

Technische Hochschule Nürnberg

Projektarbeit Bierautomat

Hardwaredokumentation

Projektmitglieder:

Long Hoang

Fabian Kleinlein

Michael Sturm

Sebastian Hampl

Projektbetreuung:

Prof. Dr. Hritam Dutta

Dipl. Ing Holger Lenkowski

Inhaltsverzeichnis

I. ESP-Trägerplatine	3
I.1 Hardwarekonzept	3
I.2 Verwendete Bauteile.....	5
I.3 Schaltplan	6
I.4 Layout / Platine	9
II. Schieberegister-Platine	11
II.1 Hardwarekonzept	11
II.2 Verwendete Bauteile.....	12
II.3 Schaltplan	13
II.4 Layout / Platine.....	17

I. ESP-Trägerplatine

I.1 Hardwarekonzept

Die Platine erfüllt den Zweck alle verwendeten Peripheriegeräte mit dem verwendeten Microcontroller auf eine Saubere und verlässliche Art zu verbinden und gleichzeitig Wartbarkeit und Handling einfach zu halten.

Zentraler Bestandteil des gesamten Systems ist ein ESP32, welcher als Microcontroller die gesamte Auswertung der Daten aller Peripheriegeräte handhabt. Zur einfachen Wartbarkeit sind auf der Platine Stiftleisten vorgesehen, über welche der ESP32 aufgesteckt werden kann. Das hat den Grund, dass im Falle eines Defekts der ESP sehr einfach ausgetauscht werden kann oder im Falle von Anpassungen der ESP einfach entfernt werden kann, ohne die gesamte Platine ausbauen zu müssen.

Die verwendeten Peripheriegeräte sind ein RFID-Reader, ein elektronisches Schloss, sowie ein Display und der Automatenaufbau im Kühlschrank

Der RFID-Reader wird zur Identifizierung der Nutzer verwendet. Er ist per SPI an den Microcontroller angeschlossen. Auf der Platine ist für den RFID-Reader ein Stecker vorgesehen, welcher nur mit den Signalen des RFID-Readers belegt ist. Zum einen vereinfacht und verschönert dieser Stecker die Verkabelung enorm, zum anderen wird auch hier die Modularität bewahrt, welche es möglich macht, den RFID-Reader unabhängig vom ESP zu tauschen, zu testen oder zu entnehmen.

Das elektronische Schloss besteht aus zwei Komponenten, Zum einen aus einem Relais, welches bei Bestromung einen Stift anzieht, welcher vorher die Türöffnung mechanisch blockiert und zum anderen einem induktiven Sensor, welcher durch einen Magneten am Ende des Stifts erkennt, ob die Türe augenblicklich geschlossen oder geöffnet ist. Für diesen Sensor ist ein eigener Stecker auf der Platine vorgesehen, um die Verwendung eines verbesserten Schlosses zu ermöglichen und einen Umbau zu erleichtern.

Ein weiterer Stecker ist für den Anschluss des im Kühlschrank platzierten Automaten vorgesehen. Er ermöglicht eine saubere Verkabelung des

Automaten, sowie unabhängiges Testen. Außerdem wird das System insofern modular, das Aufbauten in verschiedenen Größen sehr einfach getauscht werden können, sollte beispielsweise der Kühlschrank gegen einen kleineren ausgetauscht werden.

Ein weiterer Stecker versorgt die Platine mit Spannung, dieser ist vor allem für einfachen Ausbau der Platine vorgesehen, ohne sich über Verkabelung sorgen machen zu müssen, sowie eine Sichere Spannungsversorgung, welche wenig Störanfällig durch Mechanische Belastung ist.

Der letzte Stecker auf der Platine bietet eine Schnittstelle zu allen unbenutzten Pins des ESP und führt alle verwendeten Spannungspegel nach außen. Das ist vor allem für spätere Erweiterungen sinnvoll, welche nur Änderungen in der Software aber nicht in der Hardware nach sich ziehen.

Eine dieser Erweiterungen stellt das verwendete Display dar. Es fungiert zur Darstellung wichtiger Informationen für den Anwender. Dieses ist über die unbenutzten nach außen geführten Pins an den ESP angeschlossen. Durch diese Modularität lässt es sich sehr leicht gegen ein größeres oder besser auflösendes Display austauschen ohne Änderungen an der Hardware vornehmen zu müssen. Auch Verwendung eines Touchdisplays ist denkbar.

I.2 Verwendete Bauteile

Samtec IPL1-102-01-L-S-RA-K ([link](#))

Bei dem Stecker handelt es sich um einen 2poligen gewinkelten Stecker.
Auf der Platine wird er für X_Door und X_Power eingesetzt.

Samtec IPL1-108-01-L-S-K ([link](#))

Bei dem Stecker handelt es sich um einen 8poligen gerade Stecker.
Auf der Platine wird er für X_SR und X_RFID eingesetzt.

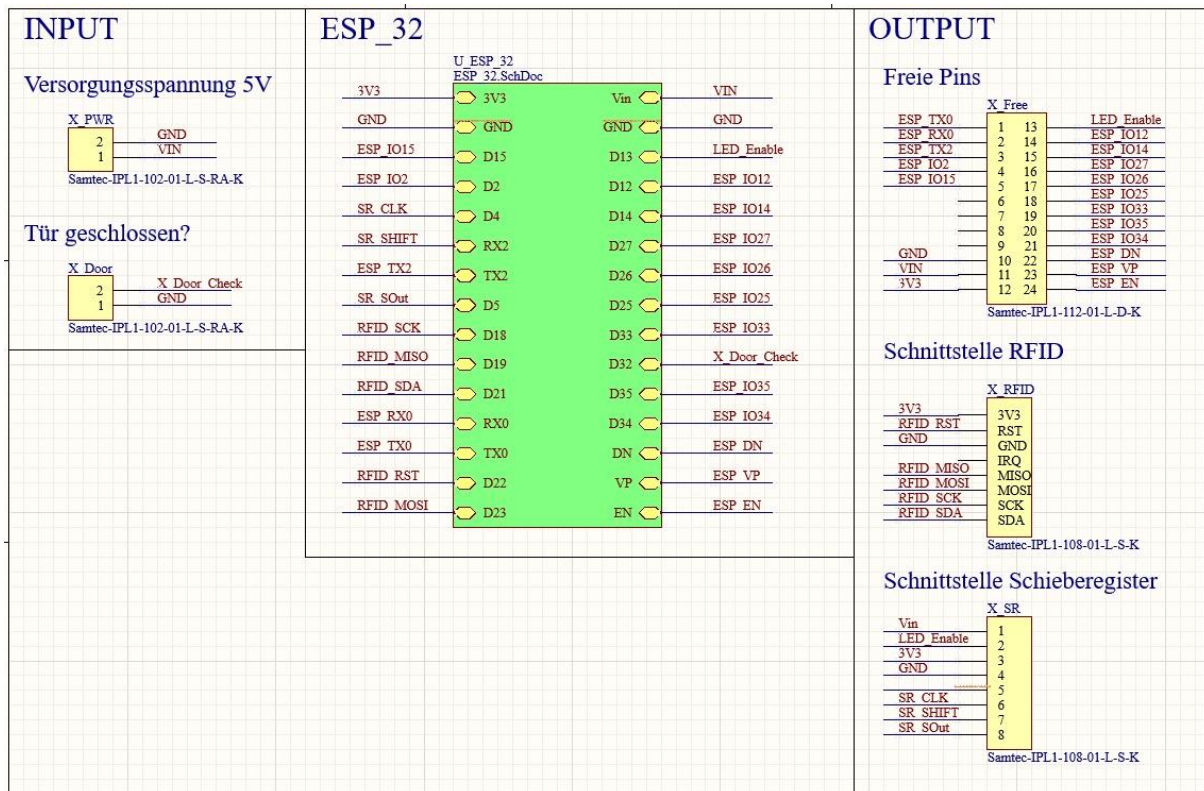
Samtec IPL1-112-01-L-D-K ([link](#))

Bei dem Stecker handelt es sich um einen 24poligen gerade Stecker.
Auf der Platine wird er für X_Free eingesetzt.

Würth 61301611821 ([link](#))

Bei dem Produkt handelt es sich um eine 16polige Steckleiste. Sie wird auf der Platine zweimal verbaut, um den ESP32 aufstecken zu können.

I.3 Schaltplan



01 – 5V Versorgungsspannung

5V: Hauptversorgungsspannung für das gesamte System

GND: Ground für das gesamte System



02 – Türschlusssensor

X_Door_Check: Sensor Signal, welches angibt, ob die Tür geschlossen ist.

GND: Ground

03 – ESP32

Beschaltung des ESP32

VIN: 5V Spannungsversorgung

3V3: Spannungsversorgung für alle restlichen Bauteile

GND: Ground

ESP_32



Schieberegister-Pins:

D4: Schieberegister Clock-Signal

RX2: Schieberegister Shift-Signal

D5: Schieberegister Serial-Out Signal, zum einlesen des Sensordaten

D13: LED-Enable Signal zum Anschalten der LEDs im Aufbau

RFID-Signal-Pins

D18: SPI-SCK Pin für RFID-Daten

D21: SPI-SDA Pin für RFID-Daten

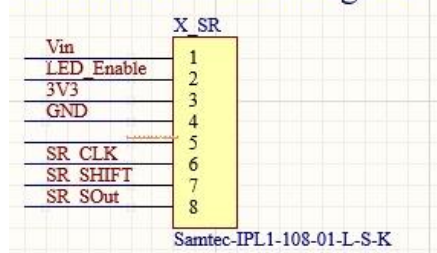
D23: SPI-MOSI Pin für RFID-Daten

D19: SPI-MISO Pin für RFID-Daten

D22: SPI-Reset Pin für RFID-Daten

Unbenutzte Pins: D15, D4, TX2, RX0, TX0, D12, D14, D27, D26, D25, D33, D35, D34, DN, VP, EN

Schnittstelle Schieberegister



Schnittstelle mit allen Signalen für die Schieberegisterplatinen im Kühltank.

VIN: 5V zur Versorgung der LEDs

LED Enable: Signal zum anschalten der LEDs

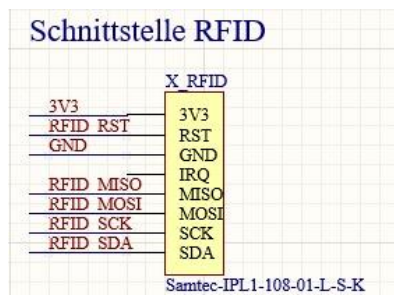
3V3: 3.3V Versorgung für alle ICs

GND: Ground

SR_CLK: Clock-Signal für die Schieberegister

SR_SHIFT: Shiftbefehl, zum Seriellen durchschieben der Daten

SR_SOut: Serieller Einlesepin für alle Daten aus den Schieberegistern



Schnittstelle mit allen Signalen für den RFID-Reader am Kühlschrank.

3V3: 3.3V Versorgung für den RFID-Reader

RFID_RST: Resetsignal der SPI-Kommunikation

GND: Ground

RFID_MISO: MISO-Signal der SPI-Kommunikation

RFID_MOSI: MOSI-Signal der SPI-Kommunikation

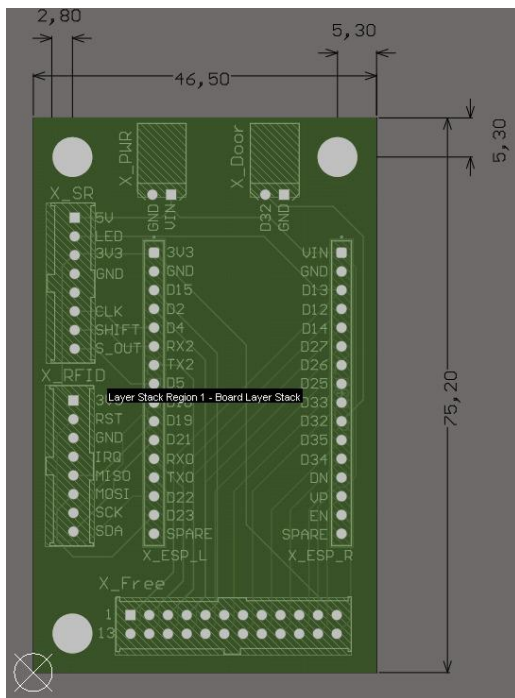
RFID_SCK: SCK-Signal der SPI-Kommunikation

RFID_SDA: SDA-Signal der SPI-Kommunikation



Stecker, der alle unbenutzten Pins des ESP32 nach Außen führt, um sie später für Erweiterungen nutzen zu können. Zusätzlich werden auf dem Stecker noch 5V, 3.3V und GND zur Verfügung gestellt

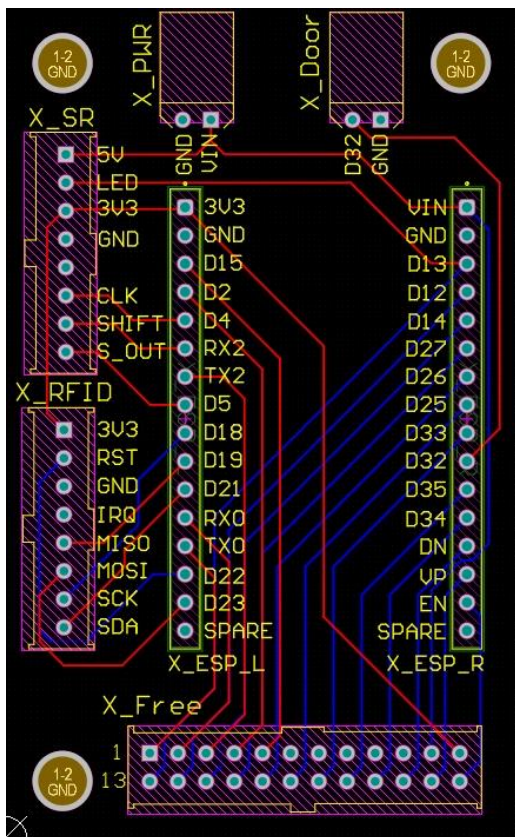
I.4 Layout / Platine



01 – Board Dimension

Bemaßung der für den Einbau relevanten Punkte.

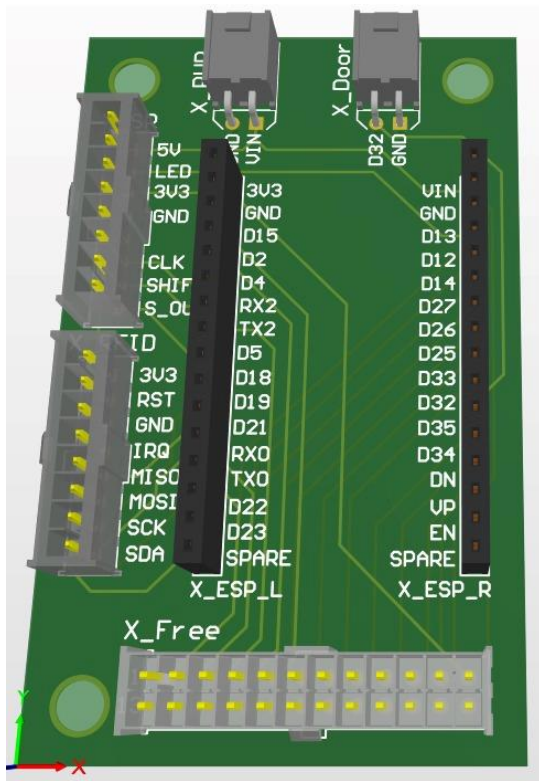
Für restliche Bemaßung sollte direkt in Altium gemessen werden.



02 – Routing / Layout

- Top Layer Routing
- Bottom Layer Routing

Zum Nachvollziehen des Routings sollte das Projekt in Altium geöffnet werden



03 – 3D-Ansicht

II. Schieberegister-Platine

II.1 Hardwarekonzept

Das Sensorik Konzept umfasst eine LED pro Fach und einen ihr gegenüberliegenden veränderbaren Photowiderstand. Dieser Widerstand verändert seinen Wert abhängig von der Helligkeit. Die Funktionsweise des Aufbaus ist, dass der Widerstand geringer beleuchtet wird, wenn eine volle Flasche in dem Fach liegt und das Licht der LED Blockiert, als wenn das Fach leer ist oder eine leere Flasche das Licht nahezu ungehindert durch lässt.

Diese Spannungsdifferenz wird mit einer Referenzspannung als Vergleich von einem Komparator ausgewertet. Dieser gibt ein Signal aus, sollte die Referenzspannung größer sein als die Spannung, welche über einen Spannungsteiler mit dem Photoresistor als variablen Widerstand abfällt. Wenn die Referenzspannung größer ist als die Spannung am Spannungsteiler ist dies gleichzusetzen mit einer Flasche im Fach und einer abgedunkelten LED.

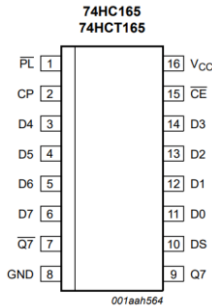
Dieses Signal, welches der Komparator pro ausgewerteten Widerstand ausgibt, liegt an einem Schieberegister an. Dieses erkennt eine logische 1, wenn eine Flasche im Fach liegt. Das Schieberegister verfügt über 8 Datenpins, somit kann eine Platine 8 Fächer einlesen. Diese 8 Sensoren werden parallel eingelesen und als Serie von Bits seriell weitergegeben.

Damit es möglich ist, mehr als 8 Sensoren einzulesen, werden die Schieberegister als Daisy Chain aneinandergehängt und die Daten seriell von Schieberegister zu Schieberegister weitergereicht, bis sie vom ESP eingelesen wurden. Aufgrund dessen um die Platinen klein zu halten und das System beliebig erweiterbar zu machen, wurde diese Lösung einer Platine mit mehreren Schieberegistern auf derselben Platine vorgezogen.

II.2 Verwendete Bauteile

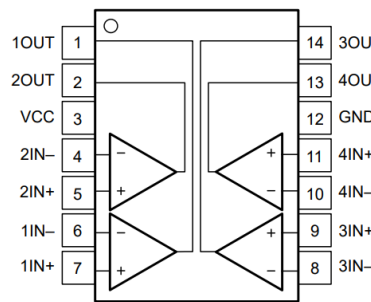
Schieberegister - Nexperia 74HC165D, 653 ([link](#))

Das Schieberegister liest 8 Bits parallel ein und gibt sie seriell über eine Schnittstelle weiter. Ein Schieberegister kann somit 8 Sensoren, sowie die seriellen Daten des vorherigen Schieberegisters einlesen.

	Symbol	Pin	Description
	PL	1	asynchronous parallel load input (active LOW)
CP	2		clock input (LOW-to-HIGH edge-triggered)
Q7	7		complementary output from the last stage
GND	8		ground (0 V)
Q7	9		serial output from the last stage
DS	10		serial data input
D0 to D7	11, 12, 13, 14, 3, 4, 5, 6		parallel data inputs (also referred to as Dn)
CE	15		clock enable input (active LOW)
VCC	16		positive supply voltage

Komparator – TI LM2901PWR ([link](#))

In dem IC sind 4 Komparatoren in einem Gehäuse verbaut. Die Komparatoren lesen die Sensordaten ein und geben ein Binärwert an das Schieberegister.

	OUT1 ⁽¹⁾	1	16	Output	Output pin of the comparator 2
	OUT2 ⁽¹⁾	2	15	Output	Output pin of the comparator 1
VCC	3	1	—	Positive supply	
IN2- ⁽¹⁾	4	5	Input	Negative input pin of the comparator 1	
IN2+ ⁽¹⁾	5	6	Input	Positive input pin of the comparator 1	
IN1- ⁽¹⁾	6	2	Input	Negative input pin of the comparator 2	
IN1+ ⁽¹⁾	7	4	Input	Positive input pin of the comparator 2	
IN3- ⁽¹⁾	8	7	Input	Negative input pin of the comparator 3	
IN3+ ⁽¹⁾	9	8	Input	Positive input pin of the comparator 3	
IN4- ⁽¹⁾	10	9	Input	Negative input pin of the comparator 4	
IN4+ ⁽¹⁾	11	11	Input	Positive input pin of the comparator 4	
GND	12	12	—	Negative supply	
OUT4	13	13	Output	Output pin of the comparator 4	
OUT3	14	14	Output	Output pin of the comparator 3	

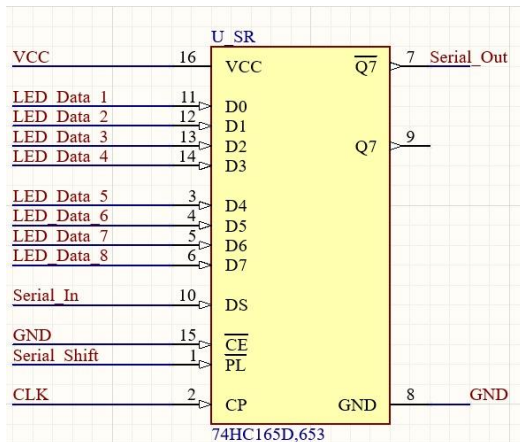
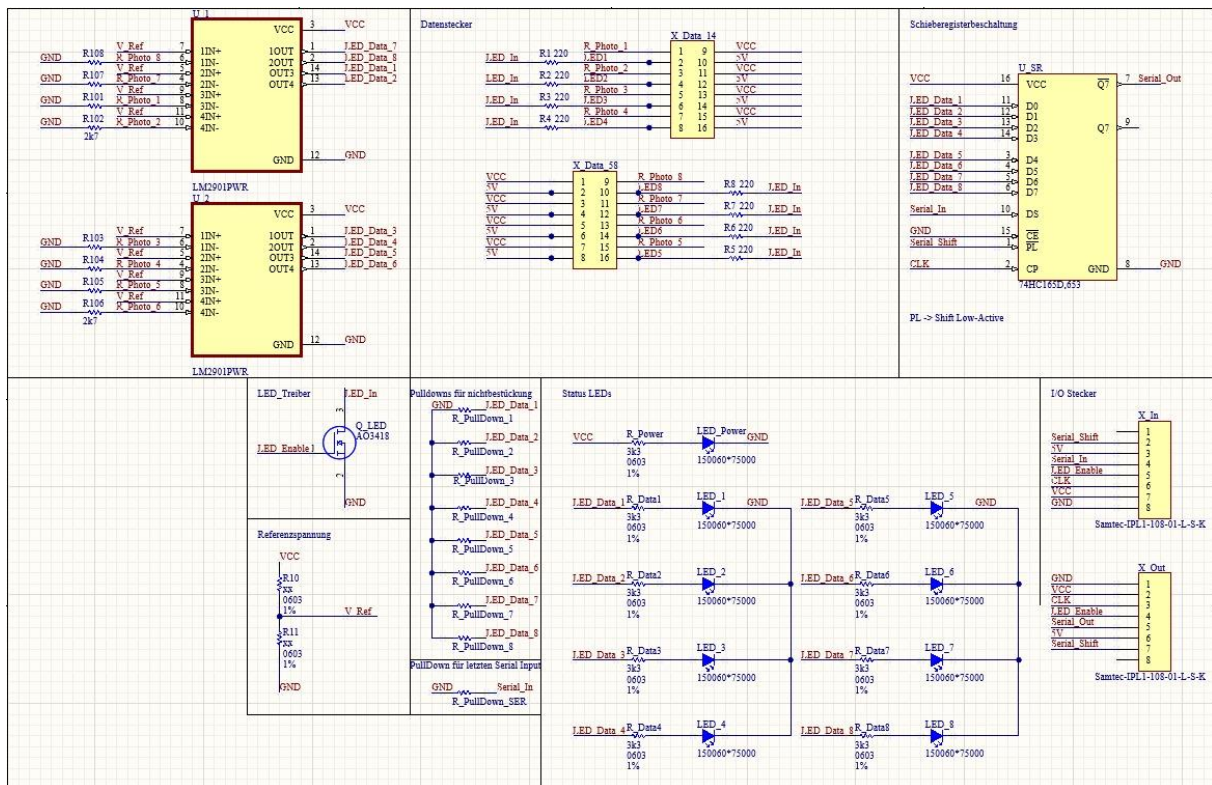
Stecker – Samtec IPL1-108-01-L-D-K ([link](#))

Bei dem Stecker handelt es sich um einen 16poligen, 2-reihigen gerade Stecker. Auf der Platine wird er für X_Data14 und X_Data58 eingesetzt.

Samtec IPL1-108-01-L-S-K ([link](#))

Bei dem Stecker handelt es sich um einen 8poligen gerade Stecker. Auf der Platine wird er für X_In und X_Out eingesetzt.

II.3 Schaltplan

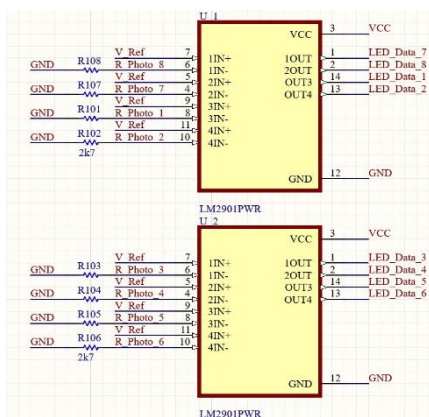


01 – Schieberegisterbeschaltung

CE (Clock enable) liegt dauerhaft auf GND, da für unseren Anwendungsfall kein Clock enable benötigt wird. Das Clock Signal liegt nur bei Bedarf an

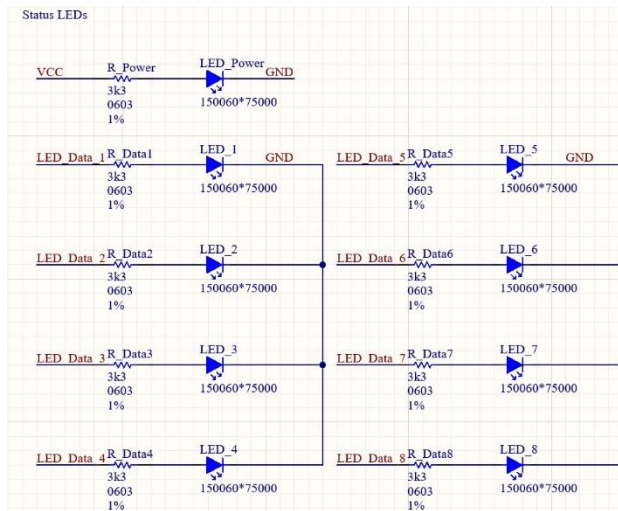
Als Serial Out wird der Invertierte Ausgang genutzt

SerialShift reagiert hierbei auf eine negative Signalfanke



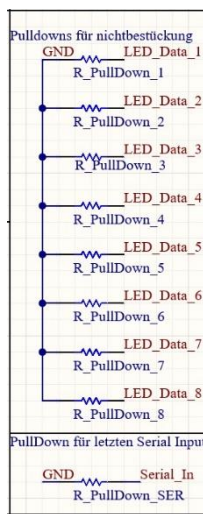
02 - Komparatorbeschaltung

Die Widerstände R101 bis R108 bilden einen Spannungsteiler mit dem Photo-Resistor. Dieser Wert dient als negativer Komparatoreingang und wird mit der Referenzspannung verglichen



03 – Status LEDs

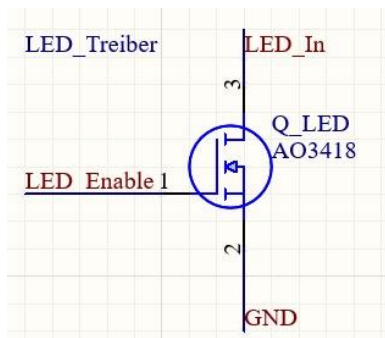
Die LEDs dienen als Status-LEDs, um den Zustand des jeweiligen Fachs zu indizieren, ohne auf die Datenbank und den ESP angewiesen zu sein. Die Vorwiderstände der LED sind auf 1mA ausgelegt. Die Power_LED dient als Indikator, um Fehler in der Daisychain der Platinen zügig und einfach zu erkennen.



04 – Pulldown Widerstände

Für jeden Schieberegistereingang gibt es einen Pulldown Widerstand. Dieser wird nur bestückt, wenn die Eingänge des Schieberegisters ungenutzt bleiben, da zum Beispiel weniger als 8 Sensoren an einer Platine angeschlossen sind. Dies dient dazu keine undefinierten Werte im Schieberegister einzulesen.

Zudem gibt es einen Pulldown Widerstand für den Serial Input. Dieser wird lediglich auf der ersten Platine der Kette bestückt, um das Einlesen zufälliger Werte zu vermeiden



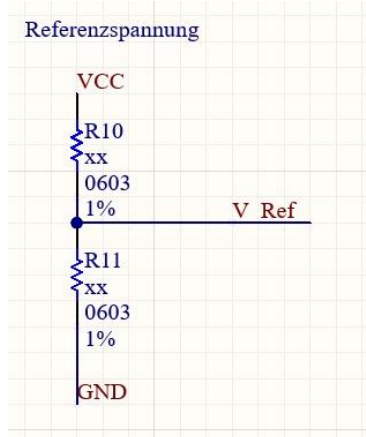
05 – LED Treiber

LED-Treiber Schaltung mit N-Kanal MosFET.

Ziel ist, die LEDs nur bei Bedarf einzuschalten, um dauerhaften hohen Stromverbrauch zu vermeiden. Treiber wird benötigt, da der ESP keine 8 LEDs treiben kann.

Der Mosfet agiert dabei als Low-Side Switch am negativen Pin der Diode

06 – Referenzspannung



Die Referenzspannung wird mit Hilfe eines Spannungsteiler festgelegt und dient als Referenzspannung für jeden Komparator. Ziel ist es den Unterschied zwischen der Hellsten Flüssigkeit und einem leeren Fach zuverlässig zu erkennen. Dafür wurden Spannungswerte am Komparator für jedes Getränk ermittelt. Der höchste Spannungswert (höchste Helligkeit) wurde bei Fanta gemessen:

$$U_{Fanta} = 1,40 \text{ V}$$

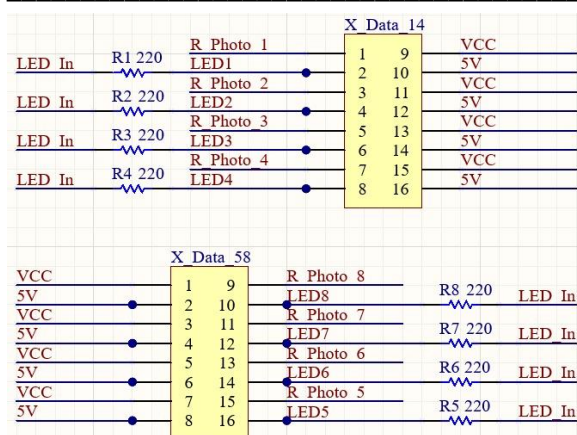
Für keine Flasche wurde dieser Wert gemessen:

$$U_{Leer} = 1,90 \text{ V}$$

Damit ergibt sich für die Referenzspannung:

$$U_{Ref} = \frac{1,40\text{V} + 1,90\text{V}}{2} = 1,65 \text{ V}$$

R1 und R2 werden damit folgendermaßen festgelegt: $\frac{1,65\text{V}}{3,30\text{V}} = 0,5 \rightarrow R1 = R2 = 10\text{k}\Omega$

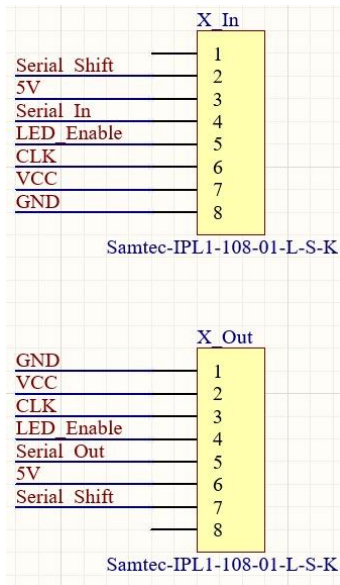


07 – Datenstecker

Jeder Stecker versorgt 4 Signalkpaare aus LED und zugehörigem Photoresistor. X_Data14 beinhaltet die Signale der Sensoren 1 bis 4, X_Data58 die Signale der Sensoren 5 bis 8. VCC ist das 3.3V Signal, welches am Widerstand anliegt. Über R_Photo_X wird der Spannungsteiler gebildet, welcher am Komparator

ausgebildet wird. 5V ist die Versorgungsspannung der LED, das Signal liegt an der Anode der Diode an. LED_X ist die Kathode der Diode, welche an den Vorwiderstand und schließlich an den Low-Side-Switch als LED-Treiber angeschlossen ist. Der Vorwiderstand ist auf 220Ω ausgelegt, sodass 10mA über die LED fließen.

08 – Input / Outputstecker



Die Stecker sind nahezu identisch belegt, lediglich gespiegelt, damit es möglich ist, die Platinen mittels Flachbandkabel oder parallel liegender Kabel zu verbinden.

Serial_Shift: Signal, um alle parallel eingelesenen Bits seriell zum Microcontroller zu schieben.

5V: 5V Versorgungsspannung für die LEDs

LED_Enable: Enablesignal für die LEDs, damit diese nur bei Bedarf bestromt werden.

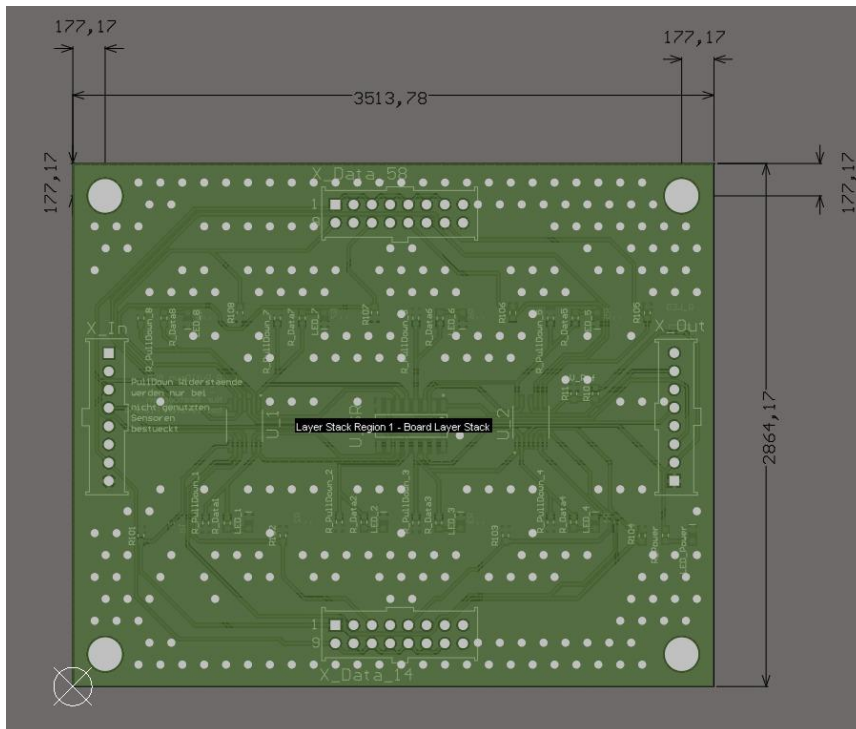
CLK: Clock Signal für die Schieberegister

VCC: 3.3V Versorgungsspannung für alle ICs und die Referenzspannung

GND: Ground

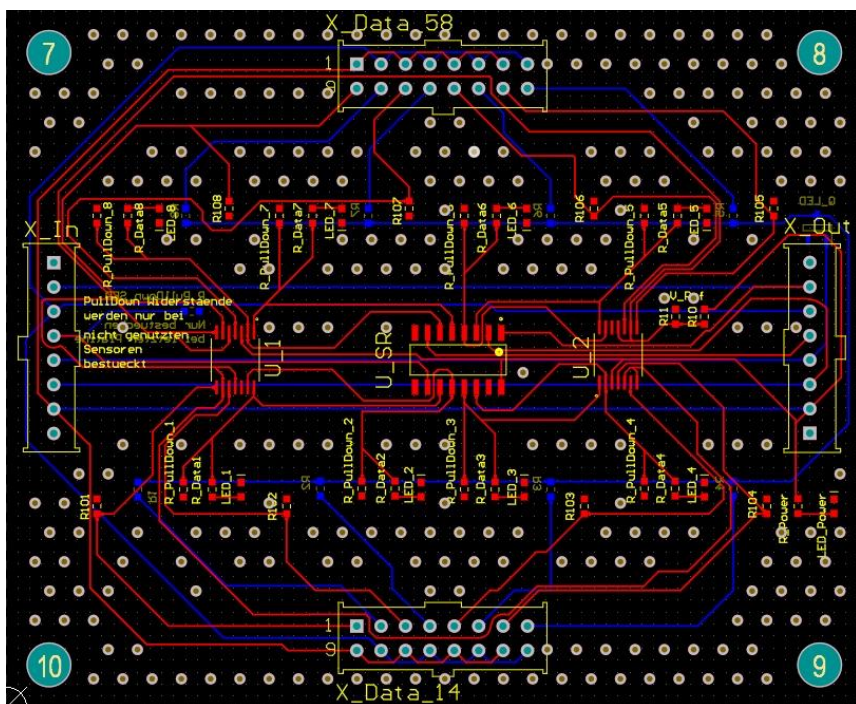
Die einzigen Unterschiede sind Serial_In und Serial_Out. Serial_Out ist serieller Datenausgang des Schieberegisters, über welchen die Daten an den Microcontroller weitergegeben werden. Serial_In ist der serielle Dateneingang der Schieberegister. Über diesen Pin werden die Daten des in der Kette vorherigen Schieberegisters eingelesen. Der Pin wird mit Serial_Out des folgenden Schieberegisters verbunden.

II.4 Layout / Platine



01 – Board Dimensions

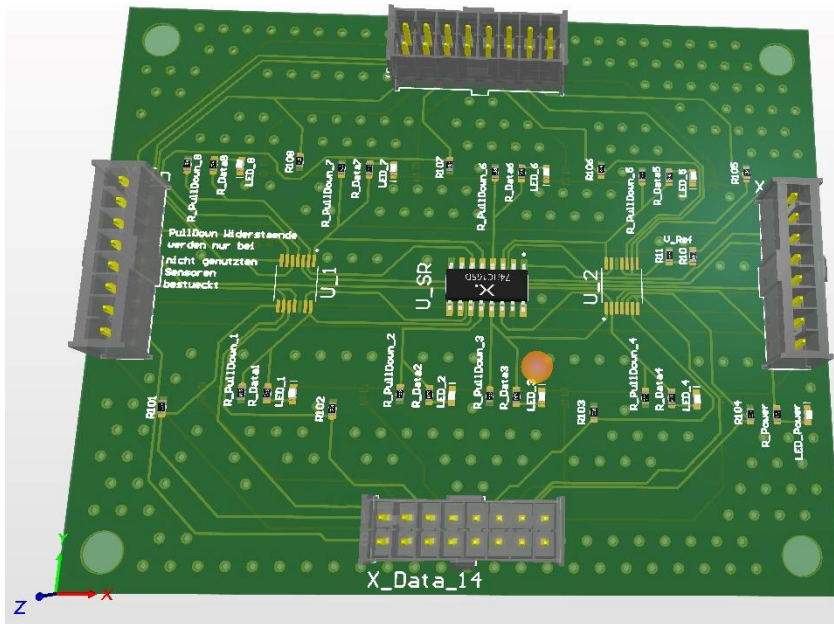
Alle Angaben in mm



02 – Routing / Layout

- Top Layer
- Bottom Layer

Zum Nachvollziehen des Routings sollte immer das Altiumprojekt herangezogen werden



03 – 3D-Ansicht