



Informatikwerkstatt, Foliensatz 13

Joystick und IR-Sensoren

G. Kemnitz

Institut für Informatik, TU Clausthal (IW-F13)

13. Dezember 2022



Inhalt:

Joystick

Infrarot-Abstandssensor

Linienverfolgung

Aufgaben

Interaktive Übungen:

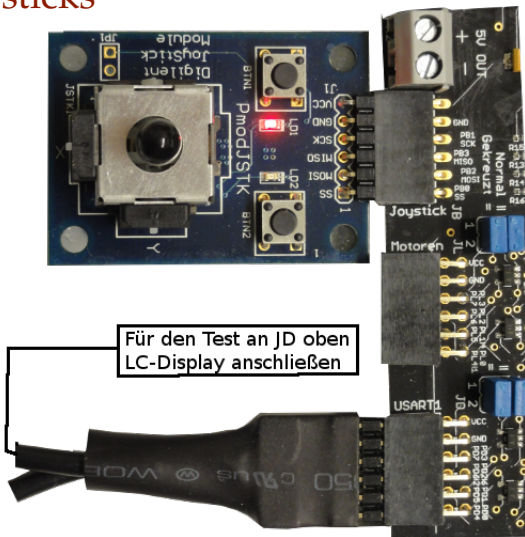
- 1 Test des Joysticks (test_joystick).
- 2 Test des IR-Abstandssensors (test_sharpsens).
- 3 Test der Bodensensoren.



Joystick

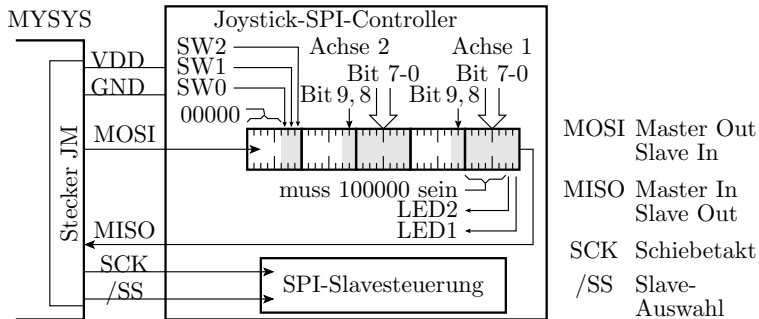
Anschluss des Joysticks

- Joystick Pmod-JSTK an JB
- LCD PmodCLS an JD oben
- Kommunikation über SPI





SPI-Funktionalität im Joystick¹

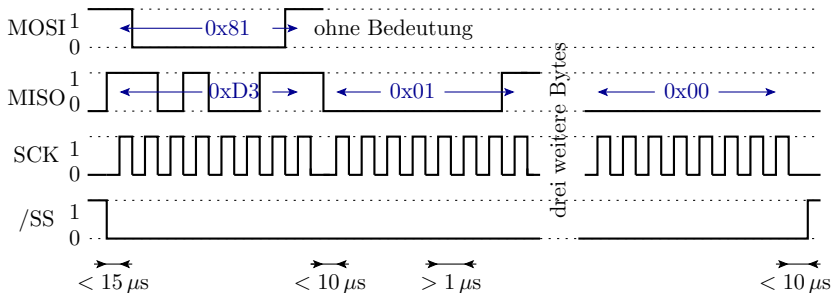


- Der SPI-Slave des Joysticks funktioniert etwa wie ein 5x8 Bit Schieberegister, das vom Joystick Daten übernimmt, geschoben wird und Daten übergibt. Steuerung über SCK und /SS.
- Der Master im Mikrorechner muss /SS aktivieren, 5 Bytes schicken - warten - übernehmen und /SS deaktivieren.

¹SPI – Serial Peripheral Bus



1. Joystick



- Die Zeiten im Bild sind einzuhalten, sonst Übertragungsfehler. Blockierendes serielles Versenden nach jedem Byte, Dauer bei 9600 Baud ca. $1 \text{ ms} \gg 10 \mu s$, verursacht Fehlfunktion.
- Der Joystick übernimmt $0b100000l_2l_1$ (l_i – LED-Ausgabewert) + vier Bytes, die nicht ausgewertet werden, und
- sendet zwei Bytes mit dem x -Wert, zwei Bytes mit dem y -Wert und ein Byte mit drei Tasterwerten.



Initialisierung des SPI-Busses im Mikroprozessor

Die SPI-Initialisierung:

- Legt die Datenflussrichtung der SPI-Daten- und SPI-Steuersignale fest,
- deaktiviert das Slave-Auswahlsignal und
- Aktiviert den SPI-Bus als Master mit Takteiler 1/128:

```
void joystick_init(){  
    DDRB = 0xf7;    // MOSI, SCK, /SS: Ausgänge  
    PORTB |= 0x1;   // /SS=1 (Slave deaktiviert)  
    //SPI als Master mit f_SCK=f_CPU/128 einschalten  
    SPCR = (1<<SPE)|(1<<MSTR)|(0b11<<SPR0);  
}
```

- Zur Nutzung im Interrupt-Modus wäre zusätzlich Interrupt-Bit »SPIE« für die lokale Freigabe zu setzen.



1. Joystick

Name	Address	Value	Bits
SPCR	0x4C	0x53	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
SPIE	0x00		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Interrupt-Freigabe
SPE	0x01		<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> SPI aktivieren
DORD	0x00		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
MSTR	0x01		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> als Master
CPOL	0x00		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
CPHA	0x00		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
SPR	0x03		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> CPU-Takt/ 128
SPSR	0x4D	0x00	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
SPIF	0x00		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Ereignisbit
WCOL	0x00		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
SPI2X	0x00		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
SPDR	0x4E	0x00	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

- Ereignisbit für die Abfrage »Übertragung fertig« ist »SPIF«



Datenaustausch mit dem Joystick

```
void joystick_get(uint8_t *buffer, uint8_t LedDat){
    PORTB &=~1;                //Slave aktivieren
                               //1. Byte senden
    SPDR = 0b10000000|(LedDat & 0b11);
    uint8_t i;
    for (i=0;i<5;i++){
        while(!(SPSR & (1<<SPIF))); //Warte SPI fertig
        buffer[i] = SPDR;
        if (i<4) SPDR = 0;        //null senden
    }
    PORTB |= 1;                //Slave deaktivieren
}
```

- $0x100000l_1l_0$ senden (l_i – Ausgabe an Led i).
- 4 Bytes empfangen und $4 \times$ null senden.
- Letztes Byte empfangen.



Testprogramm



- Konstanten für die LCD-Ausgabe:

```
#define INITSTR "x=...._Btn:_xxx_y=...._Ct:....."  
#define LCP_x      2 //x-Koordinate  
#define LCP_y     18 //y-Koordinate  
#define LCP_Btn1  14 //Button 1 gedrückt  
#define LCP_Btn2  13 //Button 2 gedrückt  
#define LCP_Btn3  12 //Button 3 gedrückt  
#define LCP_Ct    26 //Zähler Übertragungen
```



1. Joystick

```
int main(void){
    joystick_init();           //SPI init.
    lcd_init((uint8_t*)INITSTR);
    uint32_t Ct;              //Datenzähler
    uint8_t dat[5];          //Daten
    sei();                    //Interrupts ein
    while(1) {               //Wiederhole immer
        //Lese Joystick-Daten + LED-Ausgabe
        joystick_get(dat, (Ct/200) & 0b11);
        lcd_disp_val((dat[1]<<8)+dat[0],LCP_x, 4);
        lcd_disp_val((dat[3]<<8)+dat[2],LCP_y, 4);
        if (dat[4] & 0b100) lcd_disp_chr('E', LCP_Btn3);
        else lcd_disp_chr('A', LCP_Btn3);
        if (dat[4] & 0b010) lcd_disp_chr('E', LCP_Btn2);
        else lcd_disp_chr('A', LCP_Btn2);
        if (dat[4] & 0b001) lcd_disp_chr('E', LCP_Btn1);
        else lcd_disp_chr('A', LCP_Btn1);
        lcd_disp_val(Ct++,LCP_Ct,6); //Zähler anzeigen
    }
}
```

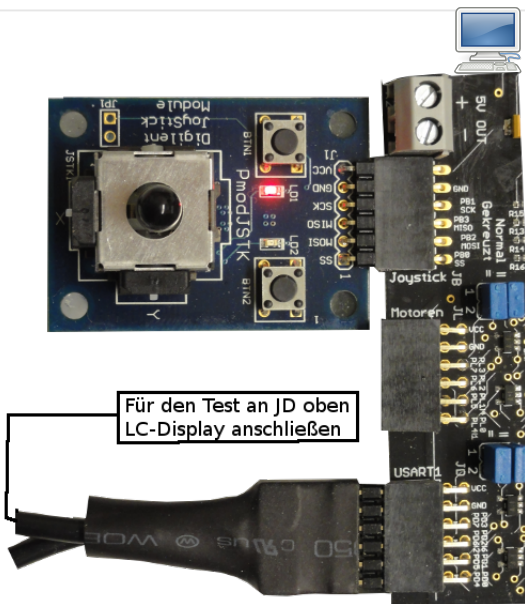




1. Joystick

Joystick ausprobieren

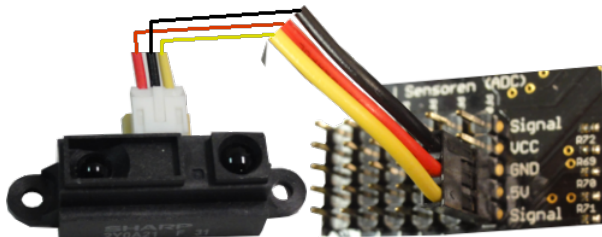
- Joystick Pmod-JSTK an JB
- LCD PmodCLS an JD oben
- Projekt »F13-test_joystick\
test_joystick«
öffnen,
übersetzen,
starten.





Infrarot-Abstandssensor

Sensoranschluss an den Mikrorechner

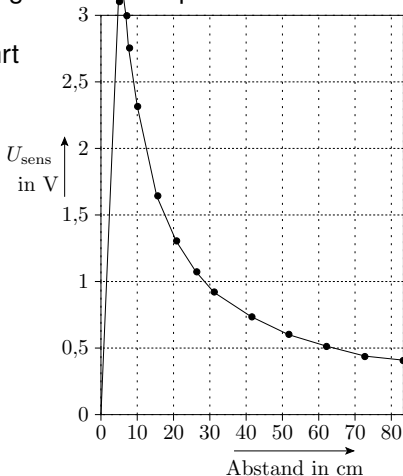
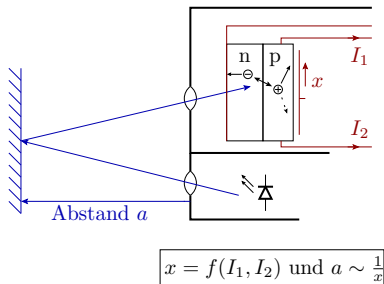


- Anschluss an den ADC-Stecker, ADC0 (PF0), 5 V-Seite.
- Zum Ausprobieren Multimeter Spannungsmessbereich zwischen Signal (gelb) und Masse (\perp) anschließen.
- In der IO-View nach Debug-Start eines beliebigen Programms PF0 und DDRF Bit 0 löschen.
- Hand im Abstand von 5 cm bis 50 cm vor dem Sensor bewegen. Bei ca. 7 cm Spannungsmaximum > 3 V.

Infrarot-Abstandssensor Sharp 2Y0A21

Der Sensor arbeitet nach dem Triangulationsprinzip mit einer positionsempfindlichen Diode.

- Messspannung etwa umgekehrt proportional zum Abstand.
- Wandlungsgeschwindigkeit ca. 20 Werte pro Sekunde.





Initialisieren des Analog-Digital-Wandlers

Name	Address	Value	Bits
<small>ADC DAC</small> ADCSRA	0x7A	0x96	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<small>ADC DAC</small> ADEN	0x01	0x01	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ADC einschalten
<small>ADC DAC</small> ADSC	0x00	0x00	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<small>ADC DAC</small> ADATE	0x00	0x00	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<small>ADC DAC</small> ADIF	0x01	0x01	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Ereignisbit
<small>ADC DAC</small> ADIE	0x00	0x00	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<small>ADC DAC</small> ADPS	0x06	0x06	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> CPU-Takt / 64
<small>ADC DAC</small> ADCSRB	0x7B	0x00	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<small>ADC DAC</small> ADMUX	0x7C	0x40	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
REFS	0x01	0x01	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V_Ref = AVCC
ADLAR	0x00	0x00	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<small>ADC DAC</small> MUX	0x00	0x00	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Kanal 0

- Der Sensor ist an ADC0 (PF0) (Kanal 0 auswählen).



2. Infrarot-Abstandssensor

- Der Wandlertakt als CPU-Takt durch Teilerwert

$$f_{\text{ADC}} = \frac{f_{\text{CPU}}}{64} \approx 117 \text{ kHz}$$

soll im Bereich von 50 kHz bis 200 kHz liegen. Eine ADC-Wandlung dauert 13 Wandlertakte.

- Zur Vermeidung von Spannungsverfälschungen ist PF0 als Eingang mit Ausgabewert 0 (Pullup aus) einzustellen.

```
void adc_init(){
    ADMUX = 0b01000000; //Kanal 0 mit AREF = AVCC
           //Einschalten mit Wandlungstakteiler 64
    ADCSRA = (1<<ADEN)|(0b110<<ADPS0);
    DDRF  &= ~0x01;      //Sensoreingang als Eingang
    PORTF &= ~0x01;      //Ausgabewert 0 (hochohmig)
}
```

- Wandlungsstart durch Setzen von ADSC in ADCSRA.
- Bei Wandlungsabschluss setzt der Prozessor ADIF=1.
- ADIF wird durch Schreiben einer Eins gelöscht.



Sensorwert als Vielfaches von $10\mu\text{V}$

322 Wandlerergebnisse addierten²:

$$m = 322 \cdot 1024 \cdot \frac{U_{\text{sens}}}{3,3\text{V}} = U_{\text{sens}} \cdot 10^5\text{V}^{-1}$$

```
uint32_t get_adc(){
  uint16_t i;
  uint32_t wert=0;           //Wert löschen
  for (i=0;i<322;i++){
    ADCSRA |= (1<<ADSC);    //Wandlung starten
    while(!(ADCSRA & (1<<ADIF))); //auf ADIF warten
    ADCSRA |= (1<<ADIF);    //ADIF löschen
    wert += ADC;           //Ergebnisse addieren
  }
  return wert;
}
```

²Zunahmen der Standardabweisung: $\sqrt{322} \approx 18$. Verringert den relativen zufälligen Messfehler auf $\frac{\sqrt{322}}{322} \approx 6\%$ gegenüber »ohne Summation«.

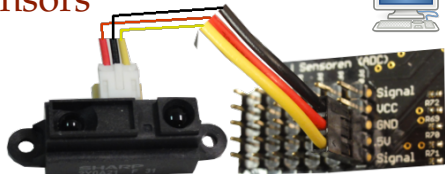


Testrahmen für den Sensor mit LCD-Ausgabe

```
#include <avr/io.h>
#include "comir_lcd.h"
#include <avr/interrupt.h>
#define INITSTR "U_abst:.....µV_Ct:....."
#define LCP_UABST 8 //Sensorspannung
#define LCP_Ct 19 //Zähler
int main(void){
    adc_init(); //ADC Kanal 0 initialisieren
    lcd_init((uint8_t*)INITSTR);
    uint32_t dat, Ct=0; //Messwert und Datenzähler
    sei();
    while(1) {
        dat = get_adc();
        lcd_disp_val(dat/100, LCP_UABST, 4);
        lcd_disp_val(Ct++,LCP_Ct, 6);
    }
}
```



Test des IR-Abstandssensors



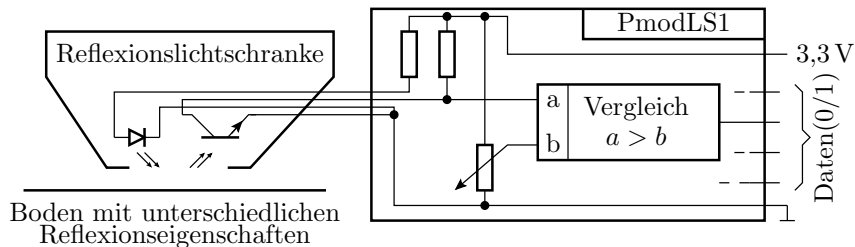
- LCD PmodCLS an JD oben.
- Sharp-Sensor an den ADC-Stecker, ADC0 (PF0), 5 V-Seite.
- Projekt »F13-test_sharpsens\sharpsens« öffnen, übersetzen, starten.
- Hand im Abstand von 5 cm bis 50 cm vor dem Sensor bewegen.
Bei ca. 7 cm Spannungmaximum $> 3 \text{ V}$.





Linienverfolgung

Bodensensor



Der Bodensensor besteht aus vier Reflexionslichtschranken. Je näher oder besser reflektierend der Boden ist, desto stärker ist das Ausgangssignal des Fototransistors. Auf dem Liniensensormodul PmodLS1 befinden sich 4 Schwellwertschalter zur Wandlung in 1 für nahes Objekt und 0 sonst und 4 LEDs zur Anzeige des Wandlerergebnisses. Die Schaltschwelle wird mit dem Potentiometer auf dem PmodLS1 eingestellt.

Anschluss der Sensoren



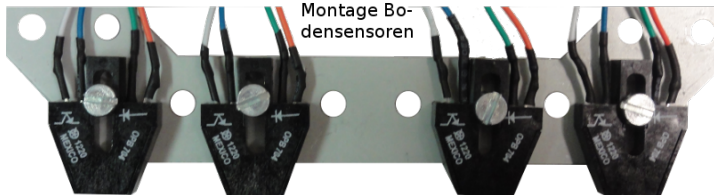
- vier Sensoren an PmodLS1 stecken.
- PmodLS1 an Stecker JK oben.
- Sensortest ohne Testprogramm mit den LEDs auf dem PmodLS1

Anschluss der Bodensensoren über PmodLS1 an JK

Einstellung Ansprechschwelle



Montage Bodensensoren





Aufgaben

Aufgabe 13.1: Joystick-Treiber



Entwickeln Sie einen Joystick-Treiber:

- Der Treiber soll die Joystick-Daten mit einer ISR ≥ 20 mal je Sekunde auslesen und die LEDs aktualisieren.
- Die nachfolgenden Zugriffsfunktionen sollen nicht blockierend die zuletzt vom Joystick gelesenen Werte zurückgeben:

```
uint16_t js_get_x();      //x-Wert abholen
uint16_t js_get_y();      //y-Wert abholen
uint8_t  js_get_btn();    //Tasterwerte abholen
void js_set_led(uint8_t); //LED-Werte vorgeben
```

Erweitern Sie den Testrahmen auf Folie 11 so, dass alle Joystick-Treiberfunktionen eingebunden sind.



Aufgabe 13.2: IR-Abstandssensortreiber



Entwickeln Sie einen Treiber für den IR-Abstandssensor:

- Der ADC soll ständig Messen und die ADC-ISR soll immer 322 Messwerte summieren und die Summe abrufbereit halten.
- Funktion zur Ausgabe des Sensorsignal in mV:

```
uint16_t ir_get_abst_mV();
```

Testen Sie den Treiber mit dem Testrahmen auf Folie 19.

Aufgabe 13.3: Abstand in mm



- Untersuchen Sie, ob der Zusammenhang zwischen dem Abstand a und der Spannung U_{sens} durch eine Funktion

$$a = \frac{c_1}{U_{\text{sens}} - c_2}$$

(c_1, c_2 – empirisch zu bestimmende Konstanten) oder stückweise linear angenähert werden kann.

- Entwickeln Sie einen Algorithmus, der die gemessene Spannung in einen Abstand in mm umrechnet.
- Erweitern Sie den Treiber für den IR-Abstandssensor um eine Funktion zur Rückgabe des Sensorabstands:

```
uint16_t ir_get_abst_mm();
```

- Erweitern Sie den Testrahmen um eine Anzeige des Abstands.

Aufgabe 13.4: Linienverfolgung



- Überlegen Sie sich, wie die Bodensensoren zweckmäßig an das Fahrzeug angebaut werden müssen, um Linien auf dem Boden zu verfolgen.
- Testen Sie für unterschiedliche Linien (auf Papier, Fliesenfugen auf dem Flur, ...) ob der Sensor diese Linien erkennt und verfolgen kann.
- Entwickeln Sie eine Idee für einen Algorithmus für die Linienverfolgung und skizzieren Sie ihn als Programmablauf.
- Programmieren und testen Sie ihren Algorithmus unter Nutzung des Motortreibers und anderer Treiber.