Informatikwerkstatt, Foliensatz 2 C-Programmierung

G. Kemnitz

2. November 2022

Inhalt:

Contents

1 Wiederholung **1**

2 Variablen **5**

3 Typecast **11**

4 Aufgaben **12**

Interaktive Übungen:

- Globale und lokale Variablen (glvar).

1 Wiederholung

W2.1: Hexadezimal- und Binärzahlen

1. Zuordnung der Hexadezimalziffern:

bin.	hex.	bin.	hex.	bin.	hex.	bin.	hex.
0000		0100		1000		1100	
0001		0010		1101		0110	
1010		0111		0011		1110	
0101		1111		1011		1001	

2. Umrechnung nach binär:

```
0x15   = 0b . . . | . . .
0xAF2  = 0b . . . | . . . | . . .
0xABCD = 0b . . . | . . . | . . . | . . .
```

3. Umrechnung nach hexadezimal:

```
0b10010110110   = 0x . . .
0b0100111001011 = 0x . . .
0b00110110      = 0x . . .
```

Lösung

1. Zuordnung der Hexadezimalziffern:

bin.	hex.	bin.	hex.	bin.	hex.	bin.	hex.
0000	0	0100	4	1000	8	1100	C
0001	1	0010	2	1101	D	0110	6
1010	A	0111	7	0011	3	1110	E
0101	5	1111	F	1011	B	1001	9

2. Umrechnung nach binär:

```
0x15   = 0b0.0.0.1|0.1.0.1
0xAF2  = 0b1.0.1.0|1.1.1.1|0.0.1.0
0xABCD = 0b1.0.1.0|1.0.1.1|1.1.0.0|1.1.0.1
```

3. Umrechnung nach hexadezimal:

```
0b100.1011.0110     = 0x4B6
0b0.1001.1100.1011 = 0x9CB
0b0011.0110         = 0x36
```

W2.2: Bitverarbeitung

x_1	x_0	$\bar{x}_0$	$x_1 \wedge x_0$	$x_1 \vee x_0$	$x_1 \oplus x_0$
0	0				
0	1				
1	0				
1	1				

```
uint8_t a, b, c, d, e, f, g;
...
a = 0x3E;            //a=0b . . . | . . .
b = a & 0b11100010; //b=0b . . . | . . . =0x .
c = b | 0b10010001; //c=0b . . . | . . . =0x .
d = c ^ 0b01100111; //d=0b . . . | . . . =0x .
e = ~d;              //e=0b . . . | . . . =0x .
f = e >> 2;          //f=0b . . . | . . . =0x .
g = f << 1;          //g=0b . . . | . . . =0x .
```

Vervollständigen Sie die Kommentare.

Lösung

x_1	x_0	$\bar{x}_0$	$x_1 \wedge x_0$	$x_1 \vee x_0$	$x_1 \oplus x_0$
0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	1	1
1	0	–	0	1	1
1	1	–	1	1	0

```
uint8_t a, b, c, d, e, f, g;
...
a = 0x3E;            //a=0b0.0.1.1|1.1.1.0
b = a & 0b11100010; //b=0b0.0.1.0|0.0.1.0 =0x22
c = b | 0b10010001; //c=0b1.0.1.1|0.0.1.1 =0xB3
d = c ^ 0b01100111; //d=0b1.1.0.1|0.1.0.0 =0xD4
e = ~d;              //e=0b0.0.1.0|1.0.1.1 =0x2B
f = e >> 2;          //f=0b0.0.0.0|1.0.1.0 =0x0A
g = f << 1;          //g=0b0.0.0.1|0.1.0.0 =0x14
```

Programm vervollständigen

```
1  #include <avr/io.h>
2  uint8_t a;               //Variablenvereinbarung
3  int main(){
4   DDRA =                ; //Port A Eingänge
5   DDRJ =                ; //Port J Ausgänge
6   uint8_t b;
7   while(...){             //Endlosschleife
8    a =                  ; //Eingabewerte lesen
9                           //a.0=(a.0&a.1)|(a.2&a.3)
10                            ;
11                        ; //Ausgabe an Led 0 ohne
12  }                       //andere Led's am Port J
13 }                        //zu ändern
```

1 Was passiert, wenn die Include-Anweisung fehlt?

2 Welchen Wertebereich hat die Variable a?

4, 5 Was ist zuzuweisen?

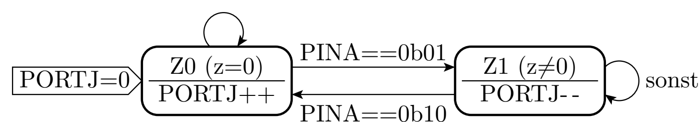
6 bis 11 PORTJ.0 $= (\text{a.0} \wedge \text{a.1}) \vee (\text{a.2} \wedge \text{a.3})$

Lösung

1. Compiler meldet DDRB, PINB oder PORTB nicht definiert.
2. Vervollständigtes Programm:

```
#include <avr/io.h>
uint8_t a;              //Variablenvereinbarung
int main(){
 DDRA = 0             ; //Port A Eingänge
 DDRJ = ~0            ; //Port J Ausgänge
 uint8_t b;
 while( 1 ){            //Endlosschleife
  a = PINA            ; //Eingabewerte lesen
  a = (a & (a>>1))|     //a.0=(a.0&a.1)|(a.2&a.3)
      ((a>>2)&(a>>3));
  PORTJ = (PORTJ&(~1))|(a&1);//Ausgabe an Led 0
 }                      //ohne andere Led's am
}                       //Port J zu ändern
```

Vor/Rückwärtszähler



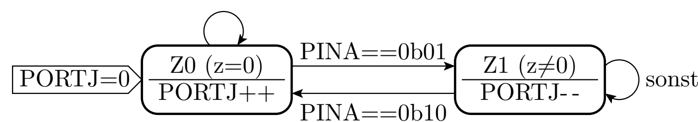
Initialisierung:

- Startzustand: z, genutzter Wertebereich {0, 1}, Anfangswert 0

- Port A Anschl. 0 und 1 Eingänge. Port J alle Anschl. Ausgänge.

Schrittfunktion:

- Zustand Z0 ($z = 0$):
  - Port J aufwärts zählen.
  - Wenn $(\text{a.0} = 1) \wedge (\text{a.1} = 0)$ wechsel nach Z1 ($z = 1$) .
- Sonst (Zustand Z1, $z = 0$):
  - Port J abwärts zählen.
  - Wenn $(\text{a.0} = 0) \wedge (\text{a.1} = 0)$ wechsel nach Z0 ($z = 0$) .
- Verlängerung der Schrittdauer auf $\approx 2\,\text{s}$ (Warteschleife).



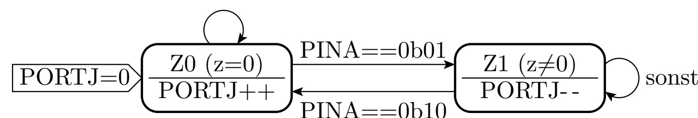

```
1  #include <avr/io.h>
2  ...      z=0;            // WB: 0 bis 1
3  ...      Ct;             // Zähler Warteschl. 0 .. 400000
4  int main(){
5   DDRA  = ...           ; // PA0 und PA1 Eingänge
6   DDRJ  = ...           ; // Port J Ausgänge
7   PORTJ = ...           ; // Anfangswert 0
8   ...          {          // Endlosschleife
9   ...                     // Übergangsfunktion siehe
10  ...                     // nächste Folie
11  }
12 }
```

2, 3 Datentyp, bzw. wie viele Bytes erforderlich?

5 bis 7 Welche Werte sind den Spezialregistern zuzuweisen?

8 Programmzeile vervollständigen

11 und 12 In welcher Zeile beginnen die hier endenden Blöcke?




```
1  if (...          ){          // Wenn Zustand Z0
2   ...                       ;// Port J aufwärts zählen
3   if (...     )             ;// PINA==0b01, Folgezust. Z1
4  }
5  else {                       // sonst  (nicht Zustand Z0)
6   ...                        ;// Port J abwärts zählen
7   if (...     )              ;// PINA==0b01, Folgezust. Z0
8  }
9  for (                      );// Warteschleife ca. 2s
```

1 Bedingung »z ist 0« ergänzen.

2 Port J aufwärts zählen.

3 Bedingung $(a.0 = 1) \wedge (a.1 = 0)$ und Folgezustand »Z1«.

6 Port J abwärts zählen.

7 Bedingung $(a.0 = 0) \wedge (a.1 = 0)$ und Folgezustand »Z0«.

9 Zähler Ct von 0 bis 400.000 zählen lassen.

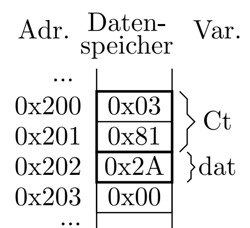
Lösung:

```
#include <avr/io.h>
uint8_t z=0;
uint32_t Ct;
int main(){
 DDRA = ~0x03;          // PA0 und PA1 Eingänge
 DDRJ = 0xFF;           // Port J Ausgänge
 PORTJ = 0;             // Anfangsausgabewert
 while(1){              // Endlosschleife
  if (z == 0){          // Wenn Zustand Z0
   PORTJ++;             // Port J aufwärts zählen
   if (PINA&3==1) z=1; // wenn PINA==0b01, Folgezust. Z1
  else {                // sonst (nicht Zustand Z0)
   PORTJ--;             // Port J abwärts zählen
   if (PINA&3==2) z=0; // wenn PINA==0b10, Folgezust. Z0
  }
  for (Ct=0; Ct<400000; Ct++);// Warteschleife
 }      // Welcher Block endet hier?
}       // Welcher Block endet hier?
```

2 Variablen

Variablen

- Variablen sind Symbole für Adressen von Speicherplätzen, die beschrieben und gelesen werden können.



- Eine Variablenvereinbarung definiert Typ (z.B. uint8_t), Name (z.B. dat) und optional einen Anfangswert (z.B. 0x2A):

```
uint8_t dat = 0x2A;
```

- Der Typ legt fest, wie viele Bytes zur Variablen gehören (z.B. 1, 2 oder 4) und was die Bytes darstellen (z.B. eine ganze Zahl ohne oder mit Vorzeichen).

	1 Byte		2 Byte	
ohne VZ	uint8_t	$[0, 255]$	uint16_t	$[0, 2^{16} - 1]$
mit VZ	int8_t	$[-128, 127]$	int16_t	$[-2^{15}, 2^{15} - 1]$

Kontrollfragen

- Welche Byteanzahl und Wertebereichehaben »uint32_t« und »int32_t (4 Byte ohne/mit Vorzeichen)?
- Was vermuten Sie, welchen der eingeführten Typen

$$\text{(u)int}<n>_\text{t}$$

entsprechen die C-Standardtypen in der nachfolgenden Tabelle?

C Basistyp	(u)int$< n >$_t	C Basistyp	(u)int$< n >$_t
char		unsigned char	
short int		unsigned short int	
long int		unsigned long int	
int		unsigned int	

Hinweis: »chr« steht für char (Textzeichen). Anzahl unterschiedliche Textzeichen $\leq 2^8$, $\leq 2^{16}$, ...? »int« steht für integer, ganze Zahl.

Wert und Adresse einer Variablen

Werte und Adressen von Variablen sind im Debugger visualisierbar:

```
uint8_t a, b, *ptr;
int main(void){
  a   = 0x4D;
  ptr = &a;
  b   = *ptr + 3;
}
```

Watch 1

Name	Value	Type
a	0x4d	uint8_t{data}@0x0204
b	0x50	uint8_t{data}@0x0200
ptr	0x0204	uint8_t*{data}@0x0201
	0x4d	uint8_t{data}@0x0204

- »ptr« ist ein Zeiger (Variable für eine Adresse). Der vereinbarte Typ eines Zeigers ist der Typ der Variaben, deren Adressen der Zeiger speichern darf. Typ »void« für »beliebiger Typ«.
- Byteanzahl Adresse: $\geq \log_2(AS)$ (AS – Anzahl Speicherplätze. Unser Prozessor 2-Byte Adressen, genutzter Adressraum 0 bis 0x1FF Spezialregister, 0x200 bis 0x21FF Daten.
- In der aufgeklappten Zeile unter der Zeiger-Variablen stehen Wert und Adresse der adressierten Variablen.

Vereinbarung und Verwendung von Zeigern

- Vereinbarung mit dem Referenzierungsoperator »*« (Inhalt, auf den der Zeiger zeigt (auf den der Zeiger zeigt (...)) hat den Typ:

```
uint8_t a;        // Variable
uint8_t *ptr;     // Zeiger auf uint8_t-Variable
uint8_t **pptr;   // Zeiger auf Zeiger auf uint8_t
```

- Zeiger für beliebige Datentypen (auch Programmadressen[1]):

```
void *vptr;
```

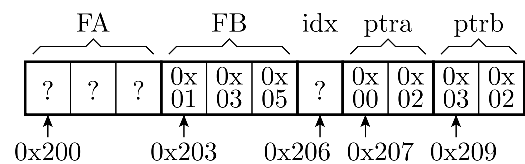
- Adressoperator: & (liefert Adresse des Datenobjekts rechts)

```
ptr = &a; ppter = &ptr;
```

- Referenzierung: * (liefert den Wert der Adresse rechts)

```
a = *ptr; ptr = *pptr;
```

Felder und Schleifen



- Feld: Zusammenfassung gleicher Datenobjekte:

```
1 uint8_t FA[3];          // Felder mit 3 Elementen
2 uint8_t FB[3] ={1,3,5};// initalisiertes Feld
3 uint8_t idx;            // Feldindex
4 uint8_t *ptra = FA;     // Zeiger auf Feldanfang
5 uint8_t *ptrb = FB;     // Zeiger auf Feldanfang
```

- Kopierschleife Feld »FB« nach Feld »FA«:

```
1 #define size_FA sizeof(FA)/sizeof(uint8_t)
2                         // Precompiler-Definition
3 for (idx=0; idx < size_FA; idx++){
4  FA[idx] = FB[idx]);  // kopiere Element i
5 }
```

Hinweis zu Zeile 3: Die Anzahl der Feldelemente ist immer »Bytanzahl Feld« durch »Byteanzahl Element«

- Feldelement »FA[i]« ist dasselbe wie »Inhalt von Feldanfang plus Elementenummer *(FA+i)«:

```
1 for (idx=0; i < size_FA; idx++){
2  *(FA+idx) = *(FB+idx);
3 }
```

[1] Üblicher Weise nur Funktionszeiger zum Start von Unterprogrammen, die am Ende zum aufrufenden Programm zurück springen. Besser Funktionszeigertyp vereinbaren.

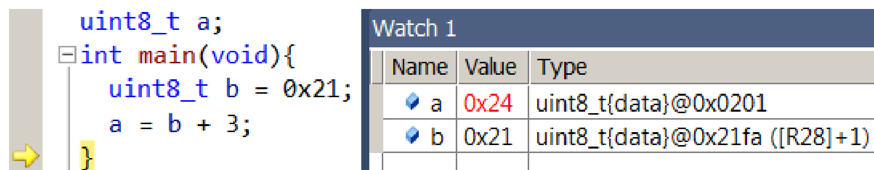
- Programmoptimierung durch »Zeiger weiterschalten«:

```
1 ptra = FA;         // Zeiger auf Anfang Feld A
2 ptrb = FB;         // Zeiger auf Anfang Feld B
3 while(ptra < FA + size_FA){
4   *ptra = *ptrb;   // Inhalt ptra = Inhalt ptrb;
5   ptra++; ptrb++;  // Zeiger auf nächstes Element
6 }
```

Zeile 3: »FA + size_FA« erste Speicheradresse hinter dem Feld.

Globale (statische) und lokale Variablen

- Global: Außerhalb einer Funktion vereinbart. Feste Datenspeicheradresse. Existieren während der gesamten Programmlaufzeit.
- Lokal: Innerhalb eines Blocks (innerhalb von {...}) vereinbart. Existieren nur bis zum Verlassen des Blocks. Speicherplatz wird erst bei Eintritt in den Block auf dem sog. Stack reserviert.
- Die Adressierung lokaler Variablen erfolgt relativ zum Frame-Pointer (in unserem Prozessor Registerpaar R28:R29[2]).



Experiment

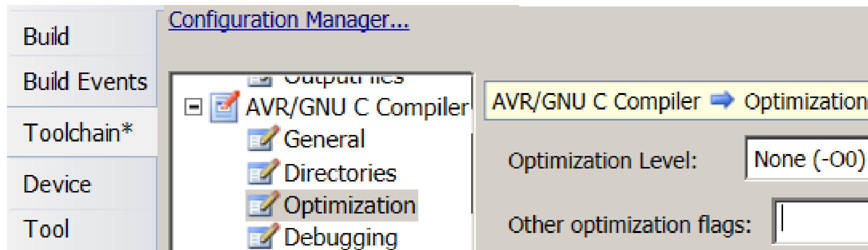
Öffnen Sie im Verzeichnis »P02\F2-glvar« das Projekt »glvar« und die Datei »glvar.c«:

```
#include <avr/io.h>
int16_t gi16;     //global 2 Byte, VZ, AW 0
uint8_t gu8;      //global 1 Byte, NVZ, AW 0
int main(void){
 uint8_t  lu8  = 0x2D;  //1 Byte, NVZ, AW 0x2D
 int16_t  li16 = 0x51F4;//2 Byte, VZ, AW 0x51F4
 uint8_t *lpu8 = &gu8;  //Zeiger auf uint8_t,
                        //AW Adresse von gu8
 gi16  = li16 + 1;
 *lpu8 = lu8 - 4;//Wertzuw. an Adresse, hier gu8
 lpu8  = &lu8;    //Zuweisung Adresse von lu8
 *lpu8 = 0xA5;    //Wertzuw. an Adresse, hier lu8
 lu8   = 23;
}
```

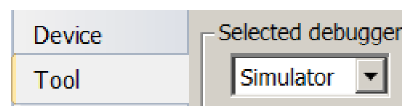
[2]Im Watchfenster steht nur [R28]. ...@0x21fa ([R28]+1) bedeutet Datenspeicheradresse 0x21fa und, dass im Frame-Pointer R28:R29 die Adresse 0x21fa -1, d.h. 0x21f9 steht.

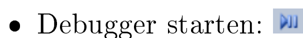
- Übersetzen mit -O0

```
Project > glvar Properties... (Alt+F7)
```



- Auswahl des Simulators als »Debugger«



- Debugger starten: 

- Öffnen »Locals«, »Watch 1« und zwei Speicherfenster mit

```
Debug > Windows > Locals (Alt+4)
Debug > Windows > Watch > Watch 1 (Ctrl+Alt+W+1)
Debug > Windows > Memory > Memory 1 (Alt+6)
Debug > Windows > Memory > Memory 2 (Ctrl+Alt+M,2)
```

- In den Memory-Fenstern »IRAM« für internen Speicher auswählen und wie auf der Folgefolie den Adressbereich der globalen bzw. lokalen Variablen einstellen.

Werte und Adressen vor Zuweisung 1

```
int main(void){
  uint8_t  lu8  = 0x2D;
  int16_t  li16 = 0x51F4;
  uint8_t *lpu8 = &gu8;

  gi16  = li16 + 1;
  *lpu8 = lu8 - 4;
  lpu8  = &lu8;
  *lpu8 = 0xA5;
  lu8   = 23;
}
```

Watch 1

Name	Value	Type
gi16	0x0000	int16_t{data}@0x0200
gu8	0x00	uint8_t{data}@0x0202

Locals

Name	Value	Type
lu8	0x2d	uint8_t{data}@0x21fa ([R28]+5)
li16	0x51f4	int16_t{data}@0x21f6 ([R28]+1)
lpu8	0x0202	uint8_t*{data}@0x21f8 ([R28]+3

Memory 1 — Memory: data IRAM

```
data 0x0200  00 00 00 00
```

Memory 2 — Memory: data IRAM

```
data 0x21F5  00 f4 51 02 02 2d
data 0x21FB  21 ff 00 00 83 00
```

- eine Anweisung weiter:

```
int main(void){
  uint8_t  lu8   = 0x2D;
  int16_t  li16  = 0x51F4;
  uint8_t *lpu8  = &gu8;

  gi16   = li16 + 1;
  *lpu8  = lu8 - 4;
  lpu8   = &lu8;
  *lpu8  = 0xA5;
  lu8    = 23;
}
```

Watch 1

Name	Value	Type
gi16	0x51f5	int16_t{data}@0x0200
gu8	0x00	uint8_t{data}@0x0202

Locals

Name	Value	Type
lu8	0x2d	uint8_t{data}@0x21fa ([R28]+5)
li16	0x51f4	int16_t{data}@0x21f6 ([R28]+1)
lpu8	0x0202	uint8_t*{data}@0x21f8 ([R28]+3)

Memory 1 — Memory: data IRAM

```
data 0x0200  f5 51 00 00
```

Memory 2 — Memory: data IRAM

```
data 0x21F5  00 f4 51 02 02 2d
data 0x21FB  21 ff 00 00 83 00
```

- Noch eine Anweisung weiter:

```
int main(void){
  uint8_t  lu8   = 0x2D;
  int16_t  li16  = 0x51F4;
  uint8_t *lpu8  = &gu8;

  gi16   = li16 + 1;
  *lpu8  = lu8 - 4;
  lpu8   = &lu8;
  *lpu8  = 0xA5;
  lu8    = 23;
}
```

Watch 1

Name	Value
gi16	0x51f5
gu8	0x29

Locals

Name	Value
lu8	0x2d
li16	0x51f4
lpu8	0x0202

- Noch eine Anweisung weiter:

```
int main(void){
  uint8_t  lu8   = 0x2D;
  int16_t  li16  = 0x51F4;
  uint8_t *lpu8  = &gu8;

  gi16   = li16 + 1;
  *lpu8  = lu8 - 4;
  lpu8   = &lu8;
  *lpu8  = 0xA5;
  lu8    = 23;
}
```

Watch 1

Name	Value
gi16	0x51f5
gu8	0x29

Locals

Name	Value
lu8	0x2d
li16	0x51f4
lpu8	0x21fa

- Noch eine Anweisung weiter:

```
int main(void){
  uint8_t  lu8  = 0x2D;
  int16_t  li16 = 0x51F4;
  uint8_t *lpu8 = &gu8;

  gi16  = li16 + 1;
  *lpu8 = lu8 - 4;/
  lpu8  = &lu8;   /
  *lpu8 = 0xA5;   /
  lu8   = 23;
}
```

Watch 1

Name	Value
gi16	0x51f5
gu8	0x29

Locals

Name	Value	Type
lu8	0xa5	
li16	0x51f4	
lpu8	0x21fa	

- Variablenwerte nach der letzten Zuweisung:

```
int main(void){
  uint8_t  lu8  = 0x2D;
  int16_t  li16 = 0x51F4;
  uint8_t *lpu8 = &gu8;

  gi16  = li16 + 1;
  *lpu8 = lu8 - 4;/
  lpu8  = &lu8;   /
  *lpu8 = 0xA5;   /
  lu8   = 23;
}
```

Watch 1

Name	Value
gi16	0x51f5
gu8	0x29

Locals

Name	Value	Type
lu8	0x17	
li16	0x51f4	
lpu8	0x21fa	

3 Typecast

Typprüfung und Typecast

Zweisungen an Variablen mit einem anderen Typ, z.B.:

```
uint16_t a; int16_t  b;
a = b; // Fehler für b<0
```

sind oft Programmierfehler. Wenn dennoch gewollt, Typcast:

```
a = (uint16_t)b; //Zuweisung mit Typecast
```

Beispiel Betragsbildung:

```
if (b<0) a = (uint16_t)(-b);
else     a = (uint16_t)b;
```

Beispiel »nach WB-Verkleinerung«:

```
uint8_t a; uint16_t b;
a = (uint8_t)(b>>8);
```

Fehler ohne Typecast

```
uint8_t  a;
uint16_t b;
...
b = a<<8;               // ergibt immer null
b = (uint16_t)(a<<8); // ergibt immer null
b = ((uint16_t)a)<<8; // ergibt a * 256
```

Compiler erzeugen bei einigen, aber nicht allen typfremden Zuweisungen Warnungen oder Fehlermeldungen:

- Typ-Fehlerwarnungen nicht ignorieren,
- Nicht darauf verlassen, dass Compiler alle Typ-Fehler erkennt.

Was macht Atmel-Studio?

```
#include <avr/io.h>
char c, *c_ptr;     //char kann [u]int8_t sein,
uint8_t u, *u_ptr;  //ist lt. Toolchain uint8_t
int8_t i, *i_ptr;
int main(){  //Warnung, wenn nicht int, warum?
 c=u;   //laut Toolchain korrekt, keine Warnung
 i=c;   //laut Toolchain falsch, keine Warnung
 c_ptr = &c;  //zulässig, keine Warnung
 c_ptr = &u;  //laut Toolchain korrekt, Warnung
 c_ptr = (char*)&u;//Typcast, keine Warnung
 c_ptr = &i;  //laut Toolchain falsch, Warnung
 c_ptr = (char*)&i;// Typcast, keine Warnung
}
```

Empfehlung: Verwendung von [u]int... und explizite Typcasts.

4 Aufgaben

Hausaufgabe

Vorbereitung auf den schriftlichen Montagstest. Themen[3]:

- Umwandlung zwischen dezimaler, hexadezimaler und binärer Zahlendarstellung.
- Werte logischer Ausdrücke mit »~«, »&«, »|«, »^«, »>>«, »<<«.
- Setzen und Löschen von Bits einer Variablen.
- Werte und Wertebereichsverletzung bei Zuweisung von Ausdrücken mit »+« und »-« an [u]int<n>_t Variablen.
- Vereinbarung von Zeigern und Feldern.
- Zeigerfehler bei Zuweisung von Ausdrücken mit »&« und »*«, z.B. Zuweisungsziel Zeiger, Typ des Ausdrucks ist aber Wert.

Ziel der Montagstests ist die Feststellung, welche Teilnehmer welche der Themen verstanden haben[4].

[3]Erlaubte Hilfsmittel: Folien, eigene Notizen, Atmel Studio (Simulator) und Taschenrechner.
[4]Erfolgreiche Teilnehmer werden von weiteren Tests zum selben Thema freigestellt.

Aufgabe 2.1: Ausführung Experiment ab Seite8

```
int main(void){
  uint8_t  lu8  = 0x2D;
  int16_t  li16 = 0x51F4;
  uint8_t *lpu8 = &gu8;

  gi16  = li16 + 1;
  *lpu8 = lu8 - 4;
  lpu8  = &lu8;
  *lpu8 = 0xA5;
  lu8   = 23;
}
```

Watch 1

Name	Value	Type
gi16	0x0000	int16_t{data}@0x0200
gu8	0x00	uint8_t{data}@0x0202

Locals

Name	Value	Type
lu8	0x2d	uint8_t{data}@0x21fa ([R28]+5)
li16	0x51f4	int16_t{data}@0x21f6 ([R28]+1)
lpu8	0x0202	uint8_t*{data}@0x21f8 ([R28]+3

Memory 1

Memory: data IRAM

```
data 0x0200  00 00 00 00
```

Memory 2

Memory: data IRAM

```
data 0x21F5  00 f4 51 02 02 2d
data 0x21FB  21 ff 00 00 83 00
```

Aufgabe 2.2: Globale und lokale Variablen

Vereinbaren Sie folgende Variablen global

```
uint8_t a, b;
```

und folgende Variablen lokal im Hauptprogramm:

```
uint8_t c=0x7, *ptr=&a;
uint8_t strg[]={0x11, 0x32, 0x07, 0x02};
```

Bestimmen Sie die Werte nach Abarbeitung folgender Programmzeilen:

```
1: a = 0x56; b = 0x27;
2: ptr = &a; c = strg[2];
3: b = *ptr+2; c += *(strg+3);
4: ptr = strg; a += *(ptr+1);
```

Arbeitsschritte siehe nächste Folie.

Arbeitsschritte:

- Projekt anlegen, Programm vervollständigen.
- Abarbeitung im Schrittbetrieb mit dem Simulator.
- Übernahme der nachfolgenden Tabelle auf Papier und Ausfüllen.

Zeile	a	b	c	ptr	*ptr	strg[0]	strg[1]	strg[2]	strg[3]
0									
1									
2									
3									
4									

Aufgabe 2.3: Untersuchung Zuweisungen

```
uint8_t a; int8_t b;
a = 56;
b = a;    // Kommt die 56 richtig an?
a = 200;
b = a;    //WB(b): [-128, 127], Was wird aus 200?
b = 200; // Akzeptiert das der Compiler?
b = -10;
a = b;    //a ≥ 0. Was wird aus -10?
```

- Was erlaubt der Compiler, wofür gibt er Warnungen aus?
- Was verursacht bei der Abarbeitung Probleme?

- Projektanlegen, Programm vervollständigen und eingeben.
- Mit »-O0« übersetzen und im Simulator im Schrittbetrieb starten.
- Compiler-Warnungen und Übersetzungsfehler beseitigen.
- Ursachen für falsch zugewiesene Werte beseitigen.

Aufgabe 2.4: Test einer Kopierfunktion

```
 1 void bytecopy(uint8_t *ziel, uint8_t *quelle,
 2               uint8_t anz){
 3   uint8_t idx;
 4   for (idx=0;idx<anz;idx++)
 5     ziel[idx] = quelle[idx];
 6 }
 7  uint8_t a[] = "Text";
 8  uint8_t b[] = "Welt";
 9  uint8_t c[10], *ptr=c;
10 int main(){
11  bytecopy(ptr, a, 4);
12  ptr += 4;
13  *ptr = '␣';
14  ptr++;
15  bytecopy(ptr, b, 5);
16 }
```

Arbeitsschritte:

- Legen Sie für das Programm auf der nächsten Folie ein neues Projekt »test_bytecopy« mit einer c-Datei an.
- Geben Sie Unterprogramm und Hauptprogramm in der vorgegebenen Reihenfolge ein und übersetzen Sie mit »-O0«.

- Abarbeiten im Debugger im Schrittbetrieb, einmal mit »Step-Over« (Unterprogrammaufrufe als einen Schritt) und einmal mit »Step-Into« (Unterprogrammabarbeitung zeilenweise).

Aufgaben zur Kontrolle durch die HiWis[5]:

1. Auf welche Adressen zeigen die Pointer a, b und c zum Programmbeginn und nach Abarbeitung der einzelnen Hauptprogrammzeilen? (Test mit »Step-Over«)
2. Welche Zahlenfolgen stehen zum Programmbeginn in den Feldern a[] und b[] und nach Programmabschluss im Feld c[]?[6]

Experimentieren nach eigenen Vorgaben

- Jeder der Teilnehmer sollte versuchen die Aufgaben 2.1 bis 2.3 zu lösen.
- Mindestens eine der Aufgaben 2.1 bis 2.3 sind beim Betreuer abzurechnen.
- Für die verbleibende Übungszeit:
  - Wenn letzte Woche nichts abgerechnet, bitte nachholen.
  - Sonst ungelösten Aufgaben von Foliensatz 1 oder selbst gewählte Aufgaben bearbeiten.

[5] Antworten als Kommentare in das Programm schreiben.
[6] Suchen Sie sich hierzu im Internet eine ASCII-Tabelle zur Kontrolle.