

# 9 UART und Terminal

## Student Group

First Name	Surname	Matrikel Nr.

## Table of Contents

- 9 UART und Terminal ..... 2
- die einfache Art der Kommunikation* ..... 2
- Ziele ..... 2
- Video ..... 2
- Code mit Polling ..... 3
- Code mit Interrupt ..... 13

# 9 UART und Terminal

Bei der Programmierung wünscht man sich häufig die Möglichkeit Daten des Mikrocontrollers irgendwo darzustellen.

- Wird eine reale Hardware verwendet, kann mit Hilfe des Freeware Programms **puTTY** leicht ein Terminal für die Kommunikation mit dem PC geöffnet werden. Zusätzlich wird dann noch ein USB-to-serial Adapter benötigt.
- In der Simulation SimulIDE kann ein Terminalfenster direkt im unteren Bereich angezeigt werden.

1. [Tutorial zu UART auf mikrocontroller.net](#), weiteres [Tutorial zu UART auf mikrocontroller.net](#)
2. [Datenpaket für RX/TX](#)
3. [Leitungslänge vs. Übertragungsrate](#)

## die einfache Art der Kommunikation

### Ziele

Nach dieser Lektion sollten Sie:

1. wissen, wie eine UART Kommunikation hergestellt wird

### Video

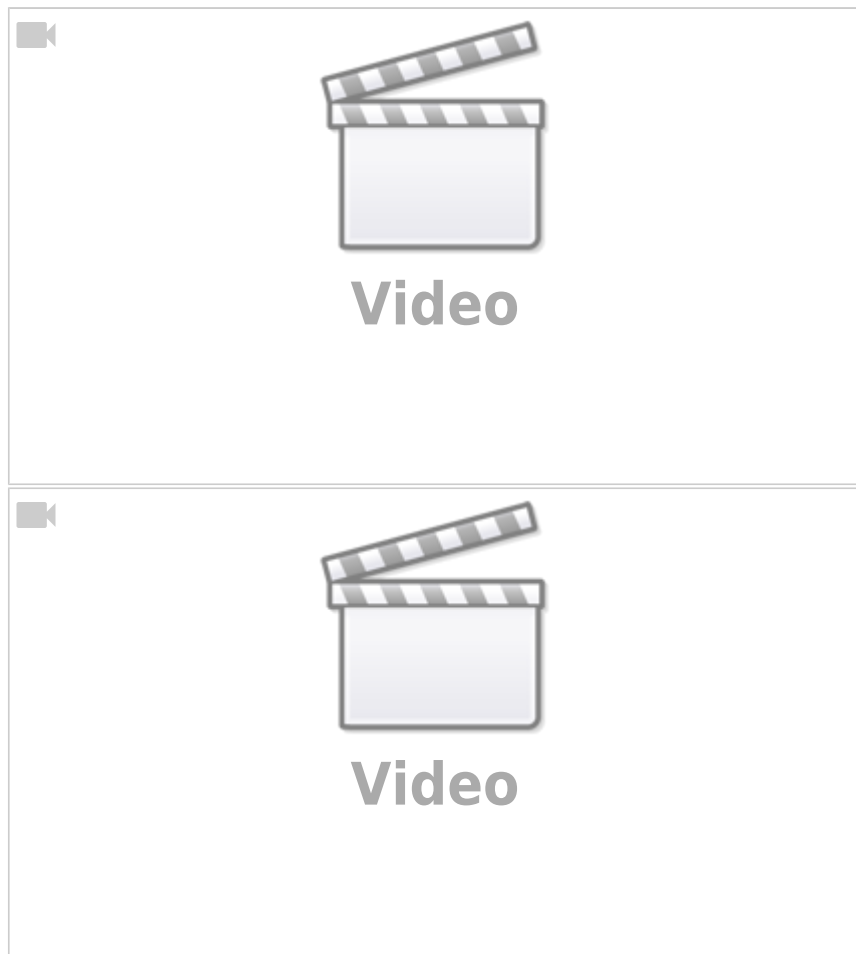


Fig. 1: Zusammenspiel der UART-Register

uC1 - here only as transmitter

## I. Vorarbeiten

1. Laden Sie folgende Datei herunter:
  1. [9\\_temperatureuart\\_1.0.0.sim1](#)
  2. [9\\_uart.hex](#)
  3. [lcd\\_lib\\_de.h](#)

### Beachten Sie folgendes

- Es wird nun ein ATmega328 genutzt, d.h. das Programm ist nicht mehr kompatibel mit dem MiniMEXLE!
- Überprüfen Sie die Pins und Ports des Displays.
- Überprüfen Sie die Taktfrequenz.

## Code mit Polling

### Code mit Polling

Dieses Unterkapitel ist z.Zt. in einem provisorischem Zustand.

Variante mit Polling: [9\\_uartpolling\\_temperature.c](#)

```

/* -----
-----

Experiment 9:  Temperaturmessung mit UART (Polling)
=====

Dateiname:  9_Temperature.c

Autoren   :  Tim Fischer
Datum    :  29.10.2020

Version   :  0.1

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

Software:  Entwicklungsumgebung:  AtmelStudio 7.0
           C-Compiler:  AVR/GNU C Compiler 5.4.0

Funktion  :  Thermometer mit Anzeige der aktuellen Temperatur und der
             Maximaltemperatur im Betriebszeitraum in °C mit 1/10 Grad.
             Keine Tastenbedienung

Displayanzeige:  Start (fuer 2s):          Betrieb:
                 +-----+          +-----+
                 |- Experiment 8 -|      |Temp.    18.5°C|
                 | Temperature  |      |Maximum  21.6°C|
                 +-----+          +-----+

Tastenfunktion:  keine

Jumperstellung:  keine

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

Header-Files:   lcd_lib_de.h (Library zur Ansteuerung LCD-Display
Ver.1.3)

Module 1) Taktgenerator
           2) AD-Wandlung (Takt: 100 ms)
           3) Umrechnung fuer Temperatur (Takt: 100 ms)
           4) Anzeigetreiber (Takt: 1 s)

1) Das Modul "Taktgenerator" erzeugt den Takt von 100 ms fuer die AD-
Wandlung
   und Umrechnung und einen zusaetzlichen Takt von 1 s fuer die
Anzeige.

           Verwendung von Hardware-Timer 0 und T0 Overflow-Interrupt.
           Frequenzen:  Quarzfrequenz                12,288 MHz.

```

```

Timer-Vorteiler      / 8    => 1,536 MHz
Hardware-Timer       /256   => 6 kHz / 166 µs
Software-Vorteiler   / 60   => 100 Hz / 10 ms
Hundertstel-Zaehler  / 10   => 10 Hz / 100 ms
Zehntel-Zaehler     / 10   => 1 Hz / 1 s

```

- 2) Das Modul "AD-Wandlung" wird durch den Takt 100 ms aufgerufen.  
 Der AD-Wandler wird mit einem internen Takt von 96 kHz betrieben.  
 Im Modul wird eine einzelne AD-Wandlung des Kanals ADC0 mit 10

Bit

Auflösung gestartet. Dort ist der NTC des Boards mit Vorwiderstand  
 als temperaturabhängiger Spannungsteiler bzw. Potentiometer  
 angeschlossen.

Als Referenzspannung wird die 5V-Versorgung verwendet.

Das Ergebnis wird in der globalen Variable `ad_wert` gespeichert.

- 3) Das Modul "Umrechnung" wird nach der AD-Wandlung alle 100 ms  
 gestartet.

Der Ergebniswert des Moduls "AD\_Wandlung" wird mit Hilfe einer  
 Tabelle in

einen entsprechenden Temperaturwert umgerechnet. In der Tabelle  
 sind

Temperaturwerte über äquidistante (Abstand = 16) AD-Werte  
 aufgetragen.

Die Werte dazwischen werden mit linearer Interpolation ermittelt.

Weiterhin wird im Modul jede aktuelle Temperatur mit der  
 gespeicherten

maximalen Temperatur verglichen und der Maximalwert optional  
 angepasst.

- 4) Das Modul "Anzeigetreiber" ist an den 1 s-Takt gekoppelt. Damit  
 wird ein

zu schnelles Umschalten der Anzeigewerte vermieden. Das Modul gibt  
 die

Werte der aktuellen und der maximalen Temperatur in 1/10 °C aus.

Zwischen AD-Wandlung / Umrechnung und Anzeige kann später noch  
 eine

Mittelwertbildung mit 10 Werten eingefügt werden.

Die Kopplung der Module wird über global definierte Variable  
 realisiert:

```

1-Bit-Variable:   Takt 100 ms:   Taktgenerator => AD-Wandlung
                                                           => Umrechnung
                  Takt 1 s:     Taktgenerator => Anzeigetreiber

```

```

16-Bit-Variable:  ad-wert      AD-Wandlung => Umrechnung
                  t-wert      Umrechnung => Anzeige
                  tmax-wert   Umrechnung => Anzeige

```

```
// -----
```

```

-----*/

// Deklarationen
=====

// Festlegung der Quarzfrequenz
#ifndef F_CPU // optional definieren
#define F_CPU 8000000L //12288000UL // MiniMEXLE mit 12,288 MHz
Quarz
#endif

// Include von Header-Dateien
#include <avr/io.h> // Header-Dateien zum ATmega88
#include <avr/interrupt.h> // Header-Datei fuer Interrupts
#include <util/delay.h> // Header-Datei fuer Wartezeit
#include "lcd_lib_de.h" // Header-Datei fuer LCD-Anzeige
#include <string.h>

// Konstanten
#define VORTEILER_WERT 60
#define HUNDERTSTEL_WERT 10
#define ZEHNTTEL_WERT 10

#define ASC_NULL 0x30 // Das Zeichen '0' in ASCII
#define ASC_FULL_STOP 0x2E // Das Zeichen ':' in ASCII

#define UART_BUFFER_SIZE 10 // Buffersize für übertrgene
Daten
#define BAUD_RATE 9600L

// Berechnungen für die Baudrate
#define UBRR_VAL ((F_CPU+BAUD_RATE*8)/(BAUD_RATE*16)-1) // clever
runden
#define BAUD_REAL (F_CPU/(16*(UBRR_VAL+1))) // Reale
Baudrate
#define BAUD_ERROR ((BAUD_REAL*1000)/BAUD_RATE-1000) // Fehler
in Promille

// Überprüfung der Baudrate und ob Fehler zu groß ist
#if ((BAUD_ERROR>10) || (BAUD_ERROR<-10))
#error Systematischer Fehler der Baudrate zu hoch!
#endif

const int TEMP[45] = {521,499,479,459,440,422,404,388,371,354,
338,323,308,293,279,264,250,236,221,207,
193,179,165,151,137,122,108,93,78,63,
48,32,15,-1,-19,-38,-56,-77,-97,-121,
-145,-173,-202,-237,-278};

// Die Tabellenwerte sind in 1/10 °C

```

```

angegeben
// Der erste Tabellenwert entspricht einem
AD-Wert
// von 256. Die Abstaende der AD-Werte sind
16

// Variable
unsigned char vorteiler = VORTEILER_WERT; // Zaehlvariable
Vorteiler
unsigned char hundertstel = HUNDERTSTEL_WERT;
unsigned char zehntel = ZEHNTEL_WERT;

unsigned int adcValue = 0; // Variable fuer den AD-
Wandlungswert
int tValue = 0; // Variable fuer die Temperatur
(in 1/10 °C)
int tValueMax = -300; // Variable fuer maximale
Temperatur (1/10 °C)

bool takt10ms; // Bit-Botschaft alle 10 ms
bool takt100ms; // Bit-Botschaft alle 100 ms
bool takt1s; // Bit-Botschaft alle 1s

char wort[UART_BUFFER_SIZE]; // Variable für die Ein- und Ausgabe
von Wörtern und Zahlen

//Funktionsprototypen
void initTimer0 (void);
void initAdc (void);
void initDisplay (void);
void doAdc (void);
void calculateTemp (void);
void refreshDisplayTemp(int tempValue, char line, char pos);
void refreshDisplay (void);

void initUart(void); // Initialisierung der UART-Register
void putData(char *daten); // Daten senden
uint8_t getData(void); // Daten empfangen

// Hauptprogramm
=====
int main ()
{
    uint8_t bufferFilled = 0; // Flag für vollen Puffer

    initDisplay(); // Initialisierung LCD-Anzeige
    initTimer0(); // Initialisierung von Timer0
    initAdc(); // Initialisierung des AD-Wandlers

    initUart(); // UART initialisieren

```

```

sei(); // generell Interrupts einschalten
// Hauptprogrammschleife

while(1) // unendliche Warteschleife mit Aufruf
der // Funktionen abhaengig von
Taktbotschaften
{
    if(takt10ms)
    {
        takt10ms = 0; // Taktbotschaft zuruecksetzen

        if(getData()=='r') tValueMax = tValue; // wenn r
eingegeben, dann ValueMax zuruecksetzen

        if (bufferFilled==1) // Bei verfügbarer Zeichenkette
        {
            putData(wort); // Wort zurück senden
            bufferFilled=0; // Puffer leeren
        }

    }
    if(takt100ms) // Durchfuehrung der Funktion einmal
pro 100ms
    {
        takt100ms = 0; // Taktbotschaft zuruecksetzen
        doAdc(); // Ausfuehrung des Modules der A/D-
Wandlung
        calculateTemp(); // Ausfuehrung des Modules der
Umrechnung
    }

    if(takt1s) // Durchfuehrung der Anzeige einmal
pro 1s
    {
        takt1s = 0; // Taktbotschaft zuruecksetzen

        refreshDisplay(); // Ausfuehrung des Modules der Anzeige
        wort[5] = '°';
        wort[6] = 'C';
        wort[7] = '\n'; // ...New Line und...
        wort[8] = '\r'; // ...Carriage Return.
        wort[9] = 0; // Endzeichen
        bufferFilled=1;
    }
}

// Timer-Initialisierung

```

```

=====
//
// Initialisierung des Timer0 zur Erzeugung eines getakteten
Interrupts.
// Er dient dazu, die benoetigten Taktbotschaften zu erzeugen.
void initTimer0()
{
    TCCR0A    |= (0<<WGM00)
              | (0<<WGM01);          // Timer 0 auf "Normal Mode"
schalten
    TCCR0B    |= (0<<WGM02)
              | (1<<CS01 );          // mit Prescaler /8 betreiben
    TIMSK0    |= (1<<TOIE0);          // Overflow-Interrupt
aktivieren
}

// Timer-Initialisierung
=====
//
// Initialisierung des A/D-Wandlers:
// Vorteiler = 128 => interner Takt = 96 kHz
// Abfrage des ADC0 (NTC-Spannungsteiler)
// Referenzspannung = analoge Versorgung Avcc
void initAdc ()
{
    ADMUX     |= (1<<REFS0)
              | (1<<MUX0)
              | (1<<MUX2);          // Vref =AVCC; ADC5

    ADCSRA    |= (1<<ADPS0)
              | (1<<ADPS1)
              | (1<<ADPS2)
              | (1<<ADEN);          // Teiler 128; ADC ON
}

// Timer-Initialisierung
=====
//
// In der Interrupt-Routine sind die Softwareteiler realisiert, die die
Takt-
// botschaften (10ms, 100ms, 1s) fuer die Module erzeugen. Die
Interrupts
// werden von Timer 0 ausgelost (Interrupt Nr. 1)
//
// Veraenderte Variable:   vorteiler
//                          hunderstel
//                          zehntel
//
// Ausgangsvariable:      takt10ms
//                          takt100ms

```

```

//          takt1s

ISR (TIMER0_OVF_vect)
{
    --vorteiler;          // Vorteiler dekrementieren
    if (vorteiler==0)    // wenn 0 erreicht: 10ms
abgelaufen
    {
        vorteiler = VORTEILER_WERT;    // Vorteiler auf Startwert
        takt10ms = true;                // Botschaft 10ms senden
        --hundertstel;                 // Hundertstelzaehler
dekrementieren

        if (hundertstel==0)            // wenn 0 erreicht: 100ms
abgelaufen
        {
            hundertstel = HUNDERTSTEL_WERT; // Teiler auf Startwert
            takt100ms = true;                // Botschaft 100ms senden
            --zehntel;
dekrementieren

            if (zehntel==0)             // Zehntelzaehler
            {
                zehntel = ZEHNTEL_WERT;    // Teiler auf Startwert
                takt1s = true;              // Botschaft 1s senden
            }
        }
    }
}

// ADWandlung
=====
//
// Durchfuehrung einer Einzelwandlung der am NTC-Spannungsteiler
// anstehenden
// Spannung in einen digitalen 10-bit-Wert (einmal pro 100 ms).
void doAdc()
{
    ADCSRA |= (1<<ADSC);                // Wandlung starten
    while (ADCSRA & (1<<ADSC));         // Ende der Wandlung
abwarten

    adcValue = ADCL + (ADCH<<8);        // 10-Bit-Wert berechnen
                                        // ADCL muss vor ADCH stehen!!
                                        // siehe Datenblatt des ATmega
328
}

// Umrechnung
=====
//

```

```

// (wird alle 100 ms aufgerufen)
void calculateTemp ()
{
    unsigned char index;           // Tabellenindex fuer
    Temperaturtabelle
    unsigned char steps;          // Abstand zum naechstkleineren
    Wert                           // der AD-Werte der
    Temperaturtabelle
    index    = (adcValue-256)/16;  // Indexberechnung (Zeiger in
    Tabelle)
    steps    = (adcValue-256)%16;  // Rest fuer Tabellen-
    Interpolation
    tValue = steps * (TEMP[index+1] - TEMP[index])/16 + TEMP[index];
    // Temperaturwert berechnen

    if(tValue>=tValueMax)         // aktueller Wert mit
    Maximalwert
    {
        tValueMax = tValue;       // vergleichen und ggf.
    ersetzen
    }
}

// Anzeigetreiber fuer Temperaturanzeige
=====
//
// Beschreiben der Anzeige mit dem erstellten Temperaturwert
// und mit dem maximalen Wert (wird alle 1 s aufgerufen).
//
// Umrechnung der Zahlenwerte (1/10 °C) in Anzeigewerte wie folgt:
// Hunderter: einfache Integer-Teilung (/100).
// Zehner: Modulo-Ermittlung (%100), d.h. Rest bei der Teilung durch
100
//      dann nochmals Integer-Teilung (/10) dieses Restes.
// Einer: Modulo-Ermittlung (%10), d.h. Rest bei der Teilung durch 10.
//
// Umrechnung in ASCII-Werte fuer die Anzeige durch Addition von 0x30.
void refreshDisplayTemp(int tempValue, char line, char pos)
{
    lcd_gotoxy(line, pos);        // Startposition fuer
    Temperatur-Wert
    if (tempValue>=0)             // zuerst Vorzeichen: ' '
    oder '-'
    {
        wort[0] = ' ';
    }
    else
    {
        wort[0] = '-';
        tempValue = -tempValue;   // Vorzeichenumkehr bei

```

```

negativer Zahl
}
wort[1] = tempValue/100 + ASC_NULL;
tempValue = tempValue%100;
wort[2] = tempValue/10 + ASC_NULL;
wort[3] = ASC_FULL_STOP;
wort[4] = tempValue%10 + ASC_NULL;
wort[5] = 0;
lcd_putstr (wort); // Hunderter ausgeben (°C Zehner)
}

// Anzeigefunktion
=====
//
// Der aktuelle Temperatur und die maximale Temperatur werden
ausgegeben
void refreshDisplay()
{
    refreshDisplayTemp(tValueMax, 1, 9); // maximale
Temperatur ab Position 1,9
    refreshDisplayTemp(tValue, 0, 9); // aktuelle
Temperatur ab Position 0,9
}

// Initialisierung Display-Anzeige
=====
//
void initDisplay() // Start der Funktion
{
    lcd_init(); // Initialisierungsroutine aus
der lcd_lib
    lcd_displayMessage("- Experiment 9b-",0,0); // Ausgabe in erster
Zeile
    lcd_displayMessage("UART-Temperature",1,0); // Ausgabe in
zweiter Zeile

    _delay_ms(2000); // Wartezeit nach Initialisierung

    lcd_displayMessage("Temp. BC",0,0); // Ausgabe in erster
Zeile
    lcd_displayMessage("Maximum BC",1,0); // Ausgabe in zweiter
Zeile
// "BC" wird als °C
dargestellt
} // Ende der Funktion

void initUart (void) // Initialisierung der UART-Register
{
    UBRR0H = UBRR_VAL >> 8; // High-Baudraten-Register
beschreiben
    UBRR0L = UBRR_VAL & 0xFF; // Low-Baudraten-Register beschreiben

```

```

    UCSR0B = (1<<RXEN0 ) | (1<<TXEN0 );           // Senden und
Empfangen ermoeglichen
    UCSR0C = (1<<UCSZ00) | (1<<UCSZ01);           // Setzen der
Datenbits auf 8-Bit
}

/* puts ist unabhaengig vom Controllertyp */
void putData (char *data)
{
    while (*data)
    { /* so lange *s != '\0' also ungleich dem "String-
Endezeichen(Terminator)" */
        while (!(UCSR0A & (1<<UDRE0))){} /* warten bis Senden moeglich
*/
        UDR0 = *data;                          /* sende Zeichen */
        data++;
    }
}

uint8_t getData(void) // Daten empfangen
{
    if (UCSR0A & (1<<RXC0)) // wenn Zeichen verfuegbar
    {
        return UDR0; // Zeichen aus UDR an Aufrufer
zurueckgeben
    }else{
        return 0;
    };
}

```

Code mit Interrupt

## Code mit Interrupt

Variante mit Interrupt: [9\\_uart\\_temperature.c](#)

```

/* -----
-----

Experiment 9:      Temperaturmessung und UART
=====          =====

Dateiname   : 9_UART_Temperature.c

Autoren    : Tim Fischer

```

```

Datum       : 01.05.2020

Version    : 0.1

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

Software:   Entwicklungsumgebung: AtmelStudio 7.0
            C-Compiler: AVR/GNU C Compiler 5.4.0

Funktion   : Thermometer mit Anzeige der aktuellen Temperatur und der
            Maximaltemperatur im Betriebszeitraum in °C mit 1/10 Grad.
            Keine Tastenbedienung

```

```

Displayanzeige:   Start (fuer 2s):           Betrieb:
                  +-----+                 +-----+
                  |- Experiment 8 -|         |Temp.      18.5°C|
                  | Temperature |         |Maximum   21.6°C|
                  +-----+                 +-----+

```

Tastenfunktion: keine

Jumperstellung: keine

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

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

- Module 1) Taktgenerator
  - 2) AD-Wandlung (Takt: 100 ms)
  - 3) Umrechnung fuer Temperatur (Takt: 100 ms)
  - 4) Anzeigetreiber (Takt: 1 s)

1) Das Modul "Taktgenerator" erzeugt den Takt von 100 ms fuer die AD-Wandlung und Umrechnung und einen zusaetzlichen Takt von 1 s fuer die Anzeige.

```

Verwendung von Hardware-Timer 0 und T0 Overflow-Interrupt.
Frequenzen: Quarzfrequenz                12,288 MHz.
Timer-Vorteiler      / 8   => 1,536 MHz
Hardware-Timer       /256  => 6 kHz / 166 µs
Software-Vorteiler   / 60  => 100 Hz / 10 ms
Hundertstel-Zaehler  / 10  => 10 Hz / 100 ms
Zehntel-Zaehler      / 10  => 1 Hz / 1 s

```

- 2) Das Modul "AD-Wandlung" wird durch den Takt 100 ms aufgerufen. Der AD-Wandler wird mit einem internen Takt von 96 kHz betrieben. Im Modul wird eine einzelne AD-Wandlung des Kanals ADC0 mit 10

**Bit**

Auflösung gestartet. Dort ist der NTC des Boards mit Vorwiderstand als temperaturabhängiger Spannungsteiler bzw. Potentiometer angeschlossen.

Als Referenzspannung wird die 5V-Versorgung verwendet.

Das Ergebnis wird in der globalen Variable `ad_wert` gespeichert.

3) Das Modul "Umrechnung" wird nach der AD-Wandlung alle 100 ms gestartet.

Der Ergebniswert des Moduls "AD\_Wandlung" wird mit Hilfe einer Tabelle in

einen entsprechenden Temperaturwert umgerechnet. In der Tabelle sind

Temperaturwerte über äquidistante (Abstand = 16) AD-Werte aufgetragen.

Die Werte dazwischen werden mit linearer Interpolation ermittelt.

Weiterhin wird im Modul jede aktuelle Temperatur mit der gespeicherten

maximalen Temperatur verglichen und der Maximalwert optional angepasst.

4) Das Modul "Anzeigetreiber" ist an den 1 s-Takt gekoppelt. Damit wird ein

zu schnelles Umschalten der Anzeigewerte vermieden. Das Modul gibt die

Werte der aktuellen und der maximalen Temperatur in 1/10 °C aus.

Zwischen AD-Wandlung / Umrechnung und Anzeige kann später noch eine

Mittelwertbildung mit 10 Werten eingefügt werden.

Die Kopplung der Module wird über global definierte Variable realisiert:

1-Bit-Variable:	Takt 100 ms:	Taktgenerator => AD-Wandlung => Umrechnung
	Takt 1 s:	Taktgenerator => Anzeigetreiber
16-Bit-Variable:	ad-wert	AD-Wandlung => Umrechnung
	t-wert	Umrechnung => Anzeige
	tmax-wert	Umrechnung => Anzeige

```
// -----
-----*/
```

```
// Deklarationen
```

```
=====
```

```
// Festlegung der Quarzfrequenz
```

```
#ifndef F_CPU // optional definieren
```

```
#define F_CPU 8000000L //12288000UL // MiniMEXLE mit 12,288 MHz
```

```
Quarz
```

```

#endif

// Include von Header-Dateien
#include <avr/io.h> // Header-Dateien zum ATmega88
#include <avr/interrupt.h> // Header-Datei fuer Interrupts
#include <util/delay.h> // Header-Datei fuer Wartezeit
#include "lcd_lib_de.h" // Header-Datei fuer LCD-Anzeige
#include <string.h>

// Konstanten
#define VORTEILER_WERT 60
#define HUNDERTSTEL_WERT 10
#define ZEHNTEL_WERT 10

#define ASC_NULL 0x30 // Das Zeichen '0' in ASCII
#define ASC_FULL_STOP 0x2E // Das Zeichen ':' in ASCII

#define UART_BUFFER_SIZE 10 // Buffersize fuer uebertragene
Daten
#define BAUD_RATE 9600L

// Berechnungen für die Baudrate
#define UBRR_VAL ((F_CPU+BAUD_RATE*8)/(BAUD_RATE*16)-1) // clever
runden
#define BAUD_REAL (F_CPU/(16*(UBRR_VAL+1))) // Reale
Baudrate
#define BAUD_ERROR ((BAUD_REAL*1000)/BAUD_RATE-1000) // Fehler
in Promille

// Überprüfung der Baudrate und ob Fehler zu groß ist
#if ((BAUD_ERROR>10) || (BAUD_ERROR<-10))
#error Systematischer Fehler der Baudrate zu hoch!
#endif

const int TEMP[45] = {521,499,479,459,440,422,404,388,371,354,
338,323,308,293,279,264,250,236,221,207,
193,179,165,151,137,122,108,93,78,63,
48,32,15,-1,-19,-38,-56,-77,-97,-121,
-145,-173,-202,-237,-278};

// Die Tabellenwerte sind in 1/10 °C
angegeben
// Der erste Tabellenwert entspricht einem
AD-Wert
// von 256. Die Abstaende der AD-Werte sind
16

// Variable
unsigned char vorteiler = VORTEILER_WERT; // Zaehlvariable
Vorteiler

```

```

unsigned char   hundertstel   = HUNDERTSTEL_WERT;
unsigned char   zehntel       = ZEHNTEL_WERT;

unsigned int    adcValue       = 0;    // Variable fuer den AD-
Wandlungswert
int            tValue          = 0;    // Variable fuer die Temperatur
(in 1/10 °C)
int            tValueMax       = -300; // Variable fuer maximale
Temperatur (1/10 °C)

bool           takt10ms;        // Bit-Botschaft alle 10 ms
bool           takt100ms;      // Bit-Botschaft alle 100 ms
bool           takt1s;         // Bit-Botschaft alle 1s

volatile uint8_t uart_rx_flag = 0;    // Flag für vollständig
empfangene Daten
volatile uint8_t DataTransferFinished = 1; // Flag für
vollständig gesendete Daten
char uart_rx_buffer[UART_BUFFER_SIZE]; // Empfangspuffer
char uart_tx_buffer[UART_BUFFER_SIZE]; // Sendepuffer
char wort[UART_BUFFER_SIZE];          // Variable für die Ein-
und Ausgabe von Wörtern und Zahlen

//Funktionsprototypen
void initTimer0 (void);
void initAdc (void);
void initDisplay (void);
void doAdc (void);
void calculateTemp (void);
void refreshDisplayTemp(int tempValue, char line, char pos);
void refreshDisplay (void);

void initUart (void); // Initialisierung der UART-Register
void putData(char *data); // Daten senden

// Hauptprogramm
=====
int main ()
{
    uint8_t bufferFilled = 0; // Flag für vollen Puffer

    initDisplay(); // Initialisierung LCD-Anzeige
    initTimer0(); // Initialisierung von Timer0
    initAdc(); // Initialisierung des AD-Wandlers

    initUart(); // UART initialisieren
    sei(); // generell Interrupts einschalten
    UDR0 = 0; // Work around für Probleme bei
Simulide <= R941 : ohne diese Zeile is kein Senden möglich
    // Hauptprogrammsschleife

```

```

    while(1) // unendliche Warteschleife mit Aufruf
der // Funktionen abhaengig von
Taktbotschaften
    {
        if(takt10ms)
        {
            takt10ms = 0;
            if (DataTransferFinished==1 && bufferFilled==1) // Bei
abgeschlossener Sendung und verfügbarer Zeichenkette
            {
                bufferFilled=0; // Puffer leeren
                putData(wort); // Wort zurück senden
            }
        }
        if(takt100ms) // Durchfuehrung der Funktion einmal
pro 100ms
        {
            takt100ms = 0; // Taktbotschaft zuruecksetzen
            doAdc(); // Ausfuehrung des Modules der A/D-
Wandlung
            calculateTemp(); // Ausfuehrung des Modules der
Umrechnung
        }
        if(takt1s) // Durchfuehrung der Anzeige einmal
pro 1s
        {
            takt1s = 0; // Taktbotschaft zuruecksetzen
            refreshDisplay(); // Ausfuehrung des Modules der Anzeige
            wort[5] = '°';
            wort[6] = 'C';
            wort[7] = '\n'; // ...New Line und...
            wort[8] = '\r'; // ...Carriage Return.
            wort[9] = 0; // Endzeichen
            bufferFilled=1;
        }
    }
}

// Timer-Initialisierung
=====
//
// Initialisierung des Timer0 zur Erzeugung eines getakteten
Interrupts.
// Er dient dazu, die benoetigten Taktbotschaften zu erzeugen.
void initTimer0()

```

```

{
    TCCR0A    |= (0<<WGM00)
              | (0<<WGM01);          // Timer 0 auf "Normal Mode"
schalten
    TCCR0B    |= (0<<WGM02)
              | (1<<CS01 );          // mit Prescaler /8 betreiben
    TIMSK0    |= (1<<TOIE0);          // Overflow-Interrupt
aktivieren
}

// Timer-Initialisierung
=====
//
// Initialisierung des A/D-Wandlers:
// Vorteiler = 128 => interner Takt = 96 kHz
// Abfrage des ADC0 (NTC-Spannungsteiler)
// Referenzspannung = analoge Versorgung Avcc
void initAdc ()
{
    ADMUX     |= (1<<REFS0)
              | (1<<MUX0)
              | (1<<MUX2);          // Vref =AVCC; ADC5

    ADCSRA    |= (1<<ADPS0)
              | (1<<ADPS1)
              | (1<<ADPS2)
              | (1<<ADEN);          // Teiler 128; ADC ON
}

// Timer-Initialisierung
=====
//
// In der Interrupt-Routine sind die Softwareteiler realisiert, die die
// Takt-
// botschaften (10ms, 100ms, 1s) fuer die Module erzeugen. Die
// Interrupts
// werden von Timer 0 ausgelost (Interrupt Nr. 1)
//
// Veraenderte Variable:   vorteiler
//                          hunderstel
//                          zehntel
//
// Ausgangsvariable:      takt10ms
//                          takt100ms
//                          takt1s

ISR (TIMER0_OVF_vect)
{
    --vorteiler;                  // Vorteiler dekrementieren
    if (vorteiler==0)            // wenn 0 erreicht: 10ms

```

```

abgelaufen
{
    vorteiler = VORTEILER_WERT;           // Vorteiler auf Startwert
    takt10ms = true;                       // Botschaft 10ms senden
    --hundertstel;                         // Hundertstelzaehler
dekrementieren

    if (hundertstel==0)                   // wenn 0 erreicht: 100ms
abgelaufen
    {
        hundertstel = HUNDERTSTEL_WERT; // Teiler auf Startwert
        takt100ms = true;                // Botschaft 100ms senden
        --zehntel;
dekrementieren

        if (zehntel==0)                   // Zehntelzaehler
dekrementieren
        {
            zehntel = ZEHNTEL_WERT;      // Teiler auf Startwert
            takt1s = true;                 // Botschaft 1s senden
        }
    }
}

// ADWandlung
=====
//
// Durchfuehrung einer Einzelwandlung der am NTC-Spannungsteiler
// anstehenden
// Spannung in einen digitalen 10-bit-Wert (einmal pro 100 ms).
void doAdc()
{
    ADCSRA |= (1<<ADSC);                  // Wandlung starten
    while (ADCSRA & (1<<ADSC));           // Ende der Wandlung
abwarten

    adcValue = ADCL + (ADCH<<8);          // 10-Bit-Wert berechnen
                                           // ADCL muss vor ADCH stehen!!
                                           // siehe Datenblatt des ATmega
328
}

// Umrechnung
=====
//
// (wird alle 100 ms aufgerufen)
void calculateTemp ()
{
    unsigned char index;                  // Tabellenindex fuer
Temperaturtabelle
    unsigned char steps;                  // Abstand zum naechstkleineren

```

```

Wert
// der AD-Werte der
Temperaturtabelle
    index    = (adcValue-256)/16;    // Indexberechnung (Zeiger in
Tabelle)
    steps    = (adcValue-256)%16;    // Rest fuer Tabellen-
Interpolation
    tValue = steps * (TEMP[index+1] - TEMP[index])/16 + TEMP[index];
// Temperaturwert berechnen

    if(tValue>=tValueMax)            // aktueller Wert mit
Maximalwert
    {
        tValueMax = tValue;          // vergleichen und ggf.
ersetzen
    }
}

// Anzeigetreiber fuer Temperaturanzeige
=====
//
// Beschreiben der Anzeige mit dem erstellten Temperaturwert
// und mit dem maximalen Wert (wird alle 1 s aufgerufen).
//
// Umrechnung der Zahlenwerte (1/10 °C) in Anzeigewerte wie folgt:
// Hunderter: einfache Integer-Teilung (/100).
// Zehner: Modulo-Ermittlung (%100), d.h. Rest bei der Teilung durch
100
//      dann nochmals Integer-Teilung (/10) dieses Restes.
// Einer: Modulo-Ermittlung (%10), d.h. Rest bei der Teilung durch 10.
//
// Umrechnung in ASCII-Werte fuer die Anzeige durch Addition von 0x30.
void refreshDisplayTemp(int tempValue, char line, char pos)
{
    lcd_gotoxy(line, pos);            // Startposition fuer
Temperatur-Wert
    if (tempValue>=0)                 // zuerst Vorzeichen: ' '
oder '-'
    {
        wort[0] = ' ';
    }
    else
    {
        wort[0] = '-';
        tempValue = -tempValue;      // Vorzeichenumkehr bei
negativer Zahl
    }
    wort[1] = tempValue/100 + ASC_NULL;
    tempValue = tempValue%100;
    wort[2] = tempValue/10 + ASC_NULL;
    wort[3] = ASC_FULL_STOP;
}

```

```

    wort[4] = tempValue%10 + ASC_NULL;
    wort[5] = 0;
    lcd_putstr (wort);    // Hunderter ausgeben (°C Zehner)
}

// Anzeigefunktion
=====
//
// Der aktuelle Temperatur und die maximale Temperatur werden
ausgegeben
void refreshDisplay()
{
    refreshDisplayTemp(tValueMax,    1, 9);    // maximale
Temperatur ab Position 1,9
    refreshDisplayTemp(tValue,        0, 9);    // aktuelle
Temperatur ab Position 0,9
}

// Initialisierung Display-Anzeige
=====
//
void initDisplay()                // Start der Funktion
{
    lcd_init();                    // Initialisierungsroutine aus
der lcd_lib
    lcd_displayMessage("- Experiment 9 -",0,0); // Ausgabe in erster
Zeile
    lcd_displayMessage("UART-Temperature",1,0); // Ausgabe in
zweiter Zeile

    _delay_ms(2000);              // Wartezeit nach Initialisierung

    lcd_displayMessage("Temp.      BC",0,0); // Ausgabe in erster
Zeile
    lcd_displayMessage("Maximum    BC",1,0); // Ausgabe in zweiter
Zeile
                                           // "BC" wird als °C
dargestellt
}                                    // Ende der Funktion

void initUart (void)    // Initialisierung der UART-Register
{
    UBRR0H = UBRR_VAL >> 8;    // High-Baudraten-Register
beschreiben
    UBRR0L = UBRR_VAL & 0xFF;    // Low-Baudraten-Register beschreiben
    UCSR0B = (1<<TXEN0) | (1<<RXEN0) | (1<<RXCIE0);    // Aktivierung
des UART Senders, Empfängers und der Interrupts
    UCSR0C = (1<<UCSZ00) | (1<<UCSZ01);    // Setzen der
Datenbits auf 8-Bit
}

```

```

ISR(USART_RX_vect) // Interrupt Routine für das Empfangen
{
    char data = UDR0;          // Daten auslesen, um Interruptflag zu
    loeschen
    if (data=='r') tValueMax = tValue;
}

ISR(USART_UDRE_vect) // Interrupt Routine für das Senden
{
    static char* uart_tx_p = uart_tx_buffer;    // Zeiger auf
    Sendepuffer
    char data = *uart_tx_p++;                    // Daten einlesen und
    Pointer erhöhen
    if (data==0 )                               // Am Ende der Eingabe
    {
        UCSRB &= ~(1<<UDRIE0);                // UDRE Interrupt
    ausschalten
        uart_tx_p = uart_tx_buffer;            // Pointer zurücksetzen
        DataTransferFinished = 1;              // Flag für Senden setzen
    }
    else UDR0 = data;                            // Daten senden
}

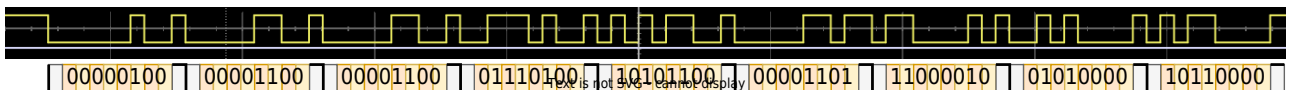
void putData(char *data)    // Daten senden
{
    if (DataTransferFinished==1)                // Wenn Daten vollstaendig
    gesendet
    {
        DataTransferFinished = 0;              // Flag für Senden löschen
        strcpy(uart_tx_buffer, data);          // Daten in Sendepuffer
    kopieren
        UCSRB |= (1<<UDRIE0);                  // UDRE Interrupt einschalten
    }
}

```

Unvollständige [Falstad Simulation](#)

Bitte arbeiten Sie folgende Aufgaben durch:

Aufgabe



1. Versuchen Sie die obenstehende Zeitverlauf des UART Signals zu entschlüsseln - es kam vom vorliegenden Programm.  
Welche neun Zeichen wurden gesendet?

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

Permanent link:  
[https://mexle.te.hs-heilbronn.de/microcontrollertechnik/9\\_uart\\_und\\_terminal?rev=1699828798](https://mexle.te.hs-heilbronn.de/microcontrollertechnik/9_uart_und_terminal?rev=1699828798)

Last update: **2023/11/12 23:39**

