

4 Up-Down Counter

Student Group

First Name	Surname	Matrikel Nr.

Table of Contents

4 Up-Down Counter

Interrupts - was tun bei Unterbrechungen?

Ziele

Video

Übung

Aufgabe

Weiterführendes

2

2

2

2

2

4

12

4 Up-Down Counter

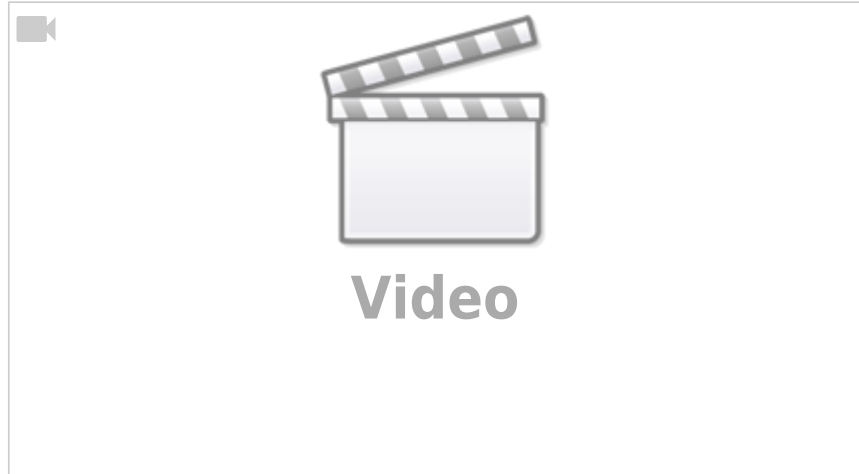
Interrupts - was tun bei Unterbrechungen?

Ziele

Nach dieser Lektion sollten Sie:

1. wissen, wie eine Interrupt genutzt wird

Video



Übung

I. Vorarbeiten

1. Laden Sie folgende Datei herunter:
 1. [4_up_down_counter.sim1](#)
 2. [4_up_down_counter.hex](#)
 3. [lcd_lib_de.h](#)

II. Analyse des fertigen Programms

1. Initialisieren des Programms

1. Öffnen Sie SimulIDE und öffnen Sie dort mittels  die Datei `4_up_down_counter.simu`
2. Laden Sie `4_up-down-counter.hex` als firmware auf den Atmega 88 Chip
3. Zunächst wird eine Startanzeige mit dem Namen des Programms dargestellt.
4. Als nächstes ist ein Displaybild zu sehen, in dem die Wirkung der verschiedenen Schalter in der zweiten Zeile zu sehen ist:
 1. Schalter 1 setzt den Zähler auf 0000 zurück.
 2. Schalter 2 zählt den Zähler um 1 herauf.
 3. Schalter 3 zählt den Zähler um 1 herab.
2. Prüfen Sie wann genau der Zähler auf- bzw. abzählt? Geschieht dies beim Schließen oder öffnen des Schalters?
3. Das Programm zu diesem Hexfile soll nun erstellt werden

III. Eingabe in Atmel Studio

/*=====

```

/*=====
=====
=====
Experiment 4:    Up-Down-
Counter
=====
=====

Dateiname:      Up-Down-
Counter_de.c

Autoren:        Peter
Blinzinger
                Marc
Neumeister
                Prof. G.
Gruhler (Hochschule
Heilbronn)
                D.
Chilachava      (Georgische
Technische Universitaet)

Version:        1.2 vom
01.05.2020

Hardware:        MEXLE2020
Ver. 1.0 oder höher
                AVR-USB-
PROGI Ver. 2.0

Software:
Entwicklungsumgebung: AVR
Studio 7.0
                C-
Compiler:AVR/GENU C Compiler
5.4.0

Funktion:        Es wird ein
4-stelliger Dezimal-Zaehler
(0000..9999) mit
                Anzeige und
Ueber-/ Unterlauf
realisiert. Das Aufwaerts-
und
Abwaertszaehlen wird mit
zwei Tasten (S2: +) (S3: -)
gesteuert.
                Es werden
die Flanken beim Druucken
der Tasten ausgewertet.

```

Ändern Sie auch hier wieder die Beschreibung am Anfang des C-Files, je nachdem was Sie entwickeln

Deklarationen

- ```
=====
```
1. Hier wird wieder geprüft ob die Frequenz des Quarz bereits eingestellt wurde und - falls nicht - dessen Frequenz eingestellt.
  2. Bei den Header-Dateien wird zusätzlich `dieinterrupt.h` inkludiert. Damit können "Interrupt Service Routinen" - also Unterprogramme für Unterbrechungen - definiert werden.
  3. Als Konstanten werden `VORTEILER_WERT`,

Die Taste S1 dient zum Ruecksetzen des Zaehlers auf 0000.

Displayanzeige: Start (fuer 2s):      Betrieb:

```

+-----+
-----+ +-----+
-+

```

```

| -
Experiment 4 - |
|Up/Down-Counter |
|Up/Down-
Counter | |RES + -
0000|

```

```

+-----+
-----+ +-----+
-+

```

Tastenfunktion: S1: Reset Counter (ohne Entprellung)

S2: (+)

Aufwaerts (mit Entprellung)

S3: (-)

Abwaerts (mit Entprellung)

Jumperstellung: keine Auswirkung

Fuses im uC: CKDIV8: Aus (keine generelle Vorteilung des Takts)

Header-Files: lcd\_lib\_de.h (Library zur Ansteuerung LCD-Display Ver. 1.3)

```

=====
=====
=====*/

```

// Deklarationen

```

=====
=====
=====

```

```

// Festlegung der
Quarzfrequenz
#ifndef F_CPU

```

HUNDERTSTEL\_WERT und ZEHNTTEL\_WERT definiert. Diese sind notwendig, um von der Periode des Interrupts auf die Hunderstelsekunde und Zentelsekunde zu kommen (siehe ISR (TIMER0\_OVF\_vect))

4. Auch die Variablen vorteiler und hundertstel sind für die Umrechnung des Interrupts auf längere Perioden wichtig.
5. In counter wird die eigentliche, auf- bzw. absteigende Zahl gespeichert.

### Aufgabe

Welchen Wertebereich hat int?

6. timertick, takt10ms, takt100ms sind Bit-Botschaften (auch Flag genannt). Diese Boolewerte geben bescheid, ob die Interrupt Service Routine aufgerufen wurde (timertick), oder ob 10ms oder 100ms abgelaufen ist.
7. Wird die Taste S1 gedrückt, so wird sw1\_neu gesetzt. sw1\_alt entspricht dem vorherigen Wert. Gleiches gibt es für die anderen Taster.
8. Die Makros wurden bereits erklärt
9. Die Funktionsprototypen zeigen wieder die kommenden Unterprogramme an

Hauptprogramm =====

1. Zunächst werden zwei Initialisierungsroutinen aufgerufen (siehe weiter unten)
2. Dann werden die "Timer/Counter Control Register" des Timers 0 TCCR0A und TCCR0B gesetzt. Im verwendeten "Normal Mode" zählt der ein Timer (=Zählerbaustein) im Mikroprozessor hoch. Die entspricht etwa dem  $a=a+1$  im C Code, nur, dass der Mikroprozessor dafür keinen Code ausführen muss. Das Register TCCR0B gibt mit dem Prescaler an, dass das Hochzählen um ein nur alle 8 Prozessortakte erfolgen soll. Der

```
// optional definieren
#define F_CPU 1843200UL
// ATmega 88 mit 18.432 MHz
// Quarz
#endif

// Include von Header-
// Dateien
#include <avr/io.h>
// I/O-Konfiguration (intern
// weitere Dateien)
#include <stdbool.h>
// Bibliothek fuer Bit-
// Variable
#include <avr/interrupt.h>
// Definition von Interrupts
#include <util/delay.h>
// Definition von Delays
// (Wartezeiten)
#include "lcd_lib_de.h"
// Header-Datei fuer LCD-
// Anzeige

// Konstanten
#define ASC_ZERO
0x30// ASCII-Zeichen '0'
#define VORTEILER_WERT
90 // Faktor Vorteiler = 90
// (Timerticks)
#define TAKT10MS_WERT
10 // Faktor Takt10ms = 10
// (1/100 s)

// Variable
unsigned char vorteiler
= VORTEILER_WERT;//
// Zaehlvariable Vorteiler
unsigned char
takt10msZaehler =
TAKT10MS_WERT; //
// Zaehlvariable im 10ms Raster

int counter = 0;
// Variable fuer Zaehler

bool timertick;
// Bit-Botschaft alle
// 0,111ms (bei Interrupt)
bool takt10ms;
// Bit-Botschaft alle 10ms
bool takt100ms;
```

verwendete Timer 0 ist ein 8-Bit Timer. Er zählt also von 0 bis 255, läuft dann über und beginnt wieder bei 0.

3. TIMSK0 ist die "Timer Interrupt MaSK" des Timers 0. Damit kann angegeben werden, ob und wenn ja, welcher Interrupt ausgelöst werden soll. Timer kann damit so konfiguriert werden, dass er keinen Interrupt auslöst, oder einen Interrupt bei einem bestimmten Wert auslöst, oder einen Interrupt beim Überlauf auslöst. Mit dem Bit TOIE0 wird der Interrupt bei Überlauf aktiviert (vgl. ATmegaX8 Datenblatt (Kap. 15.9.6) oder [ATmega88 Datasheet \(Kap. 14.9.6\)](#)).
4. erst mit dem Befehl sei() wird die Bearbeitung von Interrupts aktiv
5. in der Endlosschleife sind zwei if-Befehle zu finden, welche über Flags prüfen, ob \$10~\rm ms\$ oder \$100 ~\rm ms\$ abgelaufen sind. Wenn ja, wird als erstes das Flag zurückgesetzt und dann die gewünschte Unterfunktion aufgerufen.
6. Die Abfrage der Tasten soll entprellt geschehen. Das ist durch das Abtasten / Einlesen des Signals alle \$10 ~\rm ms\$ möglich.
7. Für die Textanzeige ist eine keine ruckelfreie Darstellung notwendig. Damit kann für die Darstellung der Wert von \$30 ~\rm Hz\$ unterschritten werden, über dem ein Bild als flüssig animiert wahrgenommen wird. Eine Anzeige alle \$100 ~\rm ms\$ ist also ausreichend

#### Interrupt Routine

=====

1. Mit dem Befehl ISR() wird eine Interrupt Service Routine angelegt. Das verwendete TIMER0\_OVF\_vect spezifiziert den gewünschten Interrupt, hier den OVerFlow Interrupt für TIMER0.
2. Der Überlauf-Interrupt durch den Timer0 wird erst bei Überlauf des 8-Bit Wert ausgeführt. Das entspricht einer Periode von  $T_{\rm ISR} = \frac{256 \cdot \rm Prescaler}{f_{\rm Quarz}} = \frac{256 \cdot 8}{18'432'000 \rm Hz} = 0,1 \bar{1} \rm ms$ .
3. Als erstes wird beim Ausführen die boole-

```
// Bit-Botschaft alle 100ms

bool sw1_neu = 1;
// Bitspeicher fuer Taste 1
bool sw2_neu = 1;
// Bitspeicher fuer Taste 2
bool sw3_neu = 1;
// Bitspeicher fuer Taste 3

bool sw1_alt = 1;
// alter Wert von Taste 1
bool sw2_alt = 1;
// alter Wert von Taste 2
bool sw3_alt = 1;
// alter Wert von Taste 3

// Makros
#define SET_BIT(BYTE, BIT)
((BYTE) |= (1 << (BIT))) //
Bit Zustand in Byte setzen
#define CLR_BIT(BYTE, BIT)
((BYTE) &= ~(1 << (BIT))) //
Bit Zustand in Byte loeschen
#define TGL_BIT(BYTE, BIT)
((BYTE) ^= (1 << (BIT))) //
Bit Zustand in Byte wechseln
(toggle)

// Funktionsprototypen
void initTaster(void);
// Taster initialisieren
void initDisplay(void);
// Initialisierung des
Displays
void counterCounting(void);
// Zaehlfunktion
void counterDisplay(void);
// Anzeigefunktion

// Hauptprogramm
=====
=====
=====
int main()
{
 initDisplay();
// Initialisierung LCD-
Anzeige

 TCCR0A = 0;
// Timer 0 auf "Normal Mode"
```

Variable Timertick gesetzt. Diese gibt an: ISR wurde aufgerufen.

4. Die Variable vorteiler ist auch ein Zähler, welcher mit jedem Aufruf von ISR heruntergezählt wird. Mit vorteiler = VORTEILER\_WERT als Ausgangswert (Zeile 65) zählt vorteiler von 90 herunter. Da die ISR alle  $0,1\overline{1}\sim\text{ms}$  aufgerufen wird, wird vorteiler alle  $90\cdot 0,1\overline{1}\sim\text{ms}=10\sim\text{ms}$  gleich 0.
5. Wenn vorteiler 0 erreicht wird die Variable wieder auf den Startwert zurückgesetzt und der das Flag für das Erreichen der  $10\sim\text{ms}$  gesetzt. Um auch  $10\cdot 10\sim\text{ms}$  abzählen zu können, muss nach  $10\sim\text{ms}$  takt10msZaehler auch herunter gezählt werden.
6. Erreicht takt10msZaehler den Wert 0, so wird auch diese Variable auf 0 und ebenso das Flag für das Erreichen von  $100\sim\text{ms}$  zurückgesetzt
7. Mit dieser Methode erzeugt der Interrupt nur 3 Flags, die anderweitig ausgelesen werden können, z.B. in main(). Die ISR bleibt also sehr schlank. Wäre in der ISR() viel Code auszuführen, so würde der Prozessor zwischen zwei Interrupts kaum noch Zeit haben, um sich dem unterbrochenen Programm zu widmen.

Zaehlfunktion =====

1. Zunächst werden die einzelnen Tastenstellungen mittels verUNDen einer Bitmaske für den jeweiligen Taster aus PINC in die Variable ausgelesen.
2. Für die Reaktion auf einen Tastendruck gibt es nun zwei Varianten:
  - a. immer wenn erkannt wird, dass die Taste gedrückt ist (der Schalter geschlossen ist), wird reagiert.
  - b. nur beim Wechsel von 'Taster nicht gedrückt' zu 'Taster gedrückt' (Flanke von 0 auf 1) wird reagiert.
Das Zurücksetzen auf 0 soll immer ausgelöst werden; entsprechend wird hier Variante a.

```

schalten
 TCCR0B |= (1<<CS01);
// mit Prescaler /8
betreiben
 TIMSK0 |= (1<<TOIE0);
// Overflow-Interrupt
aktivieren

 sei();
// generell Interrupts
einschalten

 while(1)
// unendliche Warteschleife
// mit Aufruf der
// Funktionen abhaengig von
// Taktbotschaften
 {
 if (takt10ms)
// alle 10ms:
 {
 takt10ms = 0;
// Botschaft "10ms"
loeschen
counterCounting(); //
Tasten abfragen,
Zaehlfunktion

 }
 if (takt100ms)
// alle 100ms:
 {
 takt100ms = 0;
// Botschaft "100ms"
loeschen
counterDisplay(); //
Zaehlerstand auf Anzeige
ausgeben
 }
 }
 return 0;
}

// Interrupt-Routine
=====
=====
==
ISR (TIMER0_OVF_vect)
/* In der Interrupt-Routine
sind die Softwareteiler für
die Taktbotschaften

```

gewählt. Der Zähler soll nur zu dem Zeitpunkt Herauf-/Herunterzählen, wenn der Schalter gerade geschlossen wurde; entsprechend wird hier Variante b. gewählt.

3. Im Falle des Heraufzählens, ist ein Überlauf bei 10000 vorhanden. Im Falle des Herunterzählens, gibt es einen Unterlauf für Werte kleiner als 0 - dann wird auf 9999 gesprungen.
4. Zum Ende dieser Funktion müssen die Schalterstellungen in die Variablen `sw1_alt` bis `sw3_alt` gespeichert werden. Damit kann beim nächsten Aufruf die Flankendetektion stattfinden.

#### Anzeige Zaehler

=====

1. Zur Ausgabe des Zählerwerts wird eine Hilfsvariable angelegt und auf eine Position unten rechts auf dem Display gesprungen
2. Um den Wert 3456 auszugeben, wird dieser Schritt für Schritt im Display aufgebaut. Für die Tausenderstelle wird zunächst der Wert \$3456/1000\$ ohne Nachkommastellen ausgerechnet. Für die Anzeige muss dieser Wert in einen ASCII-Wert umgewandelt werden. Dazu muss 0x30 addiert werden.
3. Für die Hunderterstelle von 3456 muss nun vom Tausender-Rest 456 wieder die höchste Stelle ausgegeben werden. Der Tausender-Rest kann über die Modulo-Funktion (im Code mittels %) ermittelt werden. Für Zehner- und Einerwert kann aus dem Hunderter-Rest direkt Division durch 10 ohne Rest und gerade dieser Rest verwendet werden

(10ms, 100ms) realisiert. Initialisierung Display-Anzeige  
 Die Interrupts stammen von Timer 0 (Interrupt 1)

Verwendete Variable:  
 vorteiler  
 hunderstel

```

Ausgangsvariable:
takt10ms
takt100ms
*/
{
 timertick = 1;
 // Botschaft 0,111ms senden
 --vorteiler;
 // Vorteiler dekrementieren
 if (vorteiler==0)
 // wenn 0 erreicht: 10ms
 abgelaufen
 {
 vorteiler =
 VORTEILER_WERT; //
 Vorteiler auf Startwert
 takt10ms = 1;
 // Botschaft 10ms senden
 --takt10msZaehler;
 // Hunderstelzähler
 dekrementieren

 if
 (takt10msZaehler==0) //
 wenn 0 erreicht: 100ms
 abgelaufen
 {
 takt10msZaehler
 = TAKT10MS_WERT; // Teiler
 auf Startwert
 takt100ms = 1;
 // Botschaft 100ms senden
 }
 }

 // Zaehlfunktion
 =====
 =====
 =====
 void counterCounting(void)
 {

```

1. Hier wird wieder die Startanzeige mit dem Namen des Programms generiert

```
// Bitposition im
Register:
// __76543210
DDRC = DDRC &
0b11111000; //
Zunaechst Port B auf Eingabe
schalten
PORTC =
0b00000111; // Pullup-
Rs eingeschaltet
_delay_us(1);
// Umschalten der Hardware-
Signale abwarten

// Einlesen der 3
Tastensignale
sw1_neu = (PINC & (1 <<
PC0)); // aktuelle Werte der
Tasten 1-3 lesen
sw2_neu = (PINC & (1 <<
PC1));
sw3_neu = (PINC & (1 <<
PC2));

// Auswertung der 3
Tasten

if (sw1_neu==0)
// solange Taste 1
gedrueckt:
 counter = 0000;
// Counter auf 0000
setzen

if
((sw2_neu==0)&(sw2_alt==1))
// wenn Taste 2 eben
gedrueckt wurde:
{
 counter++;
// Counter hochzaehlen,
Ueberlauf >9999
 if (counter==10000)
 counter = 0;
}
if
((sw3_neu==0)&(sw3_alt==1))
// wenn Taste 3 eben
gedrueckt wurde:
{
 counter--;
```

```
// Counter herabzaehlen,
Unterlauf <0000
 if (counter < 0)
 counter = 9999;
// auf 9999 setzen
}

// Zwischenspeichern
aktuelle Tastenwerte

 sw1_alt = sw1_neu;
// aktuelle Tastenwerte
umspeichern
 sw2_alt = sw2_neu;
// in Variable für alte
Werte
 sw3_alt = sw3_neu;

 DDRC = DDRC |
0b00000111; // Am Ende
Port B wieder auf Ausgabe
schalten
}

// Anzeige Zaehler
=====
=====
====
void counterDisplay(void)
{
 int temp;
// lokale temporaere
Variable
 lcd_gotoxy(1,12);
// Cursor auf
Ausgabeposition im Display
 temp = counter;
lcd_putc(temp/1000+ASC_ZERO)
; // Ausgabe Tausender als
ASCII-Wert

 temp = temp%1000;
// Divisionrest = Hunderter
+ Zehner + Einer
lcd_putc(temp/100+ASC_ZERO);
// Ausgabe Hunderter als
ASCII-Wert

 temp = temp%100;
// Divisionsrest = Zehner +
Einer
```

```
 lcd_putc(temp/10+ASC_ZERO);
 // Ausgabe Zehner als ASCII-
 Wert
 lcd_putc(temp%10+ASC_ZERO);
 // Ausgabe Einer als ASCII-
 Wert
}

// Initialisierung Display-
Anzeige
=====
```

```
void initDisplay()
// Start der Funktion
{
 lcd_init();
 // Initialisierungsroutine
 aus der lcd_lib
 lcd_gotoxy(0,0);
 // Cursor auf 1. Zeile, 1.
 Zeichen
 lcd_putstr("- Experiment
4 -"); // Ausgabe
 Festtext: 16 Zeichen

 lcd_gotoxy(1,0);
 // Cursor auf 2. Zeile, 1.
 Zeichen
 lcd_putstr("Up/Down-
Counter "); // Ausgabe
 Festtext: 16 Zeichen

 _delay_ms(2000);
 // Wartezeit nach
 Initialisierung

 lcd_gotoxy(0,0);
 // Cursor auf 1. Zeile, 1.
 Zeichen
 lcd_putstr("Up/Down-
Counter "); // Ausgabe
 Festtext: 16 Zeichen

 lcd_gotoxy(1,0);
 // Cursor auf 2. Zeile, 1.
 Zeichen
 lcd_putstr("RES + -
0000"); // Ausgabe Festtext:
 16 Zeichen
}
// Ende der Funktion
```

## IV. Ausführung in Simulide

1. Geben Sie die oben dargestellten Codezeilen nacheinander ein und kompilieren Sie den Code.
2. Öffnen Sie Ihre hex-Datei in SimulIDE und testen Sie, ob diese die gleiche Ausgabe erzeugt

Bitte arbeiten Sie folgende Aufgaben durch:

### Aufgaben

1. Erweiterung der des Zählers:
  1. Bauen Sie den Zähler so um, dass er jede Sekunde um 1 nach oben zählt.
  2. Ändern Sie die Funktionsweise der Tasten S2 und S3 so, dass diese die Zählrichtung angeben.
2. Variation der Eingabe
  1. Fügen Sie einen weiteren Schalter S4 hinzu.
  2. Mit diesem Schalter soll nun die Stelle (Einer, Zehner, Hunderter, Tausender) ausgewählt werden, die geändert werden soll. Die Funktion soll der in folgender hex-Datei entsprechen: [4\\_up-down-counter\\_mit\\_stellenvorgabe.hex](#)
  3. **Tipp 1** Ändern Sie das herauf-/herunterzählen in counterCounting so, dass eine Variable addiert bzw. subtrahiert wird. Überprüfen Sie am besten bereits diese Änderung ohne weitere Funktionalitäten.
  4. **Tipp 2** Wie muss die neue Variable bei Tastendruck auf S4 geändert werden? Wann muss die neue Variable wieder zurückgesetzt werden?

## Weiterführendes

- Diese [Falstad Schaltung](#) skizziert die Struktur des Timer/Counters

From:  
<https://first.mexle.te.hs-heilbronn.de/> - **MEXLE Wiki**

Permanent link:  
[https://first.mexle.te.hs-heilbronn.de/microcontrollertechnik/4\\_up\\_down\\_counter?rev=1695157949](https://first.mexle.te.hs-heilbronn.de/microcontrollertechnik/4_up_down_counter?rev=1695157949)

Last update: **2023/09/19 23:12**

