

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 μC 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 μC 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

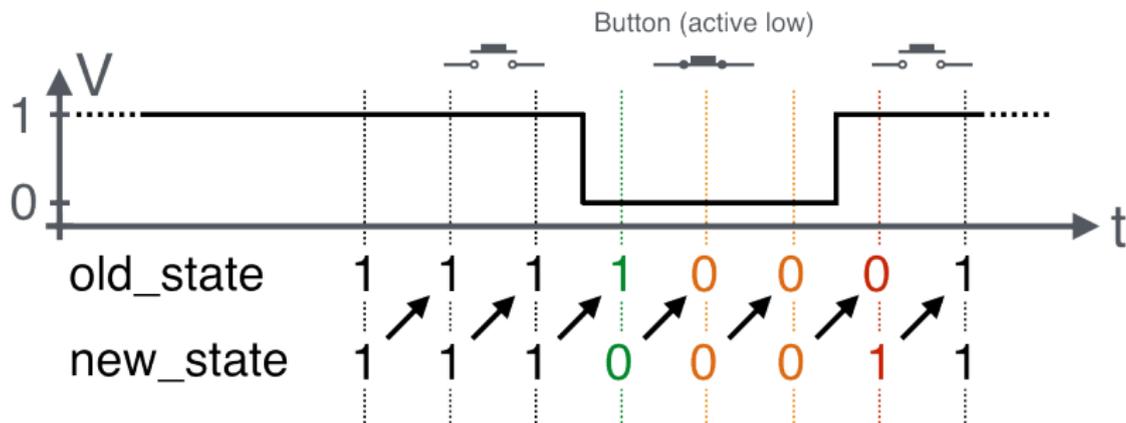


- Bewegen der Schlange
 - Kopfposition abhängig von der Bewegungsrichtung anpassen
 - Problem: Was passiert am Ende der LED-Leiste?
- Eine Lösung: Der Modulooperator %
 - Divisionsrest einer Ganzzahldivision
 - **Achtung:** In C ist das Ergebnis im negativen Bereich auch negativ
 - Beispiel: $b = a \%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

| | | | | | | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|
| 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