

Übungen zu Systemnahe Programmierung in C (SPiC)

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



Sommersemester 2015



Inhalt

Verwendung von int

Compileroptimierung

Sichtbarkeit & Lebensdauer

Typdefs & Enums

Aufgabe 2: Snake



Inhalt

Verwendung von int

Compileroptimierung

Nutzen

Beispiel

Schlüsselwort volatile

Sichtbarkeit & Lebensdauer

Typdefs & Enums

Aufgabe 2: Snake

Hinweise

Beschreibung der Schlange

Zerlegung in Teilprobleme

Flankendetektion ohne Interrupts



Verwendung von int

- 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!



Verwendung von int

Compileroptimierung

Nutzen

Beispiel

Schlüsselwort volatile

Sichtbarkeit & Lebensdauer

Typdefs & Enums

Aufgabe 2: Snake



- 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



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 ;}
    
```

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

Übersicht: Sichtbarkeit & Lebensdauer

		SB Sichtbarkeit LD Lebensdauer		nicht static	static
Variablen	lokal (auto)	Block SB	LD Block	Block SB	LD Programm
	global	Programm SB	LD Programm	Modul SB	LD Programm
Funktionen		SB Programm		SB Modul	

- Lokale Variable = 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; // auto static
10    uint8_t num_leds; // auto
11    ...
12 }
```

- Sichtbarkeit/Gültigkeit möglichst weit **einschränken**
- Globale Variable ≠ lokale Variable in der main()
- Globale static Variablen: Sichtbarkeit auf Modul beschränken
- ~ static bei Funktionen und globalen Variablen verwenden, wo möglich



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



Inhalt

Verwendung von int

Compileroptimierung

Sichtbarkeit & Lebensdauer

Typdefs & Enums

Aufgabe 2: Snake

Hinweise

Beschreibung der Schlange

Zerlegung in Teilprobleme

Flankendetektion ohne Interrupts



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



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
- Warteperiode abhängig von der Geschwindigkeit
- gegebenenfalls Richtungsänderung
 - bisheriger Schlangenschwanz wird zum Schlangenkopf



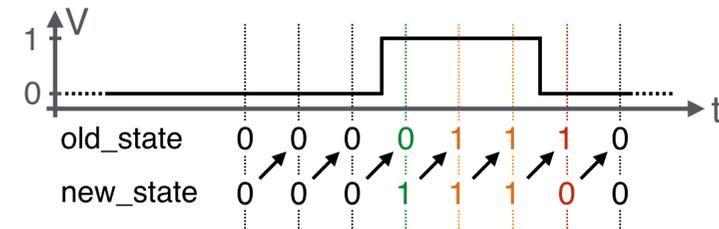
Verwendung von Modulo

- 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
- Später im Geschicklichkeitsspiel: Realisierung durch Interrupts

