

# 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

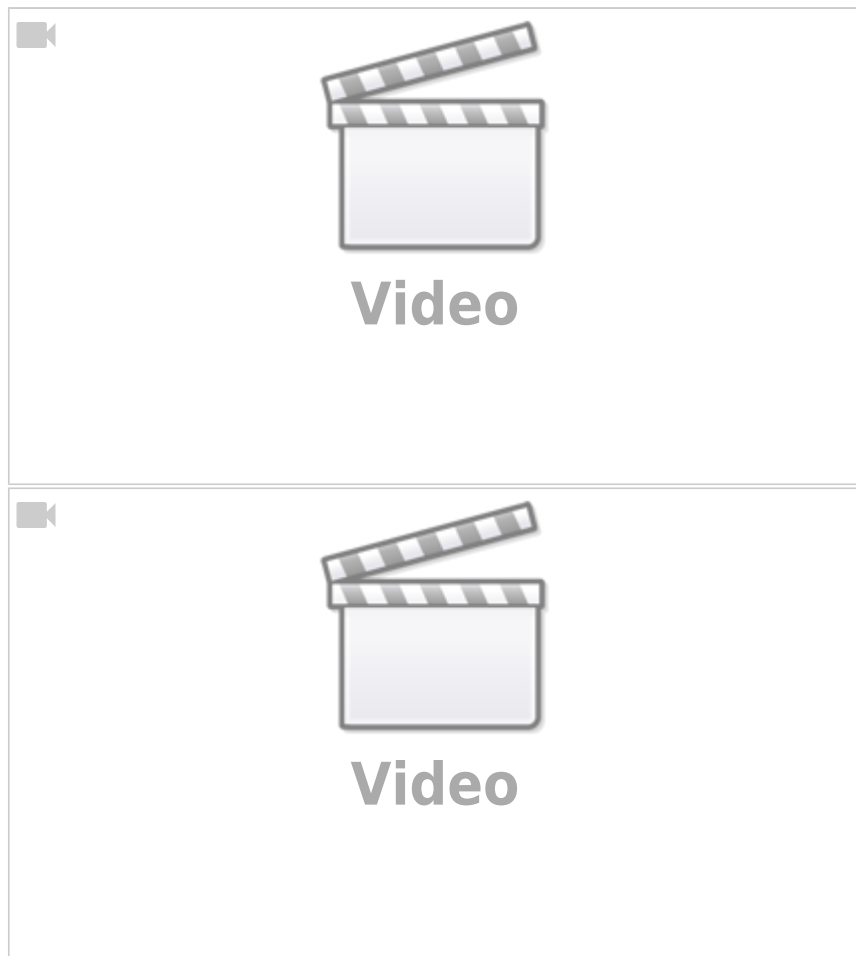


Fig. 1: Zusammenspiel der UART-Register

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](#)

ACHTUNG: Das Display ist hier an einem anderen Port. Entsprechend müssen zwei Register geändert werden:

- 1. #define DDR\_DATA DDRC
- 2. #define PORT\_DATA PORTC

### 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 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-Verteiler	/ 8	=>	1,536 MHz
Hardware-Timer	/256	=>	6 kHz / 166 µs
Software-Verteiler	/ 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 temperaturabhaengiger 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 ueber aequidistante (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 spaeter noch eine Mittelwertbildung mit 10 Werten eingefuegt werden.

Die Kopplung der Module wird ueber 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;
        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 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 ermöglichen
    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 Aufloesung gestartet. Dort ist der NTC des Boards mit Vorwiderstand als temperaturabhaengiger 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 ueber aequidistante (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 spaeter noch eine Mittelwertbildung mit 10 Werten eingefuegt werden.

Die Kopplung der Module wird ueber 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;

            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.      ºC",0,0); // Ausgabe in erster
Zeile
    lcd_displayMessage("Maximum    ºC",1,0); // Ausgabe in zweiter
Zeile

                                        // "ºC" wird als ºC
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, Empfaengers 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
}

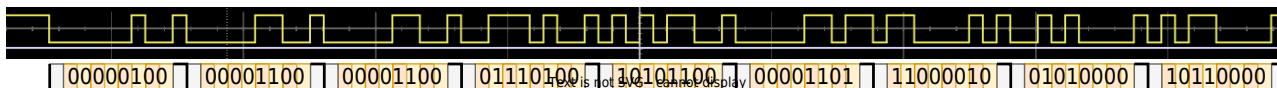
void putData(char *data)    // Daten senden
{
    if (DataTransferFinished==1)            // Wenn Daten vollstaendig
gesendet
    {
        DataTransferFinished = 0;          // Flag für Senden löschen
        strcpy(uart_tx_buffer, data);      // Daten in Sendepuffer
kopieren
        UCSRB |= (1<<UDRIE0);              // 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://first.mexle.te.hs-heilbronn.de/> - **MEXLE Wiki**

Permanent link:

[https://first.mexle.te.hs-heilbronn.de/microcontrollertechnik/9\\_uart\\_und\\_terminal?rev=1695158028](https://first.mexle.te.hs-heilbronn.de/microcontrollertechnik/9_uart_und_terminal?rev=1695158028)

Last update: **2023/09/19 23:13**

