

# Übungen zu Systemnahe Programmierung in C (SPiC) – Sommersemester 2024

---

## Übung 2

Maxim Ritter von Oncuil

Arne Vogel

Lehrstuhl für Informatik 4  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg



Lehrstuhl für Informatik 4  
Systemsoftware



Friedrich-Alexander-Universität  
Technische Fakultät

# Variablen

---



- Die Größe von `int` ist nicht genau definiert
  - Zum Beispiel beim ATMEGA328PB: 16 bit
    - ⇒ Gerade auf  $\mu\text{C}$  führt dies zu langsamerem Code und/oder Fehlern
  - 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 auf  $\mu\text{C}$  sehr teuer  
(SPICBOARD/ATMEGA328PB hat nur 2048 Byte SRAM)
- ~> Nur so viel Speicher verwenden, wie tatsächlich benötigt wird!



```
01 #define PB3 3
02
03 typedef enum {
04     BUTTON0 = 0, BUTTON1 = 1
05 } BUTTON;
06
07 typedef enum {
08     PRESSED = 0, RELEASED = 1, UNKNOWN = 2
09 } BUTTONSTATE;
10
11 void main(void) {
12     /* ... */
13     PORTB |= (1 << PB3); // nicht (1 << 3)
14
15     // Deklaration: BUTTONSTATE sb_button_getState(BUTTON btn);
16     BUTTONSTATE zustand = sb_button_getState(BUTTON0); // nicht
17     ↪ sb_button_getState(0)
18     /* ... */
19 }
```

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

## Bits & Bytes

---



- Zahlen können in unterschiedlichen Basen dargestellt werden
  - ⇒ Üblich: dezimal (10), hexadezimal (16), oktal (8) und binär (2)
- Nomenklatur:
  - Bits: Ziffern von Binärzahlen
  - Nibbles: Gruppen von 4 Bits
  - Bytes: Gruppen von 8 Bits



- Bitoperation: Bitweise logische Verknüpfung
- Mögliche Operationen:

$\sim$	
0	1
1	0

nicht

$\&$	0	1
0	0	0
1	0	1

und

$\mid$	0	1
0	0	1
1	1	1

oder

$\wedge$	0	1
0	0	1
1	1	0

exklusives  
oder



- Bitoperation: Bitweise logische Verknüpfung
- Mögliche Operationen:

~	
0	1
1	0

nicht

&	0	1
0	0	0
1	0	1

und

	0	1
0	0	1
1	1	1

oder

^	0	1
0	0	1
1	1	0

exklusives  
oder

- Beispiel:

$$\begin{array}{r} \sim 1001_2 \\ \hline 0110_2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1100_2 \\ \& 1001_2 \\ \hline 1000_2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1100_2 \\ | 1001_2 \\ \hline 1101_2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1100_2 \\ \wedge 1001_2 \\ \hline 0101_2 \end{array}$$





## ■ Beispiel:

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

1	0	0	1	1	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

0	1	1	1	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---

0	0	0	1	1	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

## ■ Setzen von Bits:

0	0	0	0	0	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

0	0	0	0	1	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---

0	0	0	0	1	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

## ■ Achtung:

Bei signed-Variablen ist das Verhalten des `>>`-Operators nicht vollständig definiert. In der Regel werden bei negativen Werten 1er geschiftet.

## Aufgabe: snake

---



- Schlange bestehend aus benachbarten LEDs
- Länge 1 bis 5 LEDs, regelbar mit Potentiometer (POTI)
- Geschwindigkeit abhängig von der Umgebungshelligkeit (PHOTO)
  - ↪ Je heller die Umgebung, desto schneller
- Modus der Schlange mit Taster (BUTTON0) umschaltbar
  - Normal: Leuchtende LEDs repräsentieren Schlange
  - Invertiert: Inaktive LEDs repräsentieren Schlange

⇒ Bearbeitung in Zweiergruppen: 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  $\{0, 1, \dots, 7\}$
- Länge der Schlange
  - Ganzzahl aus  $\{1, 2, \dots, 5\}$
- Modus der Schlange
  - Hell oder dunkel
  - Beispielsweise durch 0 und 1 repräsentiert
- Geschwindigkeit der Schlange
  - Hier: Durchlaufzahl der Warteschleife



- Basisablauf: Welche Schritte wiederholen sich immer wieder?
- Vermeidung von Codeduplikation:
  - ~> Wiederkehrende Teilprobleme in eigene Funktionen auslagern
- Kapselung: Sichtbarkeit möglichst weit einschränken
  - Ist der Zustand nur für eine Funktion relevant?
    - ~> Lokale Variable
  - Greifen mehrere Funktionen auf den gleichen Zustand zu?
    - ~> Modullokale/globale Variable



- Basisablauf: Schlange darstellen, Schlange bewegen, ...
- 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         // Warte und bestimme Modus
13         ...
14
15     } // Ende der Hauptschleife
16 }
```



- 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



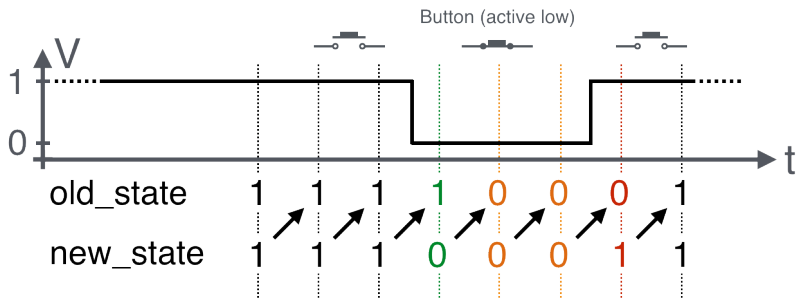


- Bewegen der Schlange
  - Kopfposition abhängig von der Bewegungsrichtung anpassen
  - Problem: Was passiert am Ende der LED-Leiste?
- Eine Lösung: Der Modulooperator %
  - Divisionsrest einer Ganzzahldivision
  - **Achtung:** In C ist das Ergebnis im negativen Bereich auch negativ
  - Beispiel:  $b = a \% 4;$

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



- Aktives Warten zwischen Schlangenbewegungen
  - Erkennen ob der Button gedrückt wurde
  - Detektion der Flanke durch **zyklisches Abfragen** (engl. Polling) des Pegels
  - Unterscheidung zwischen **active-high** & **active-low**
  - Später: Realisierung durch Interrupts



# Hands-on: Signallampe

Screencast: <https://www.video.uni-erlangen.de/clip/id/14038>



- Morsesignale über RED0 ausgeben
- Steuerung über BUTTON1
- Nutzung der Bibliotheksfunktionen für Button und LED
- Dokumentation der Bibliothek in der SPiC IDE oder unter <https://sys.cs.fau.de/lehre/SS24/spic/uebung/spicboard/libapi>
- Quelltext kommentieren