

DIY Optische ToF Distanzmessung

CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning

Matthias Schär, Timon Burkard
OST – Ostschweizer Fachhochschule

25. Dezember 2024



CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning an der OST – Ostschweizer Fachhochschule

Titel	DIY Optische ToF Distanzmessung
Diplomandin/Diplomand	Matthias Schär, Timon Burkard
Studiengang	CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning
Semester	HS24
Dozentin/Dozent	Prof. Guido Keel, Michael Lehmann

Abstract

Die vorliegende Projektarbeit befasst sich mit der Entwicklung eines...

Ort, Datum Rapperswil, 25. Dezember 2024
© Matthias Schär, Timon Burkard, OST – Ostschweizer Fachhochschule

Alle Rechte vorbehalten. Die Arbeit oder Teile davon dürfen ohne schriftliche Genehmigung der Rechteinhaber weder in irgendeiner Form reproduziert noch elektronisch gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Sofern die Arbeit auf der Website der Ostschweizer Fachhochschule online veröffentlicht wird, können abweichende Nutzungsbedingungen unter Creative-Commons-Lizenzen gelten. Massgebend ist in diesem Fall die auf der Website angezeigte Creative-Commons-Lizenz.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
2	Theorie	10
2.1	Time of Flight	10
2.2	Photostrom	10
2.2.1	Berechnung mit RLD94PZJ5 und BPV23NF	10
2.2.2	Berechnung mit RLD65NZX1 and NJL6401R-3	11
2.3	Transimpedanzverstärker	11
3	Umsetzung	12
3.1	Firmware	12
3.2	Schaltungen	13
3.2.1	Selective Input Voltage	13
3.2.2	Nucleo Board	13
3.2.3	TDC Electrical Signal	14
3.2.4	TDC Optical Signal	14
3.2.5	Oscillator For TDCs	15
3.2.6	Power Supply Separation	15
3.2.7	Laser Driver	16
3.2.8	Photo Receiver	16
3.2.9	Decoupling Capacitors	17
3.3	Layout	18
3.4	3D View	19
3.5	Komponenten	20
4	Simulationen	21
4.1	Laser Treiber	21
4.2	Transimpedanzverstärker	21
5	Messungen	22
6	Fazit	23
7	Anhang	24

Abkürzungsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

1	Selective Input Voltage	13
2	Nucleo Board	13
3	TDC Electrical Signal	14
4	TDC Optical Signal	14
5	Oscillator for TDCs	15
6	Power Supply Separation	15
7	Laser Driver	16
8	Photo Receiver	16
9	Decoupling Capacitors	17
10	3D View Top	19
11	3D View Bottom	19

Formelverzeichnis

1	Eintreffende Lichtleistung	10
2	Strahlungsintensität	10
3	Raumwinkel	10
4	Photostrom	10
5	Werte des RLD94PZJ5	10
6	Werte des BPV23NF	10
7	Nummerische Resultate mit RLD94PZJ5 und BPV23NF	10
8	Werte des RLD94PZJ5	11
9	Werte des BPV23NF	11
10	Nummerische Resultate mit RLD94PZJ5 und BPV23NF	11

Tabellenverzeichnis

1	Bill of Material	20
---	----------------------------	----

Codeverzeichnis

1 Einleitung

2 Theorie

2.1 Time of Flight

2.2 Photostrom

Zur Berechnung des theoretisch zu erwartenden Photostrom wird von einer Distanz zur Wand von 10 m ausgegangen.

Der Laserstrahl gehe idealisiert mit 0° zur Wand und werde dort uniform Halbkugel-förmig gestreut. In der Realität wird sich die Streuung nicht uniform verteilen, sondern in der Mitte stärker konzentriert sein. Die folgende Berechnung zeigt also den worst case.

$$P_{in} = E_e \cdot A = \frac{I_e}{r^2} \cdot A \quad (1)$$

$$I_e = \frac{P_{out}}{\Omega} \quad (2)$$

$$\Omega = \frac{4 \cdot \pi \cdot 0.5}{d} \quad (3)$$

$$I_{ph} = S \cdot P_{in} \quad (4)$$

2.2.1 Berechnung mit RLD94PZJ5 und BPV23NF

$$P_{out} = 285 \text{ mW} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} A &= 4.4 \text{ mm}^2 \\ S &= 0.6 \frac{A}{W} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} I_e &= \frac{P_{out}}{\Omega} = \frac{285 \text{ mW}}{\frac{4 \cdot \pi \cdot 0.5}{d}} = \frac{285 \text{ mW}}{\frac{4 \cdot \pi \cdot 0.5}{10 \text{ m}}} = 45 \frac{\text{mW}}{\text{sr}} \\ P_{in} &= \frac{I_e}{r^2} \cdot A = 45 \frac{\text{mW}}{\text{sr}} \cdot 4.4 \text{ mm}^2 = 2 \text{ nW} \\ I_{ph} &= S \cdot P_{in} = 0.6 \frac{A}{W} \cdot 2 \text{ nW} = 1.2 \text{ nA} \end{aligned} \quad (7)$$

2.2.2 Berechnung mit RLD65NZX1 and NJL6401R-3

$$P_{out} = 10 \text{ mW} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} A &= 0.7 \text{ mm} \cdot 0.7 \text{ mm} = 0.49 \text{ mm}^2 \\ S &= 0.42 \frac{\text{A}}{\text{W}} \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} I_e &= \frac{P_{out}}{\Omega} = \frac{10 \text{ mW}}{\frac{4 \cdot \pi \cdot 0.5}{d}} = \frac{10 \text{ mW}}{\frac{4 \cdot \pi \cdot 0.5}{10 \text{ m}}} = 1.6 \frac{\text{mW}}{\text{sr}} \\ P_{in} &= \frac{I_e}{r^2} \cdot A = 45 \frac{\text{mW}}{\text{sr}} \cdot 0.49 \text{ mm}^2 = 8 \text{ pW} \\ I_{ph} &= S \cdot P_{in} = 0.42 \frac{\text{A}}{\text{W}} \cdot 8 \text{ pW} = 3.3 \text{ pA} \end{aligned} \quad (10)$$

2.3 Transimpedanzverstärker

3 Umsetzung

3.1 Firmware

3.2 Schaltungen

3.2.1 Selective Input Voltage

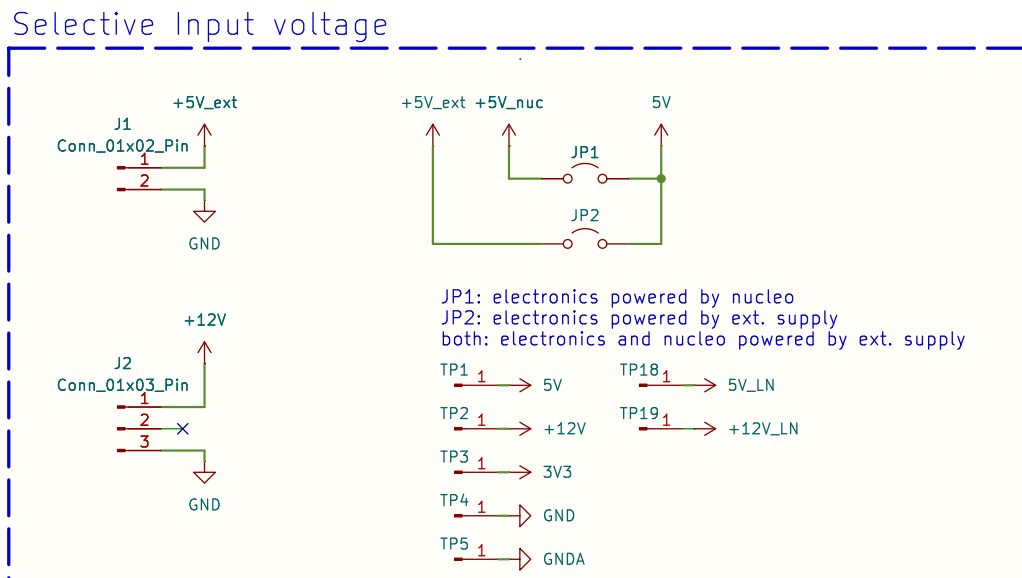


Abbildung 1: Selective Input Voltage

3.2.2 Nucleo Board

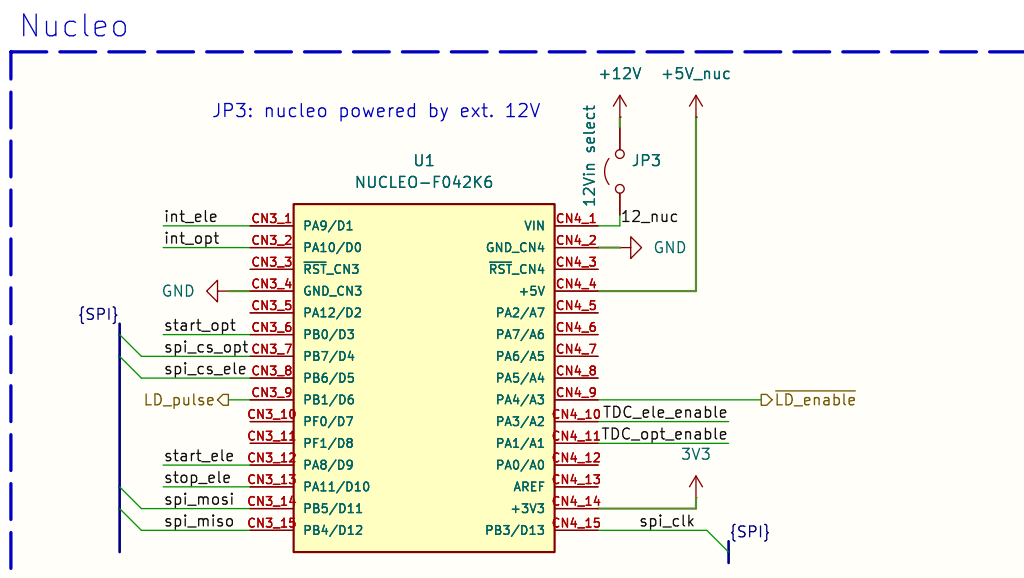


Abbildung 2: Nucleo Board

3.2.3 TDC Electrical Signal

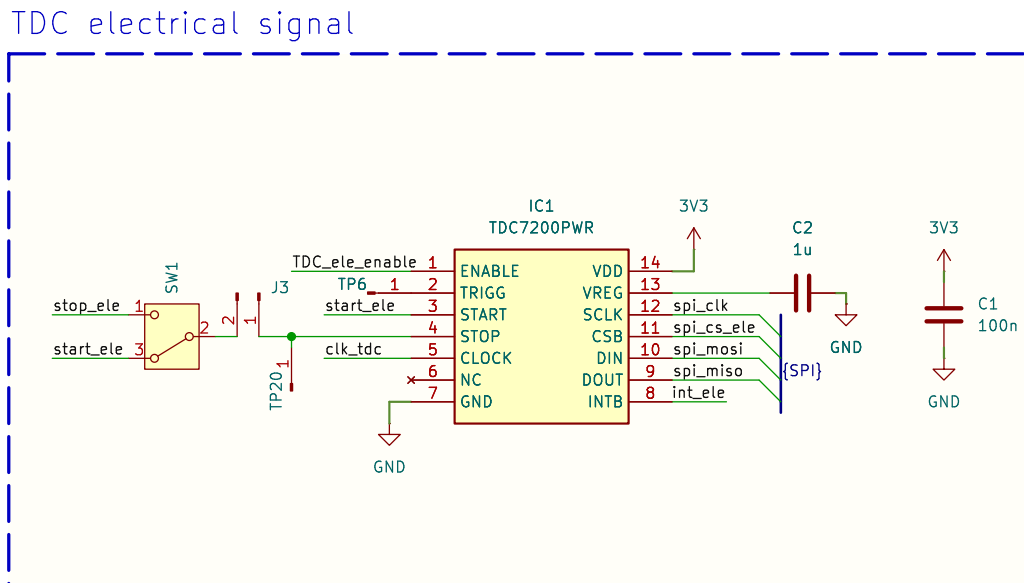


Abbildung 3: TDC Electrical Signal

3.2.4 TDC Optical Signal

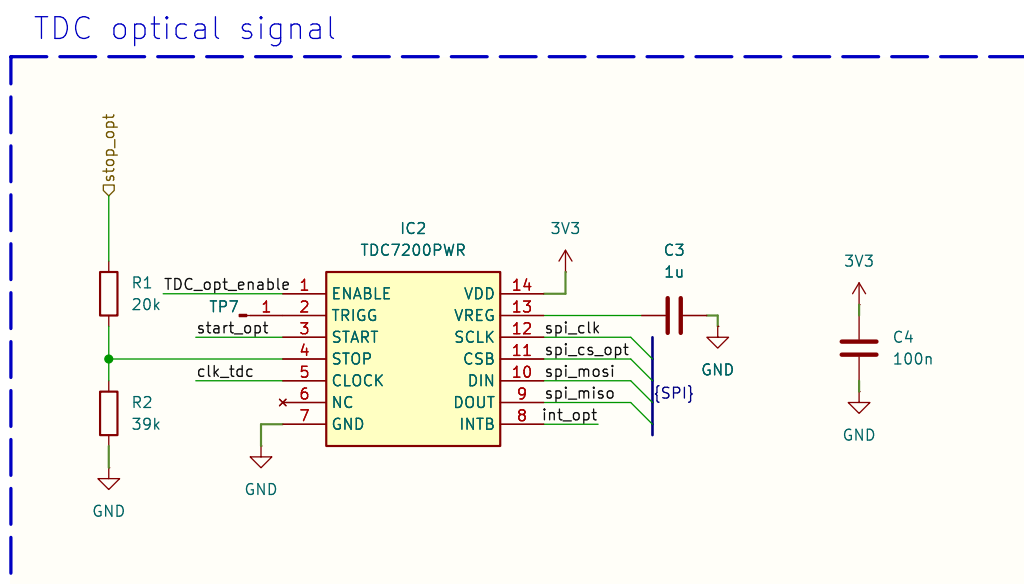


Abbildung 4: TDC Optical Signal

3.2.5 Oscillator For TDCs

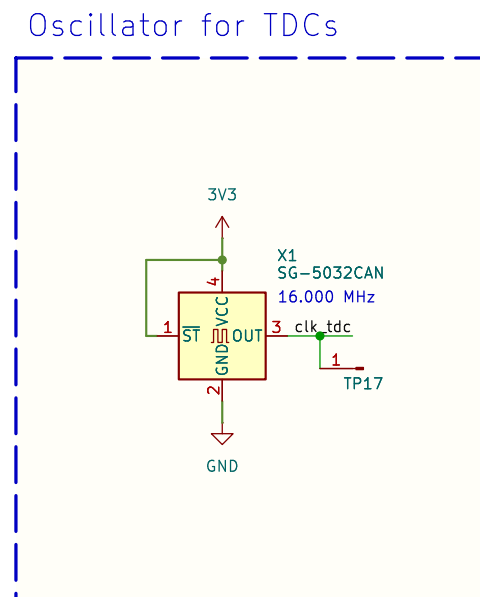


Abbildung 5: Oscillator for TDCs

3.2.6 Power Supply Separation

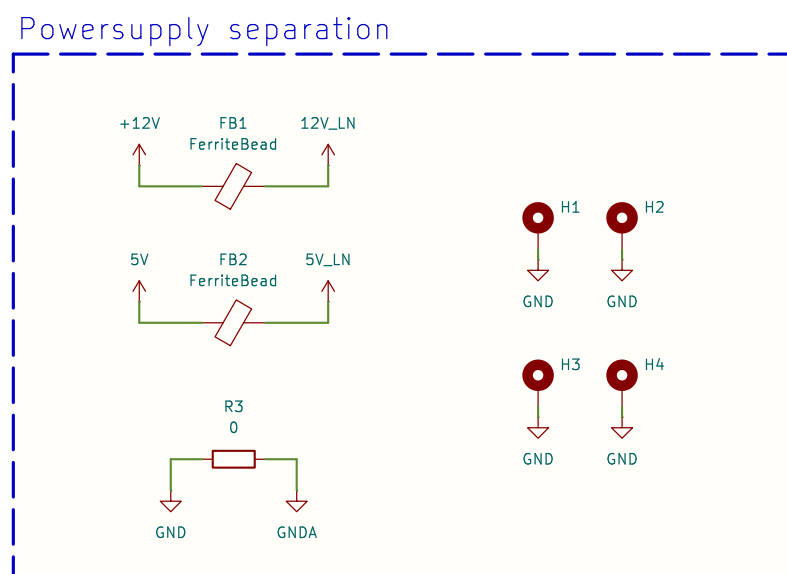
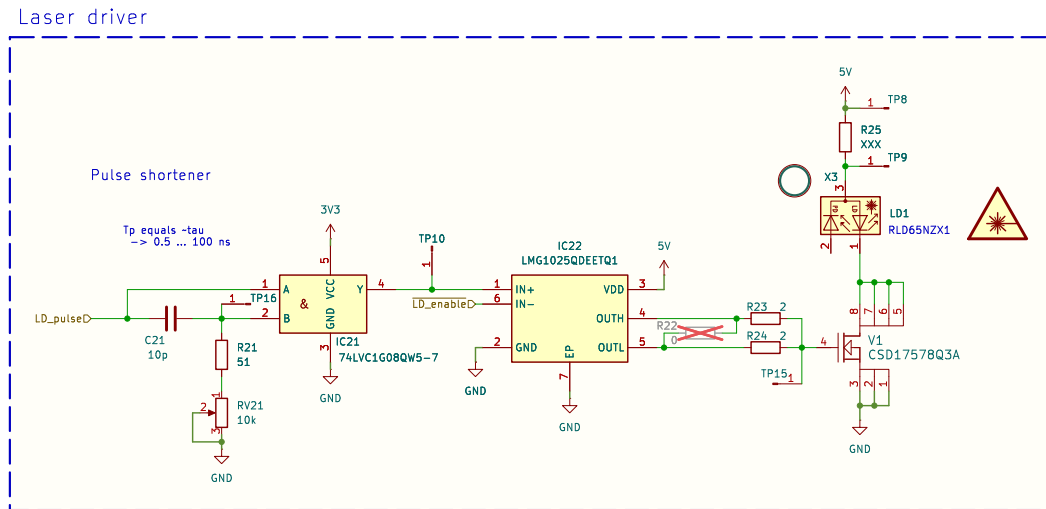


Abbildung 6: Power Supply Separation

3.2.7 Laser Driver



3.2.9 Decoupling Capacitors

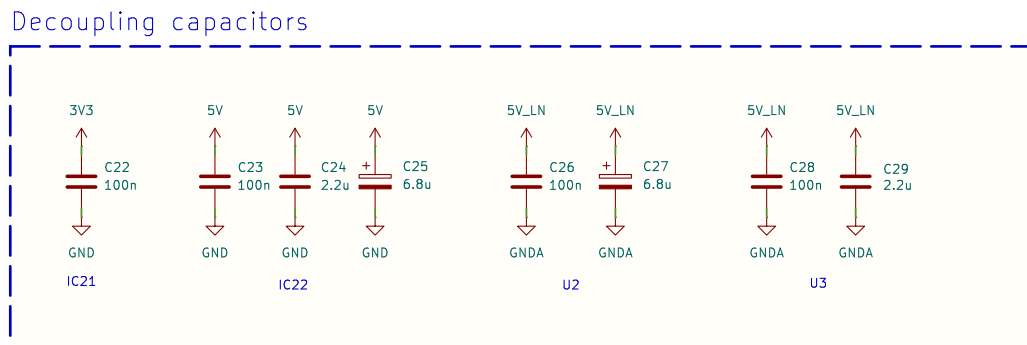


Abbildung 9: Decoupling Capacitors

3.3 Layout

3.4 3D View



Abbildung 10: 3D View Top

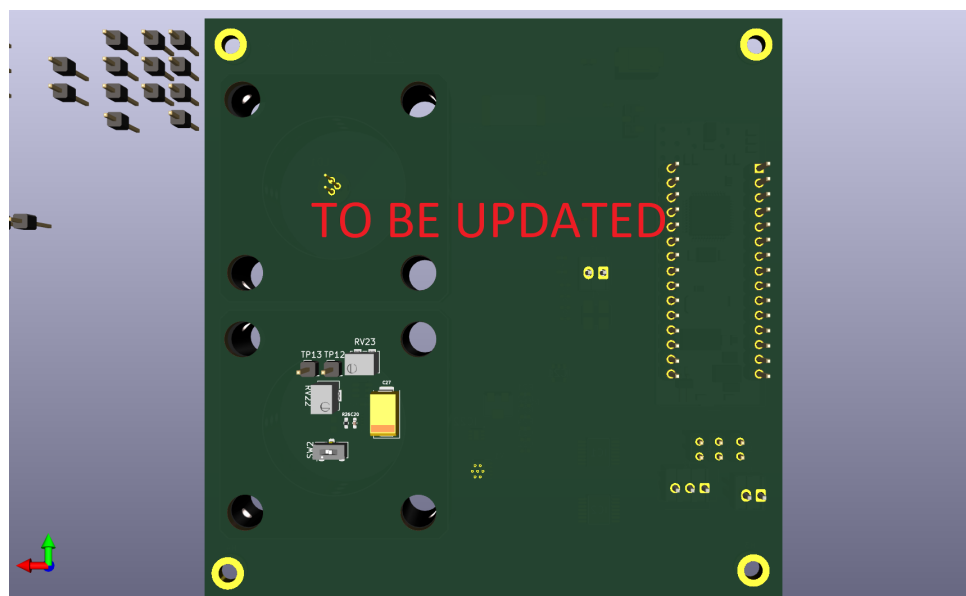


Abbildung 11: 3D View Bottom

3.5 Komponenten

Reference	Value	Datasheet	Footprint	Qty	DNP
C1,C4,C22,C23,C26,C28	100n		Capacitor_SMD:C_0402_1005Metric_Pad0.74x0.62mm	6	
C2,C3	1u		Capacitor_SMD:C_0402_1005Metric_Pad0.74x0.62mm	2	
C20	1p		Capacitor_SMD:C_0402_1005Metric_Pad0.74x0.62mm	1	
C21	10p		Capacitor_SMD:C_0402_1005Metric_Pad0.74x0.62mm	1	
C24,C29	2.2u		Capacitor_SMD:C_0603_1608Metric_Pad1.08x0.95mm	2	
C25,C27	6.8u		Capacitor_Tantalum_SMD:CP_EIA-7343-43_Kemet-X_Pad2.25x2.55mm	2	
D1	NJL6401R-3-TE1		NJL6401R3TE1	1	
FB1,FB2	FerriteBead		Inductor_SMD:L_0402_1005Metric_Pad0.77x0.64mm	2	
IC1,IC2	TDC7200PWR	(TI, 2016)	SOP65P640X120-14N	2	
IC21	74LVC1G08QW5-7		74LVC1G08QW57	1	
IC22	LMG1025QDEETQ1		SON65P200X200X80-7N	1	
J1,J3	Conn_01x02_Pin		Connector:Molex_KK-254_AE-6410-02A_1x02_P2.54mm_Vertical	2	
J2	Conn_01x03_Pin		Connector:Molex_SL_171971-0003_1x03_P2.54mm_Vertical	1	
JP1,JP2	Jumper_2_Open		TestPoint:TestPoint_2Pads_Pitch2.54mm_Drill0.8mm	2	
JP3	12Vin select		TestPoint:TestPoint_2Pads_Pitch2.54mm_Drill0.8mm	1	
LD1,X2,X3			– mixed values –	3	
R1	20k		Resistor_SMD:R_0402_1005Metric_Pad0.72x0.64mm	1	
R2	39k		Resistor_SMD:R_0402_1005Metric_Pad0.72x0.64mm	1	
R3	0		Resistor_SMD:R_0402_1005Metric_Pad0.72x0.64mm	1	
R21	51		Resistor_SMD:R_0402_1005Metric_Pad0.72x0.64mm	1	
R22	0		Resistor_SMD:R_0402_1005Metric_Pad0.72x0.64mm	1	
R23,R24	2		Resistor_SMD:R_0402_1005Metric_Pad0.72x0.64mm	1	
R25	XXX		Resistor_SMD:R_4020_10251Metric	2	
R26	51k		Resistor_SMD:R_0402_1005Metric_Pad0.72x0.64mm	1	
R27	100		Resistor_SMD:R_0402_1005Metric_Pad0.72x0.64mm	1	
RV21	10k		Potentiometer_SMD:Potentiometer_Bourns_3224W_Vertical	1	
RV22,RV23	1k		Potentiometer_SMD:Potentiometer_Bourns_3224W_Vertical	2	
SW1,SW2	SW_Nidec_CAS-120A1		Button_Switch_SMD:Nidec_Copal_CAS-120A	2	
TP1,TP19	Conn_01x01_Pin		Connector_2.54mm_PinHeader_1x01_P2.54mm_Vertical	19	
U1	NUCLEO-F042K6		NUCLEO-F042K6:MODULE_NUCLEO-F042K6	1	
U2	OPA858xDSG		Package_SON:WSON-8-1EP_2x2mm_P0.5mm_EP0.9x1.6mm	1	
U3	TLV3501AIDBV		Package_TO_SOT_SMD:SOT-23-6	1	
V1	CSD17578Q3A		DNH0008A	1	
X1	SG-5032CAN		Oscillator:Oscillator_SMD_SeikoEpson_SG8002LB-4Pin_5.0x3.2mm	1	

Tabelle 1: Bill of Material

4 Simulationen

4.1 Laser Treiber

4.2 Transimpedanzverstärker

5 Messungen

6 Fazit

7 Anhang

Quellenverzeichnis

TI. (2016). *TDC7200 Datasheet*. Zugriff auf <http://www.ti.com/lit/gpn/tdc7200>
(aufgerufen am 25.12.2024)