



# Informatikwerkstatt, Foliensatz 4

## PC-Kommunikation

G. Kemnitz

Institut für Informatik, TU Clausthal (IW-F4)

14. November 2022



## Inhalt:

PC-Kommunikation

Echoprogramm

Textdarstellung  
Modultest vom PC aus  
Aufgaben

## Interaktive Übungen:

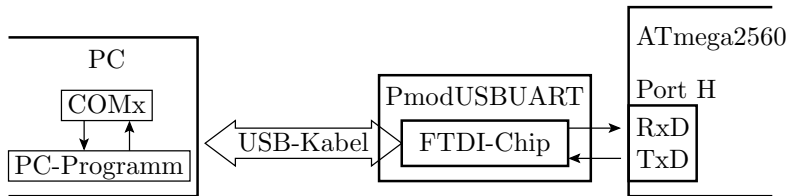
- 1 Echoprogramm (echo)
- 2 Modularisierung und Modultest (com\_pc)



# PC-Kommunikation



## Kommunikationsfluss



- Der Mikrorechner kann zeitgleich je ein Byte zum FTDI-Chip senden und vom FTDI-Chip empfangen.
- Der FTDI-Chip tauscht über USB Daten mit dem PC aus.
- Auf dem PC präsentiert der Treiber für den FTDI-Chip die Datenverbindung zum Mikrorechner als COM-Port.
- Jeder einmal über USB verbundene FTDI-Chip bekommt auf dem PC eine eigene COM-Port-Nummer.
- Das PC-Programm wird entweder HTerm oder ein selbst zu schreibendes Python-Programm sein.



## Byte-Empfang und Senden im Mikrorechner

```
int main(){ // Progr. mit ser. Ein- und Ausgabe
    // Initialisierung
    <USART2 Protokoll 8N1, 9600 Baud>
    <Sender und Empfänger ein>
    while(1){ // Endlosschleife
        ...
        // Byteempfang
        <Warte, bis Byte da ist>
        <Lesen und Verarbeiten des Bytes>
        ...
        // Byte versenden
        <Warte, bis Sendepuffer frei>
        <Byte in Sendepuffer schreiben>
        ...
    }
}
```



# 1. PC-Kommunikation

Name		Value									
+ [Icon]	USART1										
+ [Icon]	<b>USART2</b>										
+ [Icon]	USART3										
Name	Address	Value	Bits								
- [Icon]	[Icon] UCSR2A	0xD0	0x20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	[Icon] RXC2		0x00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Empf.-Puffer leer
	[Icon] UDRE2		0x01	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sendebuffer frei
- [Icon]	[Icon] UCSR2B	0xD1	0x18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	[Icon] RXEN2		0x01	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Empfang ein
	[Icon] TXEN2		0x01	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Senden ein
- [Icon]	[Icon] UCSR2C	0xD2	0x06	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	[Icon] UPM2		0x00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	kein Pritätsbit
	[Icon] USBS2		0x00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 Stoppbit
	[Icon] UCSZ2		0x03	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	8 Datenbit
	[Icon] <b>UBRR2</b>	<b>0xD4</b>	<b>0x0033</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	9600 Baud
	[Icon] UDR2	0xD6	0x00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Send-/Empf.-Reg



# Echoprogramm





### Echoprogramm (echo.c aus P04\F4-echo)

- Wiederhole: warte auf Bytes, zähle sie und sende sie zurück.

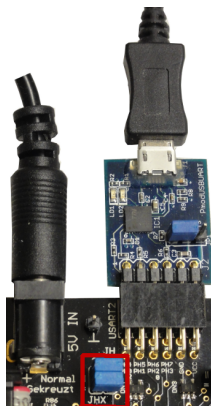
```
uint8_t daten; //Datei: echo.c
int main(void){
    UCSR2C=0b110; //Format 8N1
    UBRR2=51; //9600 Baud
    UCSR2B=(1<<RXEN2)|(1<<TXEN2); //Empf. + Sender ein
    DDRJ = 0xFF; //LEDs als Ausgänge
    PORTJ= 0; //LED-Ausgabe 0x00
    while(1){
        while(!(UCSR2A &(1<<RXC2))); //warte auf Byte
        daten = UDR2; //Byte übernehmen
        while(!(UCSR2A&(1<<UDRE2))); //warte Puffer frei
        UDR2 = daten; //Byte übergeben
        PORTJ++; //LED-Ausgabe erhöhen
    }
}
```



### Test des Echo-Programms

Hardware vorbereiten:

- Spannung ausschalten.
- Jumper JHX »gekreuzt (=)«.
- PModUSBUSART Kontrolle, Jumper wie im Bild, und an JH oben stecken.
- PModUSBUSART mit PC verbinden.  
Spannung einschalten.




Software vorbereiten:

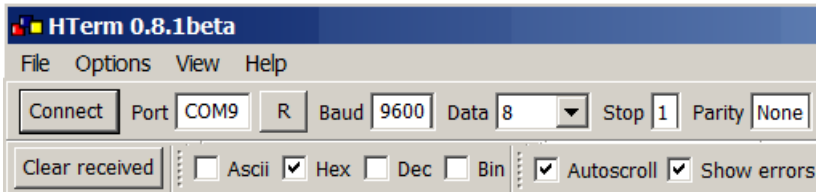
- Projekt Echo öffnen.
- »Dragon« und Compileroptimierung »-O0« auswählen.
- Übersetzen und im Debugger starten.



### Verbindung mit HTerm herstellen



- Auf dem PC HTerm starten. 
- COM-Port auswählen<sup>4</sup>.
- 9600 Baud, 8 Daten-, 1 Stopp- und kein Paritätsbit einstellen.
- Verbindung herstellen (Connect).



<sup>4</sup>Die COM-Schnittstelle, die nach Anstecken des USB-Kabels vom PmodUSBUART und »R« (Refresh Comport List) als neuer Port erscheint.



## 2. Echoprogramm

Für die Eingabe »HEX« auswählen. Für die Darstellung der Sende- und Empfangsdaten nur bei »Hex« ✓ setzen.



Clear received     Ascii  Hex  Dec  Bin

**Received Data**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
89	45	23										

empfangene Zahlen

Input control

Input options

Clear transmitted     Ascii  Hex  Dec  Bin

Type **HEX** ▼    18 75    Hex.-Zahlen eingeben + Enter

**Transmitted data**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
89	45	23											

gesendete Zahlen

- Alle versendeten Zahlen werden zurückgesendet.



# Textdarstellung



## Zeichendarstellung im ASCII-Code

Buchstaben, Ziffern und andere Zeichen werden als Bytes und Texte als Felder von Bytes dargestellt. ASCII-Code:

hex	bin	dez	ASCII	hex	bin	dez	ASCII
0x0a	0b000 1010	10	LF	0x41	0b100 0001	65	A
0x0d	0b000 1101	13	CR	⋮	⋮	⋮	⋮
0x20	0b010 0000	32	□	0x50	0b101 0000	80	P
0x21	0b010 0001	33	!	⋮	⋮	⋮	⋮
0x2E	0b010 1110	46	.	0x5A	0b101 1010	90	Z
0x30	0b011 0000	48	0	0x61	0b110 0001	97	a
0x31	0b011 0001	49	1	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	0x70	0b111 0000	112	p
0x39	0b011 1001	57	9	⋮	⋮	⋮	⋮
0x3F	0b011 1111	63	?	0x7A	0b111 1010	122	z

LF – Zeilenvorschub; CR – Wagenrücklauf; □ – Leerzeichen



# 3. Textdarstellung

## Senden und Empfang von Texten



Das HTerm kann ASCII-Zeichenketten + CR+LF senden:

Input control

Input options

Clear transmitted |  Ascii  Hex  Dec  Bin | Send on enter CR-LF

Type ASC |  | ASend

Empfangene Daten als Zeichen- und Zahlenfolge:

Ascii  Hex  Dec  Bin | Save output |  Clear at 0

**Received Data**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
H	a	l	l	o		W	e	l	t	!	\r	\n
48	61	6C	6C	6F	20	57	65	6C	74	21	0D	0A
072	097	108	108	111	032	087	101	108	116	033	013	010



## 3. Textdarstellung

Kontrollieren Sie auch, dass sich bei jedem Senden der LED-Ausgabewert an LED1 bis LED8 um die Anzahl der gesendeten Zeichen erhöht.

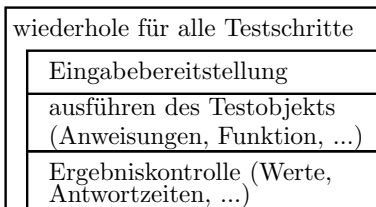




# Modultest vom PC aus



### Testrahmen



Die Basisfunktionen für den Test vom PC:

- Übergabe von Eingabe-Bytes und die
- Rückgabe von Ergebnis-Bytes zur Auswertung.

sind im Echo-Programm enthalten.



# Modularisierung des Echoprogramms

Aufteilung des Echoprogramms »echo.c« von Folie 9 in nachnutzbare Module für den Test von Programmbeistenen:

```
int main(void){
// ----- Initialisierung -----
UCSR2C=0b110;           // Format 8N1
UBRR2=51;              // 9600 Baud
UCSR2B=(1<<RXEN2)|(1<<TXEN2); // Empf. + Sender ein
// -----
while(1){
// ----- Empfangen eines Bytes -----
while (!(UCSR2A & (1<<RXC2))); //warte auf Byte
daten = UDR2;                //Byte übernehmen
// ----- Versenden eines Bytes -----
while (!(UCSR2A &(1<<UDRE2))); //warte Puffer frei
UDR2 = daten;                //Byte übergeben
}} // -----
```



### Funktionen für die PC-Kommunikation (com\_pc.c)

```
#include <avr/io.h>
//Initialisierung von USART2 (8N1, 9600 Baud)
void com_pc_init(){
    UCSR2C=0b110;           //Format 8N1
    UBRR2=51;               //9600 Baud
    UCSR2B=(1<<RXEN2)|(1<<TXEN2); //E+S ein
}
//ein Byte empfangen
uint8_t getByte(){
    while (!(UCSR2A & (1<<RXC2))); //warte auf ein Byte
    return UDR2;              //Byte zurueckgeben
}
//ein Byte versenden
void sendByte(uint8_t dat){
    while (!(UCSR2A & (1<<UDRE2))); //warte Puffer frei
    UDR2 = dat;              //Byte uebernehmen
}
```



### Header »com\_pc.h« für den Export

```
#ifndef COM_PC_H_
#define COM_PC_H_

#include <avr/io.h>

void com_pc_init();           //Init. USART2
uint8_t getByte();           //Byte empfangen
void sendByte(uint8_t dat);  //Byte versenden

#endif /* COM_PC_H_ */
```

- Enthält die drei Funktionsdefinitionen ohne Anweisungen.
- #...: Precompiler-Anweisungen. Ausführung (Textverarbeitung) vor dem Compilieren.
- #ifndef ... #define ... #endif verhindern, dass Definitionen mehrfach in den zu übersetzenden Quelltext übernommen werden.



### Testrahmen (Hauptprogramm)

```
#include <avr/io.h>    // Anmerkung *1
#include "com_pc.h"
uint8_t d;
int main(void){
    com_pc_init();    //Init. USART2
    while(1){        //Endlosschleife
        d = getByte(); //Byte empfangen
        sendByte(d);  //Byte zurücksenden
    }
}
```

\*1: überflüssig, da »avr/io.h« in »com\_pc.h« eingefügt wird, falls es vorher noch nicht eingefügt wurde.



### Modultest vom PC – Ein Testobjekt

Testobjekt sei folgende Berechnungssequenz:

```
uint8_t a, b, s, d, q, r;  
uint16_t p;  
...  
s = a + b;    // Summe  
d = a - b;    // Differenz  
p = a * b;    // Produkt  
q = a/b;      // ganzzahliger Quotient  
r = a%b;      // Divisionsrest
```

Darum soll ein Rahmenprogramm gelegt werden, das

- in einer Endlosschleife
- vom PC auf zwei Bytes für a und b wartet,
- die zu testenden Anweisungen ausführt und
- 8 Bytes (s, d, 2×p, q und r) zurückschickt.



## 4. Modultest vom PC aus

```
#include <avr/io.h>           //test_com_pc.c
#include "com_pc.h"
uint8_t a, b, s, d, q, r; uint16_t p;
int main(){
    com_pc_init();
    while (1){
        a = getByte();  b = getByte();
        //-- zu testende Anweisungen -----
        s = a + b;      //Summe
        d = a - b;      //Differenz
        p = a * b;      //Produkt
        q = a/b;        //ganzzahliger Quotient
        r = a%b;        //Divisionsrest
        //-----
        sendByte(a);    sendByte(b);
        sendByte(s);    sendByte(d);
        sendByte(q);    sendByte(r);
        sendByte(p>>8); sendByte(p&0xFF);
    }
}
```





## Test mit dem HTerm



- Projekt »F4-com\_pc« öffnen.
- »Dragon« und Compiler-Optimierung -O0 auswählen.
- Übersetzen. Debugger starten. Programm freilaufend starten.
- HTerm öffnen. 9600 Baud, 8 Datenbit, 1 Stoppbit.
- COM-Port des angesteckten »PmodUSBUART«. »Connect«.
- 2 Byte senden und 8 Bytes empfangen.

Transmitted data				Received Data							
				<input type="checkbox"/> Ascii <input checked="" type="checkbox"/> Hex <input checked="" type="checkbox"/> Dec							
1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8
47	0C			47	0C	53	3B	05	0B	03	54
071	012			071	012	083	059	005	011	003	084

$a$	$b$	$a + b$	$a - b$	$a/b$	$a \cdot b$
71	12	83	59	5 Rest 11	$3 \cdot 2^8 + 84 = 852$



# Aufgaben



### Aufgabe 4.1: HA bei weniger als 7 P im Test<sup>5</sup>

- 1 Ergänzen Sie im Kommentar den zugewiesenen Wert in Hexadezimaldarstellung und ab Zeile 3 auch die Dezimalwerte:

```
1 int8_t a, v1 = 35; //
2 uint8_t b, v2 = 60; //
3 a = v1 | 20; //
4 a = v1 << 3; //
5 b = v2 & (1 << 2); //
6 b = v2 << 4; //
7 b = v1 - 40; //
```

- 2 Vervollständigen Sie Zeile 2 so, dass den Bits 0 bis 3 von a die Bits 4 bis 7 von b und den Bits 4 bis 7 von a die negierten Bitwerte von c Bit 2 bis Bit 5 zugewiesen werden.

```
1 uint8_t a, b = 25, c = 37;
2 a =
```

- 3 Welcher Wert steht nach Ausführung mit den Beispielzahlen in a?

<sup>5</sup>Abgabe [ha-iw@in.tu-clausthal.de](mailto:ha-iw@in.tu-clausthal.de) bis Mo. 16.11.20.



# Aufgabe 4.2: Abarbeitung der Interaktiven Übungen

- 1 Ausprobieren Echo-Programm (ab Folie 9).
- 2 Ausprobieren Modultest (ab Folie 23).



### Aufgabe 4.3: Textdarstellung und -ausgabe

Durch welche Zahlenfolge wird der nachfolgende Text dargestellt:

"Informatikwerkstatt , Uebung3"

- 1 Lösen Sie die Aufgabe mit der ASCII-Tabelle auf Folie 14.
- 2 Kontrollieren Sie das Ergebnis, in dem Sie die Zeichenkette mit dem HTerm versenden und zusätzlich als ASCII-Folge anzeigen lassen.
- 3 Kontrollieren Sie das Ergebnis mit folgendem Programm:

```
#include "com_pc.h"
uint8_t text[] = "Informatikwerkstatt , Uebung3";
int main(){
    com_pc_init();
    for (uint8_t i=0; i<28; i++) sendByte(text[i]);
}
```



### Aufgabe 4.4: Wiederhole bis zum »Nullbyte«

Wenn C wie in der nachfolgenden Programmzeile

```
uint8_t text[] = "Informatikwerkstatt ,_Uebung3";
```

eine Zeichenkette initialisiert, hängt es ein Byte mit dem Wert null an.

- 1 Kontrollieren Sie das mit dem Debugger.
- 2 Schreiben Sie das Programm aus der vorherigen Aufgabe so um, dass es nicht genau 28 Zeichen ausgibt, sondern alle Zeichen bis vor dem Zeichenwert null.

Hinweis: Man nutzt hierfür eine Schleife, »wiederhole, solange ein Zeiger »ptr« nicht auf den Wert null zeigt:

```
while (*ptr!=0){<Anweisungsfolge>}
```



### Aufgabe 4.5: Zeitmessung Warteschleife

- 1 Schreiben Sie ein c-Programm, dass auf ein Byte vom PC wartet, die folgende Warteschleife

```
uint32_t ct;  
...  
for (ct=0; ct<5000000; ct++);
```

abarbeitet und das Byte zurücksendet.

- 2 Testen Sie das Programm mit HTerm und schätzen Sie die Zeit vom Versenden bis zum Empfang. (Man kann in HTerm empfangene Daten mit Zeitstempel aufzeichnen.)



### Aufgabe 4.6: Textausgabe

Ergänzen Sie in der Funktionssammlung »com\_pc.c« eine Funktion zur Textausgabe mit der Aufrufsstelle:

```
void sendString(uint8_t *strg);
```

Als Testbeispiel soll das nachfolgende Hauptprogramm:

```
#include <avr/io.h>
#include "com_pc.h"
int main(){
    com_pc_init();
    sendString("Das ist ein Text.");
}
```

den Text »Das ist ein Text.« an den PC schicken.





### Aufgabe 4.7: Modultest vom PC aus

- 1 Schreiben Sie ein Programm, das in einer Endlosschleife immer auf zwei Bytes wartet, diese nach der Vorschrift

```
int16_t wert = (int16_t)(b1<<8|b2);
```

(b1, b2 – erstes bzw. zweites empfangenes Byte) zu einer 16-Bit vorzeichenbehafteten Zahl zusammenfasst, diese negiert und verdoppelt und das Ergebnis zurücksendet.

- 2 Testen Sie das Programm mit der Eingabefolge (0x04, 0x5A) im HTerm.