

| Name | Matrikel | Anmerkungen |
|-------|---------------------|--------------|
| | | |
| Datum | Raster (z.B. Mo-2x) | Testat/Datum |
| | | |

Legende: V: Vorbereitung, D: Durchführung, P: Protokoll/Dokumentation, T: Testat

Praktikum 5

Lernziele: Photodiode, Lichtsensor, Komparator (TIA), Pin-Konfiguration, Bit-Manipulation. I2C am Beispiel I/O-Expander mit LED-Ansteuerung, Bitoperationen, Recherche in technischen Dokumentationen.

Für die Bearbeitung der Aufgaben ist ein Termin angesetzt. **Eine gute Vorbereitung ist unbedingt erforderlich! Stellen Sie Fragen in der Vorlesung!**

1. Die Port-Belegung (port.pin(s)) ist funktionsfähig und sollte nicht verändert werden.

Bearbeiten Sie zur **Vorbereitung, wird verlangt**, die folgenden Fragen:

- a. **Funktion** der Photodiode, Komparator als Trans-Impedanz-Konverter (TIA). Wie ermittelt man aus der Dokumentation [2] die Anode und Kathode (cathode) am Bauteil?
Menschen können Licht der Wellenlängen 400nm - 700nm wahrnehmen. Ist die Photodiode für Lichtmessung geeignet?
- b. **ADC**, Dokumentation und benötigte Funktionen der API recherchieren.
- c. **C-Code** zum Auslesen des ADC und Verarbeitung der Werte vorbereiten
- d. **Grundfunktion** des I2C **PCF8574** erläutern können, [3] und/oder [4]
- e. Bestimmen Sie die **Basisadresse** des **PCF8574**, [3], [4]
- f. Welche Subadressen sind möglich (werden im Praktikum durch Jumper eingestellt)
- g. Elektrische Pin- und Port-**Konfiguration** für den I2C-Master SDA und SCL vorschlagen und begründen.

2. Machen Sie sich mit dem I2C 8-bit I/O-Expander vertraut. Suchen Sie in [3] und/oder [4] die für Sie und die Aufgabe relevanten Informationen.
 - a. An den 8 I/O-Pins des Expanders ist jeweils eine LED angeschlossen, welche active-low leuchtet.
 - b. Wie müssen die Pins SDA und SCL elektrisch konfiguriert werden, damit die Kommunikation funktionieren kann?
 - c. Schließen Sie SDA, SCL, PWR und GND korrekt am FreeSoC2 an *und lassen Sie b) und c) vom Betreuer kontrollieren*.
 - d. Definieren Sie die Device-Adresse I2C_PCF8574_BASE_ADDR siehe [3], [4]
 - e. Definieren Sie die Sub-Adresse I2C_PCF8574_DEV_ADDR Ihres I/O-Expanders. *Betrachten Sie dazu die Erläuterungen am Ende des Dokuments.*
 - f. Wie wird daraus die korrekte vollständige Adresse I2C_PCF8574_ADDR bestimmt?
 - g. Entfernen Sie den Kommentar vor #define I2C_SIMPLE_BLINK, wenn die Adresse stimmt, dann blinkt's!
 - h. *Freiwillig*: wie könnte man die Adresse(n) aller am I2C-Bus angeschlossenen Slaves ermitteln?

3. *Lesen Sie den ADC mit Ihrem vorbereiteten Programm aus.* Nutzen Sie dazu das Projekt-Template Termin 5: **MPS_WS22_Prakt_5**, [1].

- a. *Lassen Sie vorher das Traffic-Light Shield vom Betreuer entfernen, **nicht selbst!***
 - b. Anschluss der Photodiode, **nicht selbst!**
 - c. Entfernen Sie nach Implementierung den Kommentar vor `#define READ_ADC`
 - d. Zeigen Sie kontinuierlich Werte aus dem ADC an
 4. Erweitern/ändern Sie den I2C-Programmteil im Folgenden ab:
 - a. Senden Sie an den I/O-Expander nacheinander ein Byte welches dem Wert aus dem ADC entspricht, also der Helligkeit. (Achtung: ADC hat 12 Bit, I/O-Expander 8 Bit! Geeignete Umrechnung vorbereiten!) Frage: LEDs aktive high oder low???
 - b. *Freiwillig*: Die Anzeige aus a) ist binär, und flackert. Schöner wäre eine Balkenanzeige mit 8-9 Stufen die mit der Helligkeit an der Photodiode wächst. (geeignete Bit-Operationen!)
 5. Fragen für's Protokoll:
 - a. Erklären Sie den 2. Parameter in `I2C_MasterSendStart(addr, ?);`
 - b. Könnte man neben dem I/O-Expander noch weitere I2C-Geräte anschließen?
 - c. *Freiwillig*: Warum würde der I/O-Expander mit active-high LED's nicht funktionieren? Siehe [3] oder [4]
 6. Kommentieren Sie – gegebenenfalls nach dem Praktikum zu Hause – Ihren Code. Archivieren Sie Ihr Projekt zu Ihrem späteren Gebrauch.
 7. Schreiben Sie ein kurzes Protokoll (Namen/Matrikel!) und fassen Sie Ihre Erkenntnisse zusammen und fügen Sie die jeweiligen Codeabschnitte hinzu. Laden Sie Ihren Code⁺⁾ als *.zip und Ihr Protokoll als *.pdf in Moodle hoch bis **maximal** 1 Woche nach dem Termin.
-

Bereiten Sie sich auf den Praktikumstermin 5 so vor, dass die Zeit zur Durchführung während des Termins sicher ausreicht. (*Lesen Sie bitte die Aufgabenstellung und Begleitmaterial vor dem Praktikumstermin.*)

Die Themen und Erkenntnisse aus diesem Praktikum werden im Lauf des Semesters weiter benötigt! Arbeiten und dokumentieren Sie Ihre Ergebnisse sorgfältig!

Die Teilaufgaben sind schriftlich zu dokumentieren. Laden Sie Ihr Protokoll wie beschrieben zu Termins 5 hoch.

Viel Spaß und Erfolg

⁺⁾ im *.zip bitte **nur** den Ordner mit *.c, *.h und gegebenenfalls Projektdatei.

[1] Projekt-Template MPS_W22_Prakt_5.cydsn.zip auf Moodle

[2] SFH203, <https://www.tme.eu/Document/5019a3ce89961c0364129811a6458ee3/SFH203P-DTE.pdf>

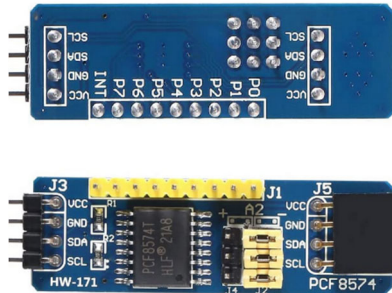
[3] PCF8574; PCF8574A Remote 8-bit I/O expander for I2C-bus with interrupt
https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/PCF8574_PCF8574A.pdf

[4] PCF8574 Remote 8-Bit I/O Expander for I2C Bus
<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/pcf8574.pdf>

[5] Anhang: letzte Seite

Anhang:

I/O-Expander



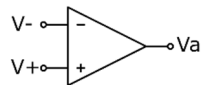
Die Pins des I/O-Expander-Boards sind wie im Bild belegt. Das LED-Shield (LED's active low) ist bereits korrekt aufgesteckt, die Pins für die Subadressen dort nach oben herausgeführt: unten A0, in der Mitte A1 und oben A2. links + (high), rechts – (low) Für die Bestimmung der Subadresse siehe [3] oder [4]

Lichtsensord (Erläuterung der Funktion)

Die Schaltung im TopDesign des PSoC-Designers ist fertig und braucht/soll nicht verändert werden, außer Sie wollen die Empfindlichkeit auf Licht durch den Wert R_f verändern.



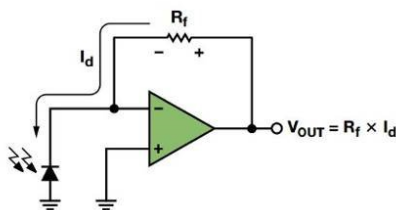
Photodioden (PD) erzeugen bei Bestrahlung mit Licht einen Sperrstrom. Dieser fließt in Sperrrichtung (von Kathode zu Anode) und ist bei Kurzschluss weitgehend proportional zur Beleuchtungsstärke.



Operationsverstärker (OpV) verstärken die Differenzspannung an den Eingängen ($V+$, $V-$) am Ausgang U_a , wobei der Verstärkungsfaktor f sehr groß ist. (in der Vorlesung haben wir bereits den Komparator als Sonderfall des OpV kennen gelernt)

$$U_a = f * [V+ - (V-)]$$

Mit der Schaltung des **Trans-Impedanz-Verstärkers (TIA)** kann der von der PD erzeugte Strom direkt in eine Spannung umgewandelt werden:



Der Eingang $v+$ liegt auf Masse (0V). Erzeugt die PD bei Beleuchtung nun einen Strom I_d , wird der $v-$ Eingang negativ, was eine positive Spannung am Ausgang v_{out} zur Folge hat. Die Spannung steigt (sehr schnell) so lange an, bis die Differenz $[V+ - (V-)] = 0$ ist, und damit die Spannung an $v-$ gleich der von $v+$ ist, nämlich 0V.

Durch den Rückkopplungswiderstand fließt der gleich Strom I_d wie durch die Photodiode, und der ist proportional zur Beleuchtung. v_{out} ist damit $R_f * I_d$.

Damit wird der Strom der Photodiode direkt in eine Spannung verwandelt, die mit dem ADC im Mikrocontroller konvertiert wird.

Die Photodiode muss vom Betreuer angeschlossen werden bevor die Spannung an das Board (USB) angelegt wird!