlichen LEDs
  - Invertierter Modus (Dunkle Schlange):
    - Deaktivieren der zur Schlange gehörenden LEDs
    - Aktivieren der restlichen LEDs

Bewegung der Schlange

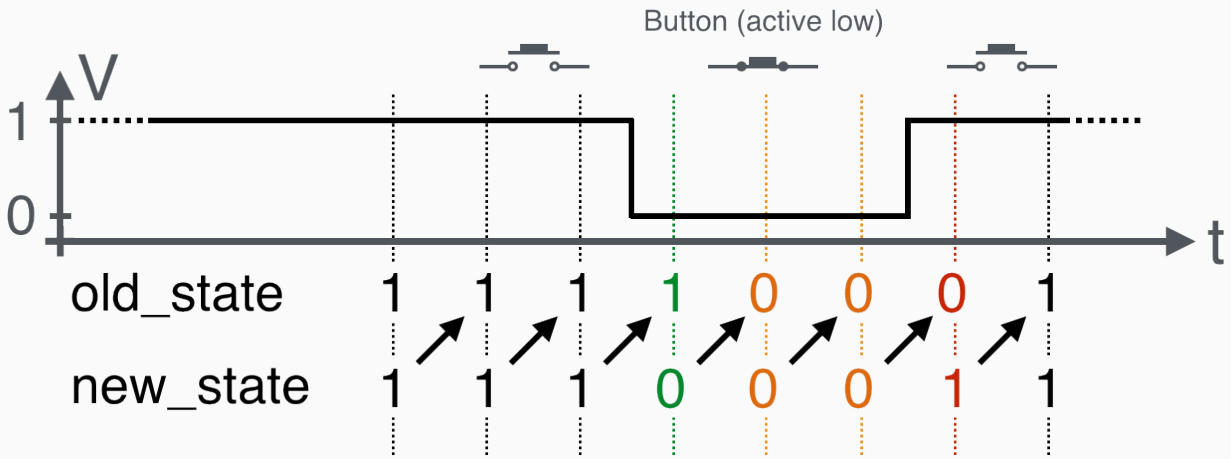
- Bestimmung der Bewegungsparameter
  - Geschwindigkeit
  - Länge
  - Modus
- Bewegen der Schlange
  - Anpassen der Kopfposition
  - Ggf. an den Anfang der LED Leiste zurückspringen
- Wartepause abhängig von der Geschwindigkeit
- gegebenenfalls Modusänderung

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

Hands-on: Signallampe

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/SS18/V_SPIC/Uebung/doc`