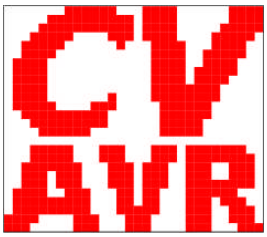
AVR-8-bit-Mikrocontroller
Gruppe 500 - CodeVisionAVR C-Compiler
Teil 506 - Anhang



Teil 501 - Einführung

1 Eine Einführung in **C**
- 1.1 Warum **C** ?
- 1.2 Wie entstand **C** ?
- 1.3 Der AVR-Mikrocontroller in einem eingebetteten System
- 1.4 Werkzeuge (siehe Gruppe 200)

Teil 502 - Aufbau eines C-Projektes

2 Was ist ein **C**-Projekt ?
- 2.1 Erzeugen eines **C**-Projektes
  - 2.1.1 Ein neues Projekt beginnen
  - 2.1.2 Ein **C**-Projekt generieren
- 2.2 Dateistruktur eines **C**-Projektes
- 2.3 Einbindung von AVR Studio in den CVAVR
- 2.4 AVR Studio Debugger
- 2.5 **C**-Compiler-Optionen

Teil 503 - Preprozessor

3 Preprozessor-Anweisungen
- 3.1 Struktur der **C**-Quell-Programme
- 3.2 **`#include`**-Anweisung
- 3.3 **`#define`**-Anweisung (Makro)
  - 3.3.1 Makros ohne Parameter
  - 3.3.2 Makros mit Parametern
- 3.4 **`#undef`**-Anweisung
- 3.5 **`#if`**-, **`#ifdef`**-, **`#ifndef`**-, **`#else`**- und **`#endif`**-Anweisungen
- 3.6 Andere Preprozessor-Anweisungen

Teil 504 - Syntax der C-Programmiersprache

4 Die Syntax der **C**-Programmiersprache
- 4.1 **C**-Quell-Programme
  - 4.1.1 Kommentare
  - 4.1.2 Deklarationen (Vereinbarungen)
  - 4.1.3 Die Funktion **`main`**
  - 4.1.4 Schlüsselwörter (Keywords) des CodeVisionAVR **C**-Compilers
- 4.2 Konstanten und Variablen
  - 4.2.1 Zahlensysteme
  - 4.2.2 Datentypen
  - 4.2.3 Konstanten
  - 4.2.4 Variablen
- 4.3 Operatoren
  - 4.3.1 Arithmetische Operatoren
  - 4.3.2 Relationale Operatoren
  - 4.3.3 Logische und bitweise wirkende Operatoren
  - 4.3.4 Andere Operatoren und Shortcuts
- 4.4 Komplexe Objekte in **C**
  - 4.4.1 Funktionen
  - 4.4.2 Funktions-Prototypen
  - 4.4.3 Pointers und Arrays
    - 4.4.3.1 Pointers

4.4.3.1.1 Pointers in Verbindung mit **flash** und **eeprom**
4.4.3.1.2 Pointers in Verbindung mit **typedef**
4.4.3.2 Arrays
4.4.3.2.1 Ein-dimensionale Arrays
4.4.3.2.2 Zwei-dimensionale Arrays
4.4.3.2.3 Drei-dimensionale Arrays
4.4.3.3 Benutzen der Array-Namen als Pointers
4.4.3.4 Arrays von Pointers
4.4.3.5 Pointers auf Funktionen (Funktionszeiger)
4.4.3.6 Funktionen in Verbindung mit **typedef**
4.4.4 Strukturen und Unionen
4.4.4.1 Strukturen
4.4.4.2 Unionen
4.4.5 Komplexe Typen (eine Zusammenfassung)
4.5 Steuerung des Programmablaufs
4.5.1 Anweisungsblöcke **{ . . . }**
4.5.2 Die Anweisung **if**
4.5.3 Die Anweisung **if** in Verbindung mit **else**
4.5.4 Die Fallunterscheidung **switch**
4.5.5 Die Schleife **for**
4.5.6 Die Schleife **while**
4.5.7 Die Schleife **do** in Verbindung mit **while**
4.6 Arbeiten mit den Ein-/Ausgabe-Ports

Teil 505 - Modularer Aufbau der AVR-C-Projekte

5 Modularer Aufbau
5.1 Das Konzept
5.2 Nomenklatur
5.3 Die speziellen Header-Dateien
5.3.1 Die spezielle Header-Datei **typedefs.h** (Typ- und Bit-Definitionen)
5.3.2 Die spezielle Header-Datei **iomx.h** (Definitionen aller Register-Bits)
5.3.3 Die spezielle Header-Datei **macros.h** (Definitionen von Makros)
5.3.4 Die spezielle Header-Datei **switches.h** (Definitionen von Schaltern)
5.4 Die AVR-C-Module
5.5 Anwendung der angepassten AVR-C-Module
5.5.1 Das AVR-C-Modul **application** (Anwendungs-Steuerung)
5.5.2 Das AVR-C-Modul **lcd_2wire** (Ausgabe auf LCD-20x4)
5.5.3 Das AVR-C-Modul **num_conversion** (Typ-Konvertierung nach ASCII)
5.5.4 Das AVR-C-Modul **adc_ref_1_1** (ADC mit interner Referenz 1,1 V)
5.5.5 Das AVR-C-Modul **rc5_decoder** (RC5-IR-Fernsteuerung-Dekoder)
5.5.6 Das AVR-C-Modul **rc5_encoder** (RC5-IR-Fernsteuerung-Enkoder)
5.5.7 Das AVR-C-Modul **usart** (USART-Steuerung)
5.5.8 Das AVR-C-Modul **twi_master** (IR2- bzw. TWI-Steuerung)
5.5.9 Das AVR-C-Modul **timer0_pwm** (TIMER0-Steuerung)

Teil 506 - Anhang

6 Anhang
6.1 Begriffe und Definitionen
6.2 Bibliothek

AVR-8-bit-Mikrocontroller
Gruppe 500 - CodeVisionAVR C-Compiler
Teil 506 - Anhang

Vorbemerkung

Nichts ist vollkommen - und nichts ist endgültig! So auch nicht dieses Tutorial! Deshalb bitte immer erst nach dem neuesten Datum schauen. Vielleicht gibt es wieder etwas Neues oder eine Fehlerbereinigung oder eine etwas bessere Erklärung. Wer Fehler findet oder Verbesserungen vorzuschlagen hat, bitte melden (**info@alenck.de**).

Immer nach dem Motto: Das Bessere ist Feind des Guten und nichts ist so gut, dass es nicht noch verbessert werden könnte.

Bild-, Beispiel-, Form- und Tabellen-Nummern sind nach folgendem Schema aufgebaut, damit bei Einfügungen/Löschungen nicht alle Nummern wieder geändert werden müssen (hier bunt dargestellt):

Darstellungsart Abschnitt-LfdNummer: Beschreibung	**allgemeines Schema**
• **Bild 5.1.4-02: Daten-Adress-Raum**	Benummerung eines Bildes
• **Beispiel 5.1.4-03: EEPROM-Speicherung**	Benummerung eines Beispiels
• **Form 5.1.3-01: Die `main`-Funktion**	Benummerung einer Formdarstellung
• **Tabelle 5.1.4-01: Schlüsselwörter vom CVAVR**	Benummerung einer Tabelle

Gravierende Änderungen gegenüber der Vorversion

1.
Völlig neue Strukturierung in **Gruppen** und **Teile**, um das Tutorial umfassend ordnen zu können. Die **Abschnitte** in den **Teilen** sind weitgehend erhalten geblieben.

Gruppenbezeichnung	Kurzbezeichnung
Gruppe 100: Technologie der AVR-8-Bit-Mikrocontroller	**Technologie**
Gruppe 200: Einsetzen von AVR-Tools	**Tools**
Gruppe 300: Arbeiten mit AVR-Assembler **3xx_Programm_yyyyy**	**ASM-Programmierung** **ASM-Programm-Beispiel**
Gruppe 400: AVR-ASM-Projekte **4xx_Projekt_yyyyy**	**ASM-Projekte** **ASM-Projekt-Bezeichnung**
Gruppe 500: CodeVisionAVR C-Compiler **5xx_Programm_yyyyy**	**C-Programmierung** **C-Programm-Beispiel**
Gruppe 600: AVR-C-Projekte **6xx_Projekt_yyyyy**	**C-Projekte** **C-Projekt-Bezeichnung**

xx steht für die laufende Nummer innerhalb des **Teils**, in dem das Programm bzw. das Projekt erscheint und **yyyyy** steht für die Programm- bzw. Projekt-Kurz-Bezeichnung.

2.
Notwendige Änderungen auf Grund Neuinstallation von **Windows 7**.

3.
Windows 7 machte eine Installation von **CodeVisionAVR V2.60** als Vollversion notwendig. Daraus leiten sich auch viele Änderungen im Detail für die C-Programmierung (**Gruppe 500**) ab.

4.
Neu-Installation von **AVR Studio Vers. 4.19** unter **Windows 7**

5.
Zur Demonstration des Tools **AVR Studio** ist in **Gruppe 200** eine Trennung in **Teil 205 - Assembler und AVR Studio** und **Teil 206 - C-Compiler und AVR Studio** vorgenommen worden.

6.
ASM- und **C-Projekte** werden jeweils in eigenen Gruppen gesammelt (**Gruppe 400** für Assembler- und **Gruppe 600** für C-Projekte).

6. Anhang

6.1 Begriffe und Definitionen

Vorab: Es gibt eine sehr umfangreiche Hilfefunktion in englischer Sprache für den CVAVR, die mit CVAVR.CHM aufgerufen werden kann. Darüber hinaus ist das User Manual des CVAVR eine sehr ausführliche Beschreibung des Compilers - aber **keine** Einführung in die **C**-Programmiersprache.

Dieser Abschnitt über Begriffe und Definitionen dient zur Orientierung und als "Nachschlagewerk". Die Begriffe werden in den betreffenden Abschnitten im **Teil 503 - Der Preprozessor** und im **Teil 505 - Syntax der AVR-C-Programme** ausführlicher erläutert.

Argument — Das **Argument** ist der **Wert**, der bei einem Funktionsaufruf der **Funktion** übergeben wird.

Anweisung — Oder **Statement**. Das ist der Befehl, d.h. der kleinste ausführbare Einzelschritt, in einem Computer-Programm.

Anweisungsblock — Die blockweise Zusammenfassung von mehreren **Anweisungen**, eingeschlossen in geschweifte Klammern, bildet einen Anweisungsblock.

Array — Ein **Array** ist eine Kette von lückenlos aufeinander folgenden **Objekten** (**Elementen**) gleichen Typs. **Arrays** können ein- und mehrdimensional sein.

Beispiel eines eindimensionalen Arrays:

```
// 1-dimensionales Array für 10 ASCII-Zeichen 0 bis 9

unsigned char ziffer[10]={0,1,2,3,4,5,6,7,8,9};

// der Index in den eckigen Klammern beginnt bei 0
// und endet bei dem angegebenen Wert minus 1
// daraus folgt: ziffer[0]='0', ziffer[1]='1' usw.
// bis ziffer[9]='9'
```

Bitfelder — **Bitfelder** können nur innerhalb von Strukturen und Unionen definiert werden. Sie werden häufig benutzt, wenn der Speicherplatz eng wird.

Definition/Deklaration — In **C** müssen alle **Variablen** vereinbart werden, bevor sie benutzt werden. Bei den Vereinbarungen unterscheidet man **Definitionen,** die die **Objekte** erzeugen und **Deklarationen**, die die Eigenschaften von **Objekten** nur festlegen.

Definition — Beschreibung, Vereinbarung, bei gleichzeitigem Anlegen eines oder mehrerer **Objekte** und Belegung von Speicherplatz. Eine **Definition** besteht aus einem **Typ** und einer Liste von **Variablen**.

Deklaration — (Vereinbarung) Die Deklaration legt den **Namen**, den **Typ** und die **Speicherklasse** einer **Variablen** fest.

Element — Das **Element** ist die einzelne Zelle eines **Arrays**. Lückenlos aufeinander folgende Elemente gleichen Typs bilden das **Array**.

Enumeratoren — Mit dem Schlüsselwort **enum** kann man eine Liste von Namen mit sequentiell aufsteigenden Integer-Konstanten erzeugen. Die so erzeugten Namen nennt man Enumeratoren.

Beispiele zur Erzeugung von Enumeratoren:

```
enum {null, eins, zwei, drei, vier, fuenf};
```

Die Enumeratoren `null` bis `fuenf` sind jetzt der Reihe nach mit den konstanten Integer-Werten **0** bis **5** belegt worden und können anstelle dieser Werte eingesetzt werden.

```
enum {red_led_on = 1, green_led_on, both_leds_on};
#define leds PORTA

/* wo in einer der folgenden Anweisung "leds" auftaucht,
wird es durch "PORTA" ersetzt.
*/

PORTA = 0x1;         //bringt die rote LED zum Leuchten
leds = red_led_on;   //ist eine identische Anweisung
```

Der Wert von `red_led_on` wird auf **1**, der von `green_led_on` auf **2** und der von `both_leds_on` auf **3** gesetzt.

Funktion

Die Steuerung des Programmablaufs wird allein durch **Funktionen** vorgenommen, d.h. nur innerhalb der Funktionen sind Algorithmen zugelassen. Die **Funktionen** machen mit Hilfe von überschaubaren, in sich logisch abgeschlossenen Handlungen die **C**-Anwendungen generell übersichtlicher, leichter veränderbar und portierbar. Im Allgemeinen bestehen **C**-Programme aus vielen kleinen und nicht aus wenigen großen **Funktionen**.

Jede Funktion hat folgende allgemeine Form:

```
Rückgabetyp   Name(Parameter-Liste)     // Deklaration
{                                       // Beginn
     Vereinbarungen;                    // des
     Anweisung1;                        // Funktionskörpers
     Anweisung2;
          usw.
     return (Rückgabewert);             // und sein
}                                       // Ende
```

Funktionskörper

Die Steuerung des Programmablaufs wird innerhalb von **Funktionskörpern** wahrgenommen. Ein **Funktionskörper** wird von geschweiften Klammern eingeschlossen

Funktions-Prototypen

Der **Prototyp** einer **Funktion** weist den Compiler vor dem eigentlichen Aufruf der **Funktion** an, welche Aufrufargument-Typen und/oder welcher Rückgabetyp der **Funktion** akzeptiert werden sollen. Die Nennung der **Variablen** entfällt. Mit der Aufzählung von **Funktions-Prototypen** zu Beginn eines Quell-Codes kann die Reihenfolge des Auftretens der **Funktionen** beliebig sein.

Beispiel zur Anwendung eines Funktions-Prototyps:

```
int funktion_a(int, int);   // Funktions-Prototyp
                            // fuer funktion_a

void funktion_b(void);      // Deklaration funktion_b

int var1, var2, var3;       // Deklaration der Variablen
```

```
void main(void)             // Deklaration main
{
     var3 = funktion_a(var1, var2); // Aufruf funktion_a
     funktion_b;                    // Aufruf funktion_b
}

int funktion_a(int x, int y); // Deklaration funktion_a
```

Header

Kopf-Datei **<**abc.h**>** bzw. **"xyz.h"** mit **Deklarationen** als Inhalt.

Kommentar

Kommentare sind Erklärungen innerhalb eines Quellprogramms, um den Programmablauf zu kommentieren. Mit

```
/* beliebiger Text
über mehrere Zeilen */
```

können ganze Absätze in das Coding eingefügt werden, die jeweils mit **/*** beginnen und mit ***/** enden. Alle Zeichen dazwischen werden vom Compiler ignoriert. Sollen nur einzelne Befehls-Zeilen kommentiert werden, so wird mit **//** der erläuternde Text eingeleitet. Dieser endet stets mit dem Zeilenende.

Beispiele für verschiedene Kommentare:

```
01  // Module..: REACTION_LED, MAIN.C
02  // Version.: 1.0
03  // Compiler: CodeVisionAVR
04  // Chip....: ATmega88
05  // Date....: May 2008
06  // Author..: Udo Juerss
07  //-------------------------------------------------------
08
09  /*
10  Testboard wiring for REACTION_LED application
11
12  COMPONENT                    Testboard-PIN
13  -------------------------------------------------------
14  *** LEDs ***
15  LED1 (left most)             PD2
16  LED2                         PC5
17  LED3                         PC4
18  LED4                         PC3
19  LED5                         PC2
20  LED6                         PC1
21  LED7 (right most)            PC0
22
23  *** PUSHBUTTONS ***
24  S2 (middle)                  PB0
25  */
26  //-------------------------------------------------------
27  #include "typedefs.h"    //h-Datei fuer eigene Datentypen
28  #include "led.h"         //h-Datei zur Definition der LEDs
29  #include "stop_watch.h"  //h-Datei zur Definition des Stop
30  #include "switches.h"    //h-Datei zur Def. der Tasten
31  //-------------------------------------------------------
```

In den Zeilen 01 bis 07 und in den Zeilen 26 bis 31 werden Zeilen-Kommentare eingefügt. Die Zeilen 09 bis 25 bilden einen Block-Kommentar zur Beschreibung des Programms.

Konstanten

Einige **Konstanten** sind bereits Teile des kompilierten Programms selbst andere werden per **Deklaration** durch das **reservierte Wort** **const**, der Festlegung des **Typs** und der Vergabe eines **Namens** vereinbart.

Beispiel:
```
const float pi = 3.141592F; //F steht für Floating Point
```

Makros

Ein Name, dem per **#define**-Anweisung ein Text-String (Makro-Rumpf) zugeordnet ist, bildet in der **C**-Programmierung ein **Makro**. Nach Konventionen werden Makro-Namen, die **Konstanten** repräsentieren, groß geschrieben. Im AVR-Projekt werden **Makros** generell groß geschrieben.

Jedes Vorkommen eines Makro-Namens, also bei seinen Aufrufen im Programm, wird vom **Preprozessor** durch den Makro-Rumpf ersetzt, in die Eingabe für den **Preprozessor** zurückgestellt und ggf. erneut bearbeitet.

Mitglied

Oder **Member**, das sind die Komponenten in **Strukturen** und **Unionen**.

Namen

Oder **Identifier** sind die eindeutigen Bezeichnungen (Worte) für **Variable**, **Konstante** oder **Funktionen**. Ein **Name** besteht aus einer Folge von Buchstaben und Ziffern. Das erste Zeichen muss ein Buchstabe sein. Das Zeichen _ (Unterstrich) zählt zu den Buchstaben. Große und kleine Buchstaben werden unterschieden. **Schlüsselwörter** werden stets mit kleinen Buchstaben gekennzeichnet.

Als Vereinbarung im AVR-Projekt gilt:

- Alle **Variablen** und **Funktionen** werden generell kleingeschrieben,
- **Konstante**, **Makros** und **Namen** für **Datentypen** werden großgeschrieben,
- zusammengesetzte **Namen** werden mit einem Unterstrich _ verbunden.

Objekt

Sämtliche **Variablen** und adressbehafteten **Konstanten** jeglichen **Typs**, **Funktionen**, **Arrays**, **Strukturen**, **Unionen**, **Bitfelder** und **Enumerationen** sind **Objekte** der Sprache **C**. **Funktionen** sind **Code-Objekte** und die übrigen sind **Daten-Objekte**. Jedem Objekt wird bei seiner Definition Speicherplatz an einer unveränderbaren Position im Speicher zugewiesen.

Operatoren

Symbole aus ein oder zwei Zeichen, die dem Compiler den Typ der auszuführenden Operation anzeigen. Eine Anweisung (Statement), in der ein Operator ein oder zwei Operanden verbindet, resultiert entweder in einer Aussage **TRUE** oder **FALSE** oder in einem numerischen Wert.

Tabelle: Arithmetische Operatoren

Vorrang	Operator	Operation	Beispiele
1	*	Multiplikation	y = a * b
1	/	Division	y = a / b
2	%	Restwert-Division (Modulo)	rest_von = a % b
3	+	Addition	y = x + 3
3	-	Subtraktion oder Negation	y = x - z

Tabelle: Relationale Operatoren

Operator	Operation	Beispiele	Annahme	Ergebnis
==	... ist gleich ...	(x == y)	x = 3 Y = 5	FALSE
!=	... ist nicht gleich ...	(x != y)		TRUE
<	... ist kleiner als ...	(x < y)		TRUE
<=	... ist kleiner oder gleich ...	(x <= y)		TRUE
>	... ist größer als ...	(x > y)		FALSE
>=	... ist größer oder gleich ...	(x >= y)		FALSE

Tabelle: Logisch und bitweise wirkende Operatoren

Operator	Operation	Beispiele	Annahme	Ergebnis
`~`	**Einerkomplement** bitweise	`x = ~y;`	`unsigned char y = 201 = 0xC9 = 0b11001001`	`x = 0b00110110`
`<<`	**Liks-Shift** bitweise	`x = y << 3;`		`x = 0b01001000`
`>>`	**Rechts-Shift** bitweise	`x = y >> 4;`		`x = 0b00001100`
`&`	**UND** bitweise	`x = y & 0x3F;`		`x = 0b00001001`
`^`	**Exklusives ODER** bitweise	`x = y ^ 1;`		`x = 0b11001000`
`|`	**ODER** bitweise	`x = y | 0x10;`		`x = 0b11011001`
`&`	**UND** bitweise	`(x & y)`	`x = 0b00001001` `y = 0b00000110`	`0b00000000 = FALSE`
`&&`	**UND** logisch	`(x && y)`		`TRUE && TRUE = TRUE`
`^`	**Exklusiv ODER** bitweise	`(x ^ y)`	`x = 0b00001001` `y = 0b00001001`	`0b00000000 = FALSE`
`|`	**ODER** bitweise	`(x | y)`		`0b00001001 = TRUE`
`||`	**ODER** logisch	`(x || y)`		`TRUE || TRUE = TRUE`

Tabelle: Alle Operatoren nach Vorrang (z.B. Punktrechnung geht vor Strichrechnung)

Vorrang (Level)	Gruppierung von/nach	Operator	Anzahl Operanden	Operation (Wirkungsweise)
1	links nach rechts	`()`	beliebig	Mehrfachbedeutung, Funktions-Operator
1	links nach rechts	`[]`	1 (monadisch)	Array-Element
1	links nach rechts	`->`	2 (dyadisch)	Zugriffsoperator auf ein Struktur-Mitglied
1	links nach rechts	`.`	2 (dyadisch)	Punkt-Operator für Struktur-Mitglieder
2	rechts nach links	`!`	1 (monadisch)	Logisches NICHT liefert TRUE oder FALSE
2	rechts nach links	`~`	1 (monadisch)	Einerkomplement (bitweise)
2	rechts nach links	`-`	1 (monadisch)	Änderung des Vorzeichens
2	rechts nach links	`*`	1 (monadisch)	Verweis-Operator (Indirection-Operator)
2	rechts nach links	`&`	1 (monadisch)	Adress-Operator (Address Operator)
2	rechts nach links	`++`	1 (monadisch)	Prä- oder Post-Inkrement
2	rechts nach links	`--`	1 (monadisch)	Prä- oder Post-Dekrement
2	rechts nach links	`(`*Type*`)`	1 (monadisch)	Temporäre Typzuweisung
2	rechts nach links	`sizeof`	1 (monadisch)	Anzahl Bytes eines Operanden
3	links nach rechts	`*`	2 (dyadisch)	Multiplikation
3	links nach rechts	`/`	2 (dyadisch)	Division
3	links nach rechts	`%`	2 (dyadisch)	Restwert-Division (Modulo; nur mit `int`)
4	links nach rechts	`+`	2 (dyadisch)	Addition
4	links nach rechts	`-`	2 (dyadisch)	Subtraktion
5	links nach rechts	`<<`	2 (dyadisch)	Links-Shift (bitweise)
5	links nach rechts	`>>`	2 (dyadisch)	Rechts-Shift (bitweise)
6	links nach rechts	`<`	2 (dyadisch)	Vergleichsoperator: Kleiner als
6	links nach rechts	`<=`	2 (dyadisch)	Vergleichsoperator: Kleiner oder gleich als
6	links nach rechts	`>=`	2 (dyadisch)	Vergleichsoperator: Größer oder gleich als
6	links nach rechts	`>`	2 (dyadisch)	Vergleichsoperator: Größer als
7	links nach rechts	`==`	2 (dyadisch)	Vergleichsoperator: Ist identisch mit
7	links nach rechts	`!=`	2 (dyadisch)	Vergleichsoperator: Ist nicht identisch mit
8	links nach rechts	`&`	2 (dyadisch)	UND (bitweise)
9	links nach rechts	`^`	2 (dyadisch)	Exklusives ODER (bitweise)
10	links nach rechts	`|`	2 (dyadisch)	ODER (bitweise)
11	links nach rechts	`&&`	2 (dyadisch)	Logisches UND liefert TRUE oder FALSE
12	links nach rechts	`||`	2 (dyadisch)	Logisches ODER liefert TRUE oder FALSE
13	rechts nach links	`?:`	3 (triadisch)	Bedingungsoperator: ähnlich `if()-else`

14	rechts nach links	**=**	2 (dyadisch)	Zuweisungsoperator
14	rechts nach links	**+=**	2 (dyadisch)	Zusammengesetzte Zuweisung mit **+**
14	rechts nach links	**-=**	2 (dyadisch)	Zusammengesetzte Zuweisung mit **-**
14	rechts nach links	***=**	2 (dyadisch)	Zusammengesetzte Zuweisung mit *****
14	rechts nach links	**/=**	2 (dyadisch)	Zusammengesetzte Zuweisung mit **/**
14	rechts nach links	**%=**	2 (dyadisch)	Zusammengesetzte Zuweisung mit **%**
14	rechts nach links	**&=**	2 (dyadisch)	Zusammengesetzte Zuweisung mit **&**
14	rechts nach links	**^=**	2 (dyadisch)	Zusammengesetzte Zuweisung mit **^**
14	rechts nach links	**|=**	2 (dyadisch)	Zusammengesetzte Zuweisung mit **|**
14	rechts nach links	**<<=**	2 (dyadisch)	Zusammengesetzte Zuweisung mit **<<**
14	rechts nach links	**>>=**	2 (dyadisch)	Zusammengesetzte Zuweisung mit **>>**
15	links nach rechts	**,**	beliebig	Aufzählung, Kettenbildung

Parameter

Ein **Parameter** ist die **Variable**, die den Wert des **Argumentes** in der aufgerufenen **Funktion** repräsentiert.

Parameter-Liste

Die Angabe eines oder mehrerer **Parameter**, die in runden Klammern eingeschlossen dem **Funktionsnamen** folgen, nennt man **Parameter-Liste**.

Pointer

Zeiger, Adresse (indirekte Adressierung).

pragma

Die Preprozessor-Anweisungen **#pragma** (Kurzform für **Pragmatic Information**) ermöglicht es, besondere Anweisungen und logische Schalter vor der eigentlichen Kompilierung zu verwenden. Sie sind extrem Compiler-abhängig. Eine **#pragma**-Anweisung übermittelt gewöhnlich unwesentliche Information, häufig in der Absicht, den Compiler bei der Programm-Optimierung zu helfen.

Schlüsselwörter

Die folgenden **Namen** haben für den **C-Compiler** besondere Bedeutungen und dürfen deshalb nicht als Worte für Variable usw. benutzt werden (Tabelle von **CVAVR**):

```
break       bit         bool        _Bool       case
char        const       continue    default     defined
do          double      eeprom      __eeprom    else
enum        extern      flash       __flash     float
for         goto        if          inline      int
interrupt   __interrupt long        register    return
short       signed      sizeof      sfrb        sfrw
static      struct      switch      typedef     union
unsigned    void        volatile    while
```

Speicherklasse

Speicherklassen legen fest, wie die **Variable** behandelt werden soll, insbesondere in welchem **Geltungsbereich** sie angelegt werden soll.

Strukturen

Die Strukturierung ist eine Methode, um ein einheitliches Daten-Objekt zu erzeugen, das aus mehreren **Variablen** besteht. Im Unterschied zu **Arrays** können **Strukturen** als Ganzes zugewiesen werden und können somit als Ganzes an Funktionen übergeben und zurückerhalten werden.

Typ

Der (Daten-)**Typ** einer **Variablen** legt die Struktur der **Variablen** fest, z.B. ob sie ganzzahlige Werte oder Gleitkomma-Werte annehmen. Die folgende Tabelle zeigt die verschiedenen **Typen** und ihre zugewiesene Größe bei **Variablen** (für **CVAVR**):

Tabelle: Die Größen verschiedener Typen

Typ		Größe	Werte-Bereich	
Schlüsselwörter	AVR-Synonyme	in Bits	von	bis
bit	-	1	0	1
bool, _Bool	-	8	0	ungleich 0
char	S8, S08, tS08	8	-128	+127
unsigned char	U8, U08, tU08	8	0	255
signed char	S8, S08, tS08	8	-128	+127
int	S16, tS16	16	-32768	+32767
short int	S16, tS16	16	-32768	+32767
unsigned int	U16, tU16	16	0	65535
signed int	S16, tS16	16	-32768	+32767
long int	S32, tS32	32	-2147483648	+2147483647
unsigned long int	U32, tU32	32	0	4294967295
signed long int	S32, tS32	32	-2147483648	+2147483647
float	-	32	±1.175e-38	±3.402e38
double	-	32	±1.175e-38	±3.402e38

Typ-Deklarationen

In **C** werden sehr vielfältige **Typ-Deklarationen** (komplexe Typen) benutzt, die sehr genau unterschieden werden müssen. Um Typen korrekt zu erkennen, muss man vom **Namen** ausgehen und links und rechts davon befindliche **Operatoren** gemäß ihrem Vorrang interpretieren. Dabei muss man von Innen nach Außen vorgehen und Paare mit runden Klammern untersuchen, ob sie lediglich einen Vorrang erzwingen sollen oder aber eine Funktion anzeigen. In den folgenden Beispielen steht der Typ **int** stellvertretend für ein beliebiges Typen-Schlüsselwort:

```
int i;              // i ist eine Integer-Variable.

int *p;             // p ist ein Pointer auf eine
                    // Integer-Variable.

int **pp;           // pp ist ein Pointer auf den
                    // Pointer p, der auf eine
                    // Integer-Variable zeigt.

int ***ppp;         // ppp ist ein Pointer, der auf
                    // den Pointer pp zeigt, der auf
                    // den Pointer p zeigt, der auf
                    // eine Integer-Variable zeigt.

int *a[3];          // a ist ein Array von 3 Pointers
                    // auf Integer.

int * f();          // f ist eine Funktion, die einen
                    // Pointer auf Integer als
                    // Ergebnis liefert.

int (*p)();         // p ist ein Pointer auf eine
                    // Funktion mit Integer-Ergebnis.

int (*p)(int x);    // p ist ein Pointer auf eine
                    // Funktion mit Integer-Ergebnis,
                    // die als Parameter einen
                    // Integer-Wert uebernimmt.

int (*p)(int[]);    // p ist ein Pointer auf eine
                    // Funktion mit Integer-Ergebnis,
                    // die als Parameter ein Integer-
                    // Array unbestimmter Groesse
                    // uebernimmt.
```

```
int (*p)(int *a[]); // p ist ein Pointer auf eine
                    // Funktion mit Integer-Ergebnis,
                    // die als Parameter ein Array a
                    // unbestimmter Groesse auf
                    // Integer uebernimmt.

int *f(int *a[3]);  // f ist eine Funktion, die einen
                    // Pointer auf Integer als
                    // Ergebnis liefert und als
                    // Parameter ein Array a mit
                    // 3 Pointers auf Integer
                    // uebernimmt.
```

typedef — Schlüsselwort, um Synonyme (unterschiedliche Namen gleicher Bedeutung) für die Typen-Namen zu bilden (vergl. 2. Spalte in der **Typ-Tabelle**).

Unionen — **Unionen** sind mit den **Strukturen** bis auf einem Punkt identisch: Alle Mitglieder einer Union teilen sich ein und denselben Speicherplatz.

Variable — Eine **Variable** ist eine (im Gegensatz zur **Konstante**) Größe, die wie in der Algebra veränderbar ist.

Variable, Definition — Die **Variable** wird **definiert** durch ein reserviertes Wort, welches den **Typ** und die Größe festlegt, durch den für sie eindeutig festgelegten **Namen** (**Identifier**) und der Zuweisung von Speicherplatz.

Variable, Deklaration — Die **Variable** wird **deklariert** durch ein reserviertes Wort, welches den **Typ** und die Größe festlegt, und durch den für sie eindeutig festgelegten **Namen** (**Identifier**).

Beispiele:

```
unsigned char text_anzeige;
int lfd_nr, schuh_groesse;
long int population;
```

Variablen, Lokale — **Variablen**, die lediglich in **Funktionen** deklariert werden, sind privat, intern oder **lokal**, d.h. keine andere **Funktion** hat auf sie einen direkten Zugriff. Jede lokale Variable in einer **Funktion** wird nur erzeugt, wenn die **Funktion** aufgerufen wird und sie verschwindet wieder, wenn die **Funktion** verlassen wird. Ausnahme bei der **Speicherklasse** **static**

Variablen, Globale — **Variablen**, die mit einem Namen außerhalb aller Funktionen definiert werden, sind extern oder global. D.h. sie sind in jeder Funktion per Namen beliebig verfügbar, in der sie deklariert wurden. Man kann mit ihnen anstelle von Argumenten Daten zwischen Funktionen übergeben. Sie sind permanent verfügbar, auch nach Abschluss einer Funktion behält eine globale Variable ihren Wert bei, der ihr innerhalb der Funktion zugewiesen wurde.

6.2 Bibliothek

AVR-C-Projekte werden in der **Gruppe 600** zusammengefasst und sind stets anwendungsbezogen, das heißt sie dienen einem besonderen praktischen Zweck. Darüber hinaus wird es sich bei der Programmierung ergeben, dass man **allgemein anwendbare Funktionen** entwickelt, das heißt solche, die für viele Anwendungen nützlich sind - ähnlich den Funktionen, die in den globalen Header-Dateien aufrufbar sind.

Die **Bibliothek** soll diesen **allgemein anwendbaren Funktionen** einen angestammten Platz zur "Ablage" und zur Beschreibung geben.