

- Wiederholung
- Aufgabe 2

1 Variablentypen

- Standardtypen sind in C nicht genau definiert:
 - ◆ `char` ist immer 8 Bit (bis auf einige Ausnahmen)
 - ◆ `short int` ≤ 16 Bit ≤ `int` ≤ `long int` ≤ `long long int`
 - ◆ Beispiel für drei Architekturen (Angaben in Bits)

	8-bit AVR	Intel x86-32	Intel x86-64
<code>char</code>	8	8	8
<code>short</code>	16	16	16
<code>int</code>	16	32	32
<code>long</code>	32	32	64

- Der genaue Wertebereich steht in der Header-Datei `limits.h`
 - ◆ z. B. `INT_MIN`, `INT_MAX` oder `UINT_MIN`, `UINT_MAX`

1 Variablentypen (2)

- Besser: Verwendung der Header-Datei `stdint.h`
 - ◆ `int16_t` 16 Bit mit Vorzeichen (*signed*):
`INT16_MIN` (• 32768) bis `INT16_MAX` (32767)
 - ◆ `uint16_t` 16 Bit ohne Vorzeichen (*unsigned*):
`UINT16_MIN` (0) bis `UINT16_MAX` (65535)
- Vorteile:
 - ◆ Wertebereich ist bekannt
 - ◆ Insbesondere in der hardwarenahen Programmierung braucht man oft Datentypen einer bekannten, festen Größe (I/O-Register)
 - ◆ Quellcode kann leichter auf andere µC portiert werden

2 Lebensdauer von Variablen (Vorgriff)

- Die Lebensdauer einer Variablen bestimmt, wie lange der Speicherplatz für die Variable aufgehoben wird
- Zwei Arten
 - ◆ Speicherplatz bleibt für die gesamte Programmausführungszeit reserviert
 - statische (`static`) Variablen
 - ◆ Speicherplatz wird bei Betreten eines Blocks reserviert und danach wieder freigegeben
 - dynamische (`auto`) Variablen

2 Lebensdauer von Variablen (2)

auto-Variablen

- Lokale Variablen sind standardmäßig automatic-Variablen
 - der Speicher wird bei Betreten des Blocks / der Funktion reserviert und bei Verlassen wieder freigegeben
 - ➔ der Wert einer lokalen Variablen ist beim nächsten Betreten des Blocks nicht mehr verfügbar!
- Lokale auto-Variablen können durch beliebige Ausdrücke initialisiert werden
 - die Initialisierung wird bei jedem Eintritt in den Block wiederholt
- !!! Wird eine auto-Variable nicht initialisiert, ist ihr Wert vor der ersten Zuweisung undefiniert (= irgendwas)

U2-2 Deklaration und Definition

U2-2 Deklaration und Definition

- Compiler arbeiten den Quelltext von oben nach unten ab
- Deklaration
 - ◆ Das "Versprechen", dass es eine bestimmte Variable bzw. eine Funktion geben wird, die einen bestimmten Rückgabewert hat und bestimmte Parameter übergeben bekommt.

```
uint8_t meineFunktion(uint8_t w1, uint16_t w2);
```

- Definition
 - ◆ Die eigentliche Funktion

```
uint8_t meineFunktion(uint8_t w1, uint16_t w2) {
    /* Hier passiert was */
}
```

- Die Funktionen der libspicboard werden in Headerdateien deklariert.

2 Lebensdauer von Variablen (3)

static-Variablen

- Der Speicher für alle globalen Variablen ist generell von Programmstart bis Programmende reserviert
- Lokale Variablen erhalten bei Definition mit dem Schlüsselwort `static` eine **Lebensdauer über die gesamte Programmausführung** hinweg
 - ➔ der Inhalt bleibt bei Verlassen des Blocks erhalten und ist bei einem erneuten Eintreten in den Block noch verfügbar
- !!! Das Schlüsselwort `static` hat bei globalen Variablen eine völlig andere Bedeutung (Einschränkung des Zugriffs auf das Modul)
- Static-Variablen können nur durch konstante Ausdrücke initialisiert werden
 - die Initialisierung wird nur einmal beim Programmstart vorgenommen (auch bei lokalen Variablen!)
 - erfolgt keine explizite Initialisierung, wird automatisch mit 0 vorbelegt

U2-3 Optimierung durch den Compiler

U2-3 Optimierung durch den Compiler

- AVR-Mikrocontroller und verwandte CPUs können ihre Rechenoperationen nicht direkt auf Variablen ausführen, die im Speicher liegen
 - ◆ Stattdessen:
 - (1) Laden der Operanden aus dem Speicher in Prozessorregister
 - (2) Abarbeiten der Operationen in den Registern
 - (3) Zurückschreiben des Ergebnisses in den Speicher
- Der Compiler macht Annahmen, um den Code zu optimieren. Beispiele:
 - ◆ Variableninhalte sind beständig. Sie ändern sich nicht "von alleine".
 - ◆ Operationen, die den Zustand nicht ändern, können entfernt werden.

U2-3 Optimierung durch den Compiler (2)

U2-3 Optimierung durch den Compiler

■ Typische Optimierungen:

- ◆ Redundanter und "toter" Code wird weggelassen.
- ◆ Die Reihenfolge des Codes wird umgestellt.
- ◆ Für lokale Variablen wird kein Speicher reserviert; es werden stattdessen Prozessorregister verwendet.
- ◆ Abhängige Variablen werden nur bei Bedarf berechnet
- ◆ Wenn möglich, übernimmt der Compiler die Berechnung:
a = 3 + 5; wird zu a = 8;
- ◆ Der Wertebereich von Auto-Variablen wird geändert:
Statt von 0 bis 10 wird von 246 bis 256 (= 0 für uint8_t) gezählt und dann getestet, ob ein Überlauf stattgefunden hat.

■ Codebeispiel

```
void wait(void) {  
    uint8_t u8 = 0;  
    while(u8 < 200) {  
        u8++;  
    }  
}
```

U2-3 Code ohne Optimierung

U2-3 Optimierung durch den Compiler

■ Codebeispiel ohne Optimierung:

```
;void wait(void){  
; uint8_t u8;  
; [Prolog (Register sichern, etc)]  
    rjmp while;    Springe zu while  
; u8++;  
addone:  
    ldd r24, Y+1;   Lade Daten aus Y+1 in Register 24  
    subi r24, 0xFF; Ziehe 255 ab (addiere 1)  
    std Y+1, r24;   Schreibe Daten aus Register 24 in Y+1  
; while(u8 < 200)  
while:  
    ldd r24, Y+1;   Lade Daten aus Y+1 in Register 24  
    cpi r24, 0xC8;  Vergleiche Register 24 mit 200  
    brcs addone;    Wenn kleiner, dann springe zu addone  
;[Epilog (Register wiederherstellen)]  
    ret;           Kehre aus der Funktion zurück  
}
```

U2-3 Code mit Optimierung

U2-3 Optimierung durch den Compiler

■ Codebeispiel mit Optimierung:

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

- Die Schleife hat keine Auswirkung auf den Zustand und wird deswegen komplett wegoptimiert.

U2-4 Aufgabe 2: snake

U2-4 Aufgabe 2: snake

- Schlange bestehend aus benachbarten LEDs
- Länge 1 bis 5 LEDs, regelbar mit Potentiometer (POTI)
- Geschwindigkeit abhängig von der Umgebungshelligkeit (je heller, desto schneller)
- Bewegungsrichtung umschaltbar mit Taster

U2-5 Parameter der Schlange

U2-5 Parameter 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

SPIC-Ü

Systemnahe Programmierung in C — Übungen

© Moritz Strübe, Michael Stillerich • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2012

U2.fm 2012-05-03 16.32

U2.1

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

U2-6 Zerlegung in Teilprobleme

U2-6 Zerlegung in Teilprobleme

- Basisablauf: Welche Schritte wiederholen sich immer wieder?
- Teilprobleme *können* in eigene Funktionen ausgelagert werden
- Wiederkehrende Teilprobleme *sollten* in Funktionen ausgelagert werden
- Welcher Zustand muss über Basisabläufe hinweg erhalten bleiben?
 - ◆ Ist der Zustand gegebenenfalls nur für ein Teilproblem relevant?
 - ◆ Sichtbarkeit dann auf das Teilproblem einschränken (Kapselung)

SPIC-Ü

Systemnahe Programmierung in C — Übungen

© Moritz Strübe, Michael Stillerich • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2012

U2.fm 2012-05-03 16.32

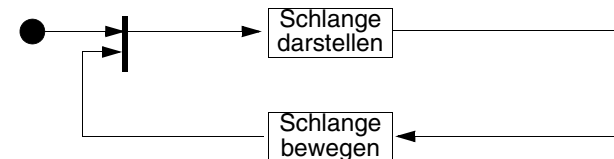
U2.1

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

U2-6 Basisablauf

U2-6 Zerlegung in Teilprobleme

- Darstellung der Schlange
- Bewegung der Schlange



SPIC-Ü

Systemnahe Programmierung in C — Übungen

© Moritz Strübe, Michael Stillerich • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2012

U2.fm 2012-05-03 16.32

U2.1

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

SPIC-Ü

Systemnahe Programmierung in C — Übungen

© Moritz Strübe, Michael Stillerich • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2012

U2.fm 2012-05-03 16.32

U2.1

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1 Darstellung der Schlange

- Bestimmung der Darstellungsparameter
 - ◆ Kopfposition
 - ◆ Länge
 - ◆ Richtung
- Anzeige der Schlange abhängig von den Parametern
 - ◆ Aktivieren der zur Schlange gehörenden LEDs
 - ◆ Deaktivieren der restlichen LEDs

2 Bewegung der Schlange

- 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

U2-7 Ablaufplan für Teilproblem Schlangenanzeige

- Einen Wertebereich reduzieren mit dem Modulo-Operator: %
- *Modulo* ist der Divisionsrest einer Ganzzahldivision.
- $b = a \% 4;$

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

U2-8 Bestimmung der Richtungsänderung

- Der Taster muss periodisch abgefragt werden
 - ◆ man bekommt nur eine Momentaufnahme des Tasters
- eventuell wird ein Tastendruck verpasst
 - ◆ Hochfrequente Abfrage zur Minimierung des Risikos
 - ◆ Wo im Programm ist dies sinnvoll möglich?
 - in der Warteschleife (jedem Durchlauf)
 - hier wird die meiste Zeit verbracht
- mehrfache Abfrage des Tasterzustands während eines Tasterdrucks
 - ◆ Mehrfachinterpretation eines Tasterdrucks vermeiden
 - ◆ Loslassen des Tasters muss explizit registriert werden
 - Historie über den vorigen Tasterzustand mitführen (Flankenerkennung)