

# Übungen zu Systemnahe Programmierung in C (SPiC)

Sebastian Maier  
(Lehrstuhl Informatik 4)

## Übung 2



Sommersemester 2017



## Variablen

- Verwendung von int
- Sichtbarkeit & Lebensdauer
- Typdefs & Enums

## Compileroptimierung

- Nutzen
- Beispiel
- Schlüsselwort volatile

## Aufgabe 2: Snake

- Allgemeine Hinweise
- Beschreibung der Schlange
- Zerlegung in Teilprobleme
- Flankendetektion ohne Interrupts

## Hands-on: Signallampe



## Variablen

- Verwendung von int
- Sichtbarkeit & Lebensdauer
- Typdefs & Enums

## Compileroptimierung

## Aufgabe 2: Snake

## Hands-on: Signallampe



- Die Größe von `int` ist nicht genau definiert (ATmega328PB: 16 bit)  
⇒ Gerade auf  $\mu$ C 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  $\mu$ C
- ~> Nur so viel Speicher verwenden, wie tatsächlich benötigt wird!



SB Sichtbarkeit LD Lebensdauer		nicht static	static
Variablen	lokal	Block SB <i>auto Variable</i> 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

```
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  $\neq$  lokale Variable in `f()`
  - Globale static Variablen: Sichtbarkeit auf Modul beschränken
- static bei Funktionen und globalen Variablen verwenden, wo möglich



```
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



Variablen

Compileroptimierung

Nutzen

Beispiel

Schlüsselwort volatile

Aufgabe 2: Snake

Hands-on: Signallampe





- 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



## ■ 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

- 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



Variablen

Compileroptimierung

Aufgabe 2: Snake

- Allgemeine Hinweise

- Beschreibung der Schlange

- Zerlegung in Teilprobleme

- Flankendetektion ohne Interrupts

Hands-on: Signallampe



## 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





- 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.



- 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



- 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



- 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 }
```



- 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



- 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

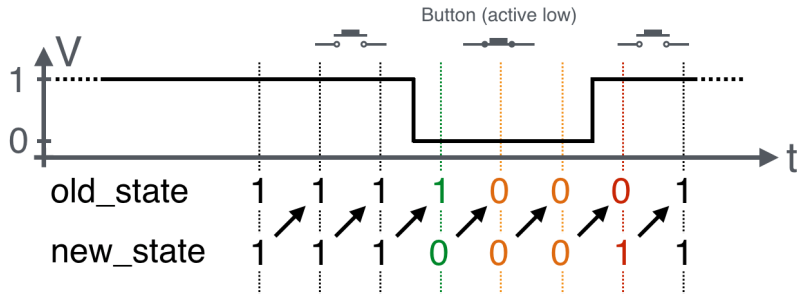


- Modulo ist der Divisionsrest einer Ganzzahldivision
- **Achtung:** In C ist das Ergebnis im negativen Bereich auch negativ
- Beispiel:  $b = a \% 4;$

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





Variablen

Compileroptimierung

Aufgabe 2: Snake

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](https://www4.cs.fau.de/Lehre/SS17/V_SPIC/Uebung/doc)
- Optional: Implementierung ohne Nutzung der Bibliothek

