

U4 Grundlagen der C-Programmierung

- Makros
- Enums und Typedefs
- Deklaration und Definition
- Compileroptimierungen

Systemnahe Programmierung in C — Übungen

© Jürgen Kleinöder, Michael Stilkerich, Moritz Strübe • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2011

U4.1
U7.fm 2011-01-20 14.37

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

U4-1 Makros (2)

- Funktionen:

```
#define POW2(a) (a * a)
[...]
a = POW2(4); // a = (4 * 4);
```

- Achtung:

```
#define ADD(a, b) a + b
[...]
a = ADD(7, 5) * 5; // a = 7 + 5 * 5 = 32
```

◆ Berechnungen bei Makros in Klammern setzen

```
#define ADD(a, b) (a + b)
[...]
a = ADD(7, 5) * 5; // a = (7 + 5) * 5 = 60
```

Systemnahe Programmierung in C — Übungen

© Jürgen Kleinöder, Michael Stilkerich, Moritz Strübe • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2011

U4.3
U7.fm 2011-01-20 14.37

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

U4-1 Makros

- Makros sind Textersetzung, welche vom Präprozessor aufgelöst werden. Dies passiert bevor der Compiler die Datei verarbeitet.
- Aufbau: `#define Suchwort Ersetzung`
 - ◆ Anweisungsende ist der Zeilenumbruch (kein Strichpunkt!)
- Ersetzung:

```
#define MEINE_KONST 7
[...]
a = b + MEINE_KONST; // a = b + 7;
```

```
#define MEINE_ERSETZUNG = b + 7
[...]
a MEINE_ERSETZUNG; // a = b + 7;
```

Systemnahe Programmierung in C — Übungen

© Jürgen Kleinöder, Michael Stilkerich, Moritz Strübe • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2011

U4.2
U7.fm 2011-01-20 14.37

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

U4-2 Enums

- Der Enum-Typ (engl. Enumeration = Aufzählung)
 - ◆ Zuweisung eines Namens zu einem Integertyp
 - ◆ C beginnt mit 0 und erhöht Enums automatisch um 1
 - ◆ Beispiel:

```
enum LED_e{
    RED0      = 0,
    YELLOW0   = 1,
    GREEN0    = 2,
    BLUE0     = 3,
    RED1      = 4,
    YELLOW1   = 5,
    GREEN1    = 6,
    BLUE1     = 7
};
```

```
enum LED_e{
    RED0 = 0,
    YELLOW0,
    GREEN0,
    BLUE0,
    RED1,
    YELLOW1,
    GREEN1,
    BLUE1
};
```

Systemnahe Programmierung in C — Übungen

© Jürgen Kleinöder, Michael Stilkerich, Moritz Strübe • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2011

U4.4
U7.fm 2011-01-20 14.37

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

U4-2 Enums (2)

■ Verwendung von Enums

```
enum LED_e{
    RED0,
    YELLOW0,
    GREEN0,
    BLUE0,
    RED1,
    YELLOW1,
    GREEN1,
    BLUE1
};

enum LED_e meineLed;
meineLed = RED1;
meineLed++;
if(meineLed == YELLOW1){
    /* Dies wird ausgeführt */
}
```

■ Achtung! C überprüft den Wertebereich von Enums nicht! `meineLed++`, kann also einen ungültigen Wert ergeben! Die Einhaltung des Wertebereichs ist Aufgabe des Programmierers.

U4-4 Deklaration und Definition

■ Compiler arbeiten den Quelltext von oben nach unten ab

■ Deklaration

◆ Das "Versprechen", dass es eine Funktion/Variable 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.

U4-3 Typedefs

■ Typedefs erlauben es, neue Variabtentypen zu deklarieren

■ Beispiel stdint.h der libavr:

```
typedef signed char int8_t;
typedef unsigned char uint8_t;
typedef signed int int16_t;
typedef unsigned int uint16_t;
typedef signed long int int32_t;
typedef unsigned long int uint32_t;
```

■ Dies ist auch mit Enums oder Strukturen (werden später eingeführt) möglich

■ Verkürzte Schreibweise aus der led.h:

```
typedef enum {
    RED0=0, YELLOW0=1, GREEN0=2, BLUE0=3,
    RED1=4, YELLOW1=5, GREEN1=6, BLUE1=7
} LED;
```

U4-5 Optimierung durch den Compiler

■ Eine CPU arbeitet nicht direkt im Speicher:

- (1) Laden aus dem Speicher in Register
- (2) Abarbeiten der Operationen in den Registern
- (3) Zurückschreiben 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.

U4-5 Optimierung durch den Compiler (2)

■ Typische Optimierungen:

- ◆ Code wird weggelassen.
- ◆ Die Reihenfolge des Codes wird umgestellt.
- ◆ Für lokale Variablen wird kein Speicher reserviert; es werden stattdessen Register verwendet.
- ◆ Wenn möglich, übernimmt der Compiler die Berechnung:
 $a = 3 + 5$; wird zu $a = 8$;
- ◆ Der Wertebereich 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;
    while(u8 < 200) {
        u8++;
    }
}
```

Systemnahe Programmierung in C — Übungen

© Jürgen Kleinöder, Michael Stilkerich, Moritz Strübe • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2011

U4.9
U7.fm 2011-01-20 14.37

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

U4-5 Code ohne Optimierung

■ 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
    brcc addone;   Wenn kleiner dann springe zu addone
;[Epilog (Register wiederherstellen)]
    ret;           Kehre aus der Funktion zurück
}
```

Systemnahe Programmierung in C — Übungen

© Jürgen Kleinöder, Michael Stilkerich, Moritz Strübe • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2011

U4.1
U7.fm 2011-01-20 14.37

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

Systemnahe Programmierung in C — Übungen

© Jürgen Kleinöder, Michael Stilkerich, Moritz Strübe • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2011

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

U4-5 Code mit Optimierung

■ Codebeispiel mit Optimierung:

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

■ Die Schleife hat keine Auswirkung auf den Zustand.

■ Lösung: Variable als volatile (engl. unbeständig) deklarieren

- ◆ Für Variablen bedeutet dies: Sie müssen immer in den Speicher gelegt und vor und nach jeder Operation mit diesem synchronisiert werden; ihr Wertebereich darf nicht geändert werden.

Systemnahe Programmierung in C — Übungen

© Jürgen Kleinöder, Michael Stilkerich, Moritz Strübe • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2011

U4.1
U7.fm 2011-01-20 14.37

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

■ Einsatzmöglichkeiten von volatile:

- ◆ Warteschleifen

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

- ◆ Zugriff auf Hardware (z. B. Pins).
- ◆ Debuggen; der Wert wird nicht wegoptimiert.