



Informatikwerkstatt, Foliensatz 6 Logikanalysator, Bluetooth, LC-Display und Sonar-Abstandssensor

G. Kemnitz

Institut für Informatik, TU Clausthal (IW-F6)
21. November 2022



Inhalt:

Wiederholung

Test mit Logikanalysator

Bluetooth

LC-Display

Sonar-Sensor

Aufgaben

Interaktive Übungen:

- 1 Test mit dem Logikanalysator (USBLOGI)
- 2 Bluetooth (echo_bt)
- 3 Test des LC-Displays (test_lcd)
- 4 Test des Ultraschallsensors (test_sonar)



Wiederholung



W6.1: USART-Initialisierung



```
void com_pc_init(){
    //Initialisierung USART 2 (PC-Kabelverbindung)
    UCSR2C=0b110;           //Übertragungsformat 8N1
    UBRR2=51;               //9600 Baud
                           //Empf. und Sender ein
    UCSR2B=(1<<RXEN2)|(1<<TXEN2);
}
```

- Was bedeutet Übertragungsformat 8N1?
- Was ist die Baudrate?
- Wie lange dauert mindestens die Übertragung eines Bytes?

Für die nächste Folie:

```
#define symbol Rest_Zeile //Kommentare nicht
```

Vor der Übersetzung wird »symbol« durch »Rest_Zeile« ersetzt.



W6.2: Datenempfang vom PC



- 1 Wozu dient/wie funktioniert die nachfolgende Funktion?

```
#define NEW_DAT (UCSR2A & (1<<RXC2))
uint8_t getByte(){
    while (!NEW_DAT); //warte auf ein Byte
    return UDR2;      //Byte zurueckgeben
}
```

- 2 Vervollständigen Sie die nachfolgende Funktion zum Empfang einer vorzeichenfreien 2-Byte-Zahl.

```
uint16_t get2Byte(){
    uint16_t a;      //lokale Variable
    while (!NEW_DAT); //warte auf ein Byte

    return a;        //2-Byte-Wert zurueckgeben
}
```



Lösung

- 1 Funktion zum Empfang eines Bytes. Sie wartet, solange kein Byte im Empfangspuffer ist und gibt danach das Byte zurück.
- 2 Vervollständigtes Programm:

```
uint16_t get2Byte(){
    uint16_t a;          //lokale Variable
    while (!NEW_DAT); //warte auf ein Byte
    a = UDR2;           //als Byte 1 übernehmen
    while (!NEW_DAT); //warte auf ein Byte
    a = (a<<8)|UDR2;    //als Byte 0 übernehmen
    return a;          //2-Byte-Wert zurueckgeben
}
```



W6.3: Senden an den PC



- 1 Wozu dient und wie funktioniert die nachfolgende Funktion?

```
#define SB_FREE (UCSR2A & (1<<UDRE2))  
void sendByte(uint8_t dat){  
    while (!SB_FREE); //warte Puffer frei  
    UDR2 = dat;      //Byte versenden  
}
```

- 2 Vervollständigen Sie die nachfolgende Funktion zum Versenden vorzeichenfreier 2-Byte-Zahlen, höherwertiges Byte zuerst:

```
void send2Byte(uint16_t dat){  
    while (!SB_FREE); //warte bis Puffer frei  
  
}
```



Lösung

- 1 Funktion zum Versenden eines Bytes. Sie wartet, solange der Sendepuffer voll ist und kopiert danach das Byte in den Sendepuffer.
- 2 Vervollständigtes Programm:

```
void send2Byte(uint16_t dat){  
    while (!SB_FREE); //warte bis Puffer frei  
    UDR2 = dat>>8;    //Byte 1 => Sendepuffer  
    while (!SB_FREE); //warte bis Puffer frei  
    UDR2 = dat & 0xFF; //Byte 0 => Sendepuffer  
}
```




Test mit Logikanalysator



Untersuchung von Zeitabläufen mit Logikanalysator

Genauere Zeituntersuchungen, z.B.

- Zeitmessungen von der Ausgabeanweisung bis zum seriellen Versenden,
- Kontrolle des Protokolls und der Baudrate, ...

erfordern einen Logikanalysator. Ein Logikanalysator zeichnet binäre Signalverläufe auf.

Der hier verwendete USB-LOGI-500

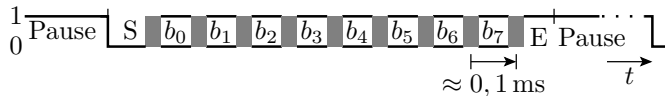
- zeichnet bis zu 32 binäre Signale mit maximal 600 Millionen Abtastwerten pro Sekunde auf.
- PC-Verbindung über USB.
- Konfiguration über ein XML-Script.
- Ansteuerung auf der Kommandozeile. ...





Arbeit mit einem Logikanalysator

- Abschätzung des Signalverlaufs, z.B. USART 8N1, 9600 Baud:

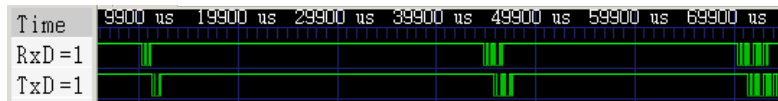


- Anschluss von LA-Eingängen an alle zu beobachtenden Signale. Aktivierung dieser LA-Eingänge im Konfigurationsscript und Zuordnung von Signalnamen.
- Wahl der Abtastrate so, dass zwischen zwei aufeinanderfolgenden Signalwechseln mehrfach abgetastet und der komplette interessierende Signalbereich aufgezeichnet wird.
- Wahl einer Trigger-Bedingung, die nach LA-Aufzeichnungsstart erstmalig im aufzuzeichnenden Zeitfenster erfüllt ist.
- Pre-Trigger: Festlegung des Aufzeichnunganteils vor dem Trigger-Ereignis, Wertebereich $0, \frac{1}{8}, \dots, 1$, Standardwert $\frac{1}{8}$.



2. Test mit Logikanalysator

RxD und TxD bei Abarbeitung von »scom_txy.py«



RxD – serielle Daten vom FTDI-Chip zum Mikrorechner; TxD – zum FTDI-Chip zurückgesendete Echo-Daten.

- Aufzeichnungstakt: 50000 Werte pro Sekunde.
- Trigger: erste fallende Flanke von RxD. Eindeutig, wenn zuerst der LA und dann das Python-Programm gestartet wird.
- Pre-Trigger: 1/8 (Standardwert, Angabe nicht erforderlich).

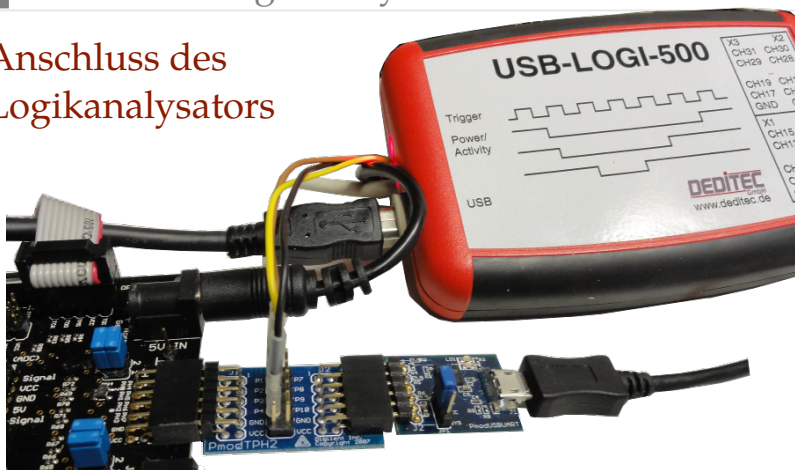
Beobachtungen:

- Bytes eines Pakets werden lückenfrei gesendet, dazwischen längere Pausen.
- Echo praktisch sofort nach Byte-Empfang.



2. Test mit Logikanalysator

Anschluss des Logikanalysators



PModUSBUSART über Zwischenadapter PmodTPH2, daran

- GND (schwarz) an Masse (Adapter Gnd),
- CH0 (gelb) an RxD (Adapter P3) und
- CH1 (braun) an TxD (Adapter P2) anstecken.



Konfiguration des USB-Logi in »echotest.xml«

- Aufzeichnungstakt: 50000 Werte pro Sekunde.
- CH0: RxD, CH1: TxD
- Trigger: erste fallende Flanke von RxD.
- Pre-Trigger: 1/8 (Standardwert).

```
<la>
  <samplerate>50000</samplerate>
  <signals>
    <signal name="RxD"><ch>0</ch></signal> #RxD => CH0
    <signal name="TxD"><ch>1</ch></signal> #TxD => CH1
  </signals>
  <trigger when="A">
    <A> <ch when="falling_edge">0</ch> </A>
  </trigger>
</la>
```

(Doku für Konfig-Scripte siehe WEB-Seite).



Messung durchführen



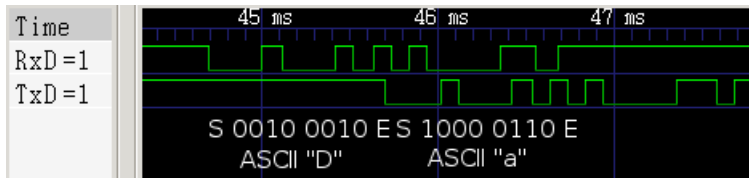
- Auf dem Mikrorechner das Echo-Programm starten.
- Eine Windows-Konsole (cmd.exe) für Python und eine für den LA starten.
- In der Python-Konsole zum Verzeichnis »...\Informatikwerkstatt\P05\Python« und in der LA-Konsole zum Verzeichnis »...\Informatikwerkstatt\P06\USBLOGI« wechseln.
USB-Logi starten mit dem Kommando:

```
usb-logi echotest.xml
```
- Sobald der USB-Logi auf sein Trigger-Ereignis wartet, in der Python-Konsole »scom_txy« starten.

2. Test mit Logikanalysator

- 1-Byte-Paket nach ca. 10 ms ($\frac{1}{8}$ der Aufzeichnungsdauer),
- 2 Byte-Paket nach ca. 50 ms und
- 3-Byte-Paket nach ca. 75 ms.

Mit Zoom vergrößertes 2-Byte-Paket:



Übertragene Zeichenfolge »Da«. Mikrorechner beginnt mit Rückübertragung des ersten Bytes nach der halben Stoppbitzeit.



Bluetooth



Bluetooth

- Bei Bluetooth wird die serielle Übertragung anstatt über eine USB- über eine Funkverbindung getunnelt.
- Statt an USART2 (Stecker JH, Port H) wird das Bluetooth-Modul auch in allen weiteren Projekten an USART0 (Stecker JE, Port E) gesteckt.
- Kabel und Funkverbindung können so bei Bedarf gleichzeitig genutzt werden.
- In den Kommunikationsprogrammen ist für die Umstellung auf Bluetooth jeweils USART2 durch USART0 zu ersetzen.

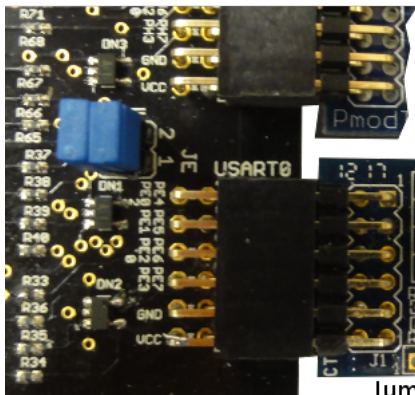


3. Bluetooth

Bluetooth-Modul anschließen

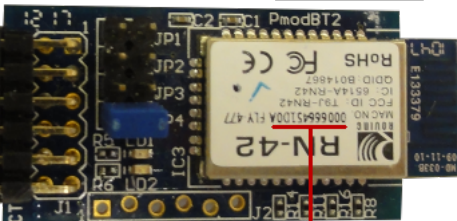
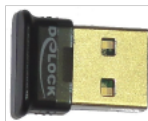


- PmodBT2 an JE (USART0) stecken und Jumper JEX »gekreuzt (=)«.
- Bluetooth-Dongle in den PC stecken.



Bluetooth-Modul

Bluetooth-Dongle



Jumper für
8n1 9600 Baud

MAC-Nummer

Bluetooth-Verbindung auf PC einrichten



- Bildschirm unten rechts "Symbole einblenden" > Doppelklick Bluetooth-Icon (Bild rechts).
- Bluetooth oder .. hinzufügen > Bluetooth ... auswählen > TN42-XXXX auswählen (XXXX - letzte 4 Stellen der MAC-Nr.).
- Als "PIN" die Zeichenfolge "1234" eingeben > Verbinden > Fertig (siehe nächste Folie).
- Das neue Gerät "RN42-XXXX" auswählen > Weitere Bluetooth-Optionen > COM-Anschlüsse > COM-Port ablesen (der ausgehende Port, im Zweifelsfall in HTerm beide probieren).

Neue Module melden sich mit "RNBT" statt "RN42" und verlangen nur eine Bestätigung der vorgeschlagen PIN (nächste Folie unten).



3. Bluetooth

Bluetooth- oder anderes Gerät hinzufügen

Bluetooth Ein

Jetzt als "AU"

Maus, Tastatur

Dell K...

Dell M...

Gerät hinzufügen

Gerät hinzufügen

Stellen Sie sicher, dass das Gerät eingeschaltet und auffindbar ist. Wählen Sie unten ein Gerät aus, um eine Verbindung herzustellen.

RN42-1CEA
Verbindung wird hergestellt
Geben Sie die PIN für RN42-1CEA ein. **alte Module**

Verbinden Abbrechen

RNBT-A818
Verbindung wird hergestellt **neue Module**

Drücken Sie „Verbinden“, wenn die PIN für RNBT-A818 mit dieser PIN übereinstimmt.

927553

Test der Verbindung



- In ATMEL-Studio Programm »echo_bt« starten¹.
- Mit HTerm Zeichen senden. Empfang + LED-Ausgabe der Zeichenanzahl kontrollieren.

Wenn sich der Port im HTerm nicht öffnen lässt, warten, bis der Treiber fertig installiert ist.

¹Bisheriges Echoprogramm für USART0 statt USART2.



Untersuchung der Übertragungsdauer



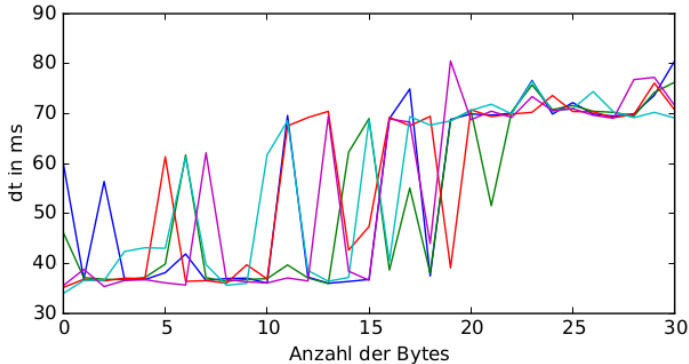
- Programm »echo_bt.c« weiter laufen lassen.
- Programm »Python\scom_txy5.py« im Editor öffnen. COM-Port durch den für die Bluetooth-Verbindung ersetzen.
- HTerm »Disconnect«.
- Windows-Konsole (cmd) starten. In das Verzeichnis ...\Python wechseln. Programm »scom_txy5.py« starten:

```
H:\Informatikwerkstatt\Python>scom_txy5.py
Empfangene Daten: D dt= 62.1397588383 ms
Empfangene Daten: Da dt= 60.5297850124 ms
Empfangene Daten: Das dt= 36.0593746958 ms
. . .
```

- Graphische Darstellung der Zeitmesswerte nächste Folie.



3. Bluetooth



- Die Übertragungsdauer hat einen zufälligen Wert.
- Für 21 bis 28 Byte große Pakete etwa doppelte Dauer (≈ 70 ms) im Vergleich zur Tunnelung durch USB.
- Ändert sich die Übertragungsdauer, wenn mehrere Übungsgruppen zeitgleich Bluetooth nutzen?



LC-Display

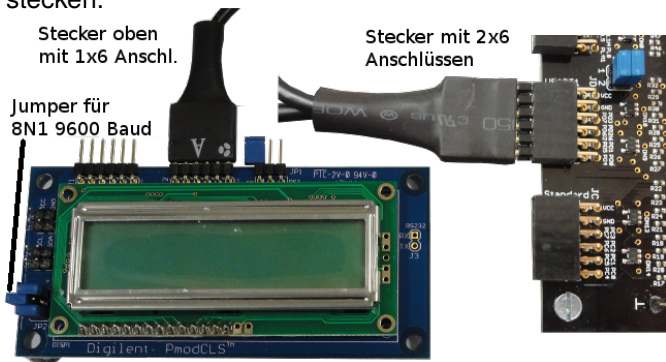


LC-Display



Das LC-Display hat eine serielle Schnittstelle am Stecker J2, von der nur die Sendeeinheit benötigt wird:

- MR-Board JD oben (USART 1) über Y-Kabel an LCD J2.
- Für USART-Protokoll 8N1, 9600 Baud auf LCD Jumper JP2 MD0 und MD2 stecken.





Testprogramm »test_lcd.c«



```
void lcd_init(){           //Initialisierung USART1
    UCSR1C = 0b110;       //Übertragungsformat 8N1
    UBRR1  = 51;         //9600 Baud
    UCSR1B = (1<<TXEN1); //Sender ein
}

uint8_t LCD_dat []=      // Zeichenkette zur Ausgabe
    "\x1B[0h\x1B[j"     // 7-Zeichen-Init.-String
    "A=..._Err:....."   // 1. Zeile (16 Zeichen)
    "S:..._InP:....."; // 2. Zeile (16 Zeichen)
... // main() siehe nächste Folie
```

"\x1B[0h" – Zeilenumbruch nach 16 Zeichen; "\x1B[j" – Anzeige löschen, Cursor auf erstes Zeichen; siehe WEB-Seite > Pmod...: PmodCLS_rm.pdf.



4. LC-Display

```
uint8_t idx; //Indexvariable
int main(void){
    lcd_init(); //USART1 initial.
    for(idx=0;idx<39;idx++){ //für alle 39 Zeichen
        while(!(UCSR1A&(1<<UDRE1))); //warte Puffer frei
        UDR1 = LCD_dat[idx]; //Zeichen in Puffer
    }
}
```



Das LC-Display dient im Weiteren zur Anzeige von Fahrzeugsteuerzuständen, Fehlermeldungen, Sensorwerten, ...

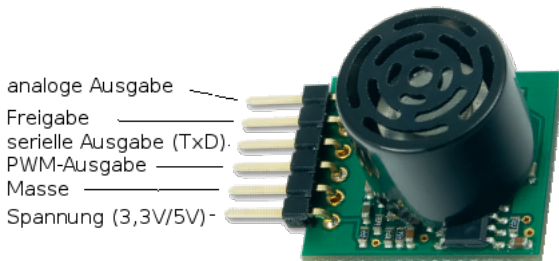
- Projekt »F6-test_lcd\test_lcd« öffnen.
- Programm übersetzen und ausführen.
- LCD-Ausgabe kontrollieren.





Sonar-Sensor

Sensormodul PmodMAXSONAR



- PmodMAXSONAR über Y-Kabel an JD unten (USART1) anstecken. JDX auf »gekreuzt (=)«
- Wie auf der nächsten Folie gezeigt, Multimetereingang an Pin 1 und Multimetermasse (COM) an einen Masseanschluss (\perp) des Mikrorechner-Boards.
- Spannung zuschalten.



5. Sonar-Sensor



- Projekt »F6-test_sonar\ test_sonar«, übersetzen, im Debugger starten und anhalten.
- Zur Aktivierung PD5 (Freigabesignal) im Debug-Modus als Ausgang und auf eins setzen.
- Hand im Anstand >15 cm vor dem Sensor bewegen.



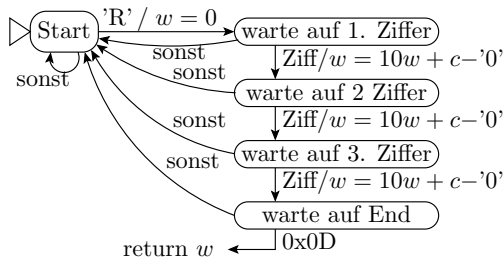
5. Sonar-Sensor

Spannung am Multimeter: $3,3 \text{ V} \cdot x/512'' \approx 2,5 \frac{\text{mV}}{\text{cm}}$. Messbereich 6" bis 254" (1" = 2,54 cm). Mindestabstand $\approx 15 \text{ cm}$. Auflösung 1" (" – Zoll, engl. Inch).

Der Mikrorechner empfängt an USART1 eine Zeichenfolge mit dem Format:

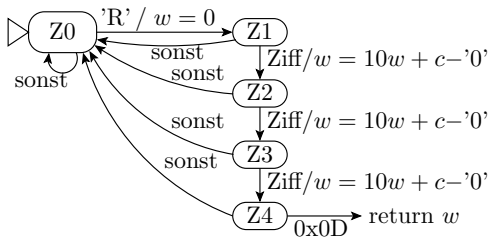
'R', z ,z ,z ,'\13'

('R' – ASCII-Zeichen; z – Ziffer 0..9 als ASCII-Zeichen; '\13' – Zeilenumbruch). Ablaufgraph für die Decodierung des Abstandswerts:



Übergangsbedingung
 letztes empfangenes
 Zeichen c hat den Wert ...
 Ziff: $c \in \{ '1', '2', \dots, '9' \}$
 Ziffernwert ist Byte-Code
 minus Byte-Code von '0'
 In w wird der Sensor-
 wert berechnet.

Automaten



Ablaufgraphen werden durch Automaten nachgebildet (Berechnung des Folgezustands und der Ausgabe aus dem Ist-Zustand und der Eingabe). Im weiteren Studium werden Automaten behandelt:

- in der Technischen Informatik als Funktionsmodelle für Schaltungen mit Zustandsspeicher,
- in Software-Technik zur Spezifikation von Zielfunktionen und
- in der Theoretischen Informatik für Sprachen, Grammatiken, ...



Testprogramm »test_sonar.c«

```
int main(){
    sonar_init();           //Sensor initialisieren
    DDRJ = 0xFF;           //LED-Ausgabe an Port J
    while(1){
        uint16_t s = getSonar(); //Wert abholen
        PORTJ = s & 0xFF;       //Wert ausgeben
    }
}
```

Initialisierung des seriellen Empfangs und der Sensorausgabe:

```
void sonar_init(){
    UCSR1C=0b110;         // Übertragungsformat 8N1
    UBRR1=51;             // 9600 Baud
    UCSR1B=(1<<RXEN1);   // Empfänger ein
    DDRD  |= 1<<PD5;      // PD5 Ausgang
    PORTD |= 1<<PD5;      // Sonar einschalten
}
```



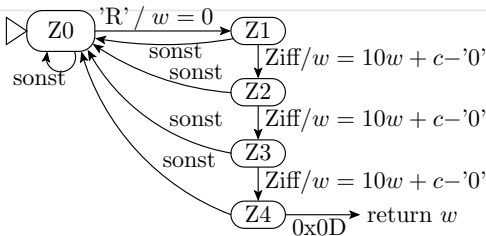
5. Sonar-Sensor

Empfangsautomat:

```

uint16_t getSonar(){
  uint8_t c, z=0;
  uint16_t w;
  while(1){
    while //Warte auf Byte
      (!(UCSR1A & (1<<RXC1)));
    c = UDR1; //Byte Lesen
    if (z==0 && c=='R'){ //Z0 => Z1
      w=0; z=1;}
    else if // Z1 bis Z4 und Ziffer
      (z>0 && z<4 && c>='0' && c<='9'){
      z++; w=10*w+c-'0';}
    else if // Z5 und 0x13
      (z==4 && c==0x0D){
      return w;}
    else z=0; // sonst-Kanten
  }
}

```





Hausaufgabe

- Handout zum aktuellen Foliensatz noch mal lesen.
- Wiederholungsfragen auf dem nächsten Handouts beantworten.



Aufgaben



Aufgabe 6.1: LA-Test Blockübertragung

- Schreiben Sie ein Mikrorechnerprogramm, das auf zwei Bytes vom PC wartet und nach Empfang beide Bytes in umgekehrter Reihenfolge zurückschickt.
- Testen Sie das Programm zuerst mit HTerm.
- Schließen Sie wie ab Folie 13 den USB-LOGI an (CH0: RxD, CH1: TxD) und bestimmen Sie mit der Konfigurationsdatei »echotest.xml« die Signalverläufe von RxD und TxD.
- Zeichnen Sie die Signalverläufe beim Test mit HTerm auf.



Aufgabe 6.2: Fortsetzung LA-Test

Erweitern Sie das Programm aus der Aufgabe zuvor um Testausgaben zur Ablaufkontrolle mit dem Logikanalysator auf Port G:

```
<erforderliche Header, und Variablenvereinb.>
int main(){
    DDRG = 0xFF; PORTG= 0; //Port G als Ausgang
    <USART2 initialisieren>
    while(1){                //Zustandsausgabe
        <1. Byte empfangen>; PORTG = 1;
        <2. Byte empfangen>; PORTG = 2;
        <2. Byte senden>;    PORTG = 3;
        <1. Byte senden>;    PORTG = 4;
    }
}
```

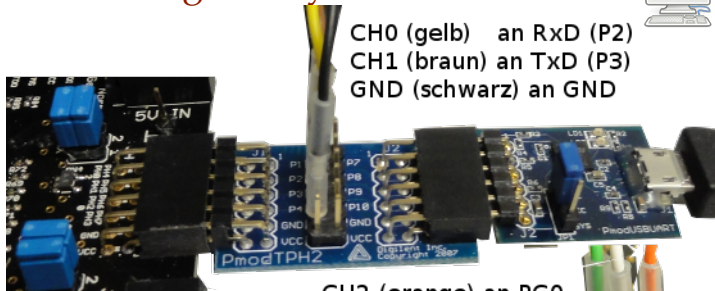
Zeichnen Sie mit dem LA zusätzlich zu RxD und TxD die Zustandsausgabe an PG0 bis PG2 auf.



LA-Konfiguration und Anschluss (echo2b.xml)

```
<la>                                # P04/USBLOGI/echo2b.xml
<samplerate>5000000</samplerate># 500.000 Werte/s
<pretrigger>6</pretrigger>        # 6/8 Vortrigger-
<signals>                           # aufzeichnung
  <signal name="Zustand">           # 3-Bit-Bus
    <ch>2</ch>                     # orange
    <ch>3</ch>                     # weiss
    <ch>4</ch>                     # grün
  </signal>
  <signal name="RxD"> <ch>0</ch> </signal> #gelb
  <signal name="TxD"> <ch>1</ch> </signal> #braun
</signals>
<trigger when="A">
  <A> <ch when="falling_edge">0</ch> </A>
</trigger>
</la>
```

Anschluss des Logikanalysators



CH0 (gelb) an RxD (P2)
CH1 (braun) an TxD (P3)
GND (schwarz) an GND

CH2 (orange) an PG0
CH3 (weiß) an PG1
CH4 (grün) an PG2



- Zwischen PModUSBUSART und Stecker JH Testpinthead (PModTPH2) einfügen.
- Anschluss USB-Logi siehe Bild.
- USB-Logi muss, wenn angesteckt, auch am USB-Kabel stecken. Sonst werden kontaktierte Signale auf null gezogen.



LA-Aufzeichnung durchführen



- Auf dem Mikrorechner das Echo-Programm starten.
- HTerm starten, Verbindung herstellen, zum ausprobieren 2 Bytes senden und kontrollieren, dass diese in umgekehrter Reihenfolge empfangen werden.
- Eine Windows-Konsole (cmd.exe) für den LA starten, zum Verzeichnis »...\Informatikwerkstatt\P04\USBLOGI« wechseln. USB-Logi starten mit dem Kommando:

```
usb-logi echo2b.xml
```
- Sobald der USB-Logi auf sein Triggerereignis wartet, die 2 Bytes nochmal senden.



Aufgabe 6.3: Bluetooth

- Stecken Sie das Bluetooth-Modul wie auf Folie 21 nur zusätzlich über das dem PmodTPH2, an dem der LA steckt, an JE (USART0) und den USB-Bluetooth-Dongle in den PC.
- Stellen Sie in der beschriebenen Weise eine Bluetooth-Verbindung her.
- Ändern Sie in dem Programm aus Aufgabe 6.2 überall USART2 in USART0 und wiederholen Sie die Tests mit dem COM-Port der Bluetooth-Verbindung.
- Zeichnen Sie auch hier wie in Aufgabe 6.2 die Signalverläufe von TxD, RxD und den kontaktierten Anschlüssen von Port G auf.



Aufgabe 6.4: Hallo LC-Display

Schreiben Sie ein Programm, das auf dem LC-Display den Text »Hallo LC-Display« ausgibt.



Aufgabe 6.5: LC-Monitor

Schreiben Sie ein Programm, das auf Zeichen von der seriellen Bluetooth-Schnittstelle wartet und diese auf das LC-Display schreibt.

- Bei mehr als 16 Zeichen sollen die letzten 16 Zeichen der Zeile angezeigt werden.
- Bei ersten <Enter> soll auf Zeile 2 weitergeschrieben werden.
- Bei jedem weiteren <Enter> soll die untere Zeile nach oben kopiert, danach die untere Zeile gelöscht und ab Position 1 neu beschrieben werden.
- Testen Sie das Programm mit HTerm.



Aufgabe 6.6: Sonar-LCD

- Schreiben Sie ein Programm, das den aktuellen Abstandswert in Zoll in der oberen Zeile auf dem LC-Display anzeigt.
- Erweitern Sie das Programm, so dass in der unteren Zeile die Anzahl der empfangenen Sensorwerte hochgezählt wird.



Aufgabe 6.7: Sonar-PC

- Schreiben Sie ein Programm, das bei einer Änderung des Abstandswertes die Byte-Folge von Sonar-Sensor über USB an den PC sendet. Testen Sie das Programm mit HTerm.
- Für Fortgeschrittenen, die sich bereits mit Oberflächenprogrammierung für den PC auskennen, Entwicklung eines Programms, das den aktuellen Abstandswert in Zoll in einem Ausgabefenster auf dem PC anzeigt. Eine Anleitung zur Programmierung von Oberflächen mit Python ist u.a. zu finden auf:

`http://techwww.in.tu-clausthal.de/site/Lehre/
Schuelerinformatik\[13\]/`

Hier finden Sie einen kompletten Python-Programmierkurs für Schüler.