

DIY Optische ToF Distanzmessung

OST – Ostschweizer Fachhochschule

CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning

Matthias Schär, Timon Burkard

24.01.2025

Inhaltsverzeichnis

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning

① Ziele (2 min)

② Umsetzung (7 min)

- Schaltungen
- Firmware

③ Resultate (8 min)

- Elektrische Resultate
- Optische Resultate

④ Fazit (3 min)

⑤ Demonstration (5 min)

Ziele
●○

Umsetzung
○○○○○○○○○○○○○○

Resultate
○○○○○○○○○○○○○○

Fazit
○

Demonstration
○

Ziele

Zielsetzung

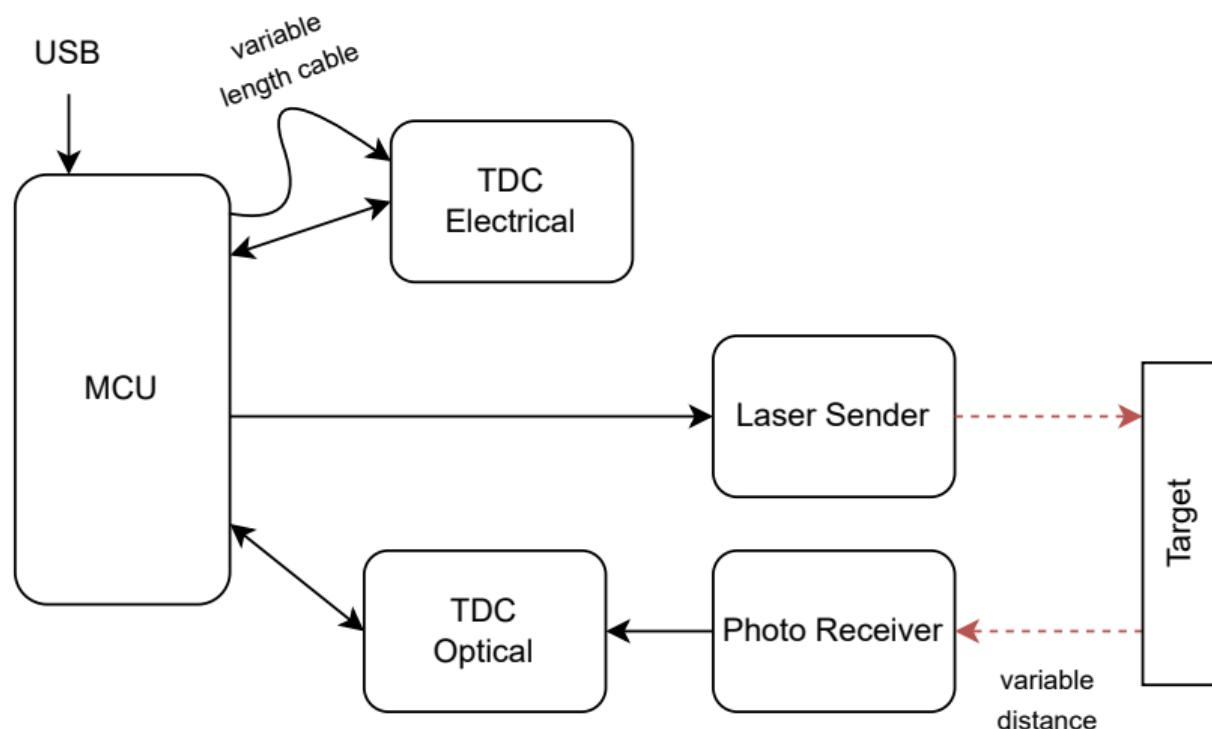
OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning

- ToF-Demonstrator entwickeln
 - Eigenes PCB mit 2x TDC7200
- Erster Schritt: Kabellängen vermessen
- Zweiter Schritt: Optische Messung
 - Distanz: 10 m
 - Auflösung: 30 cm

Umsetzung

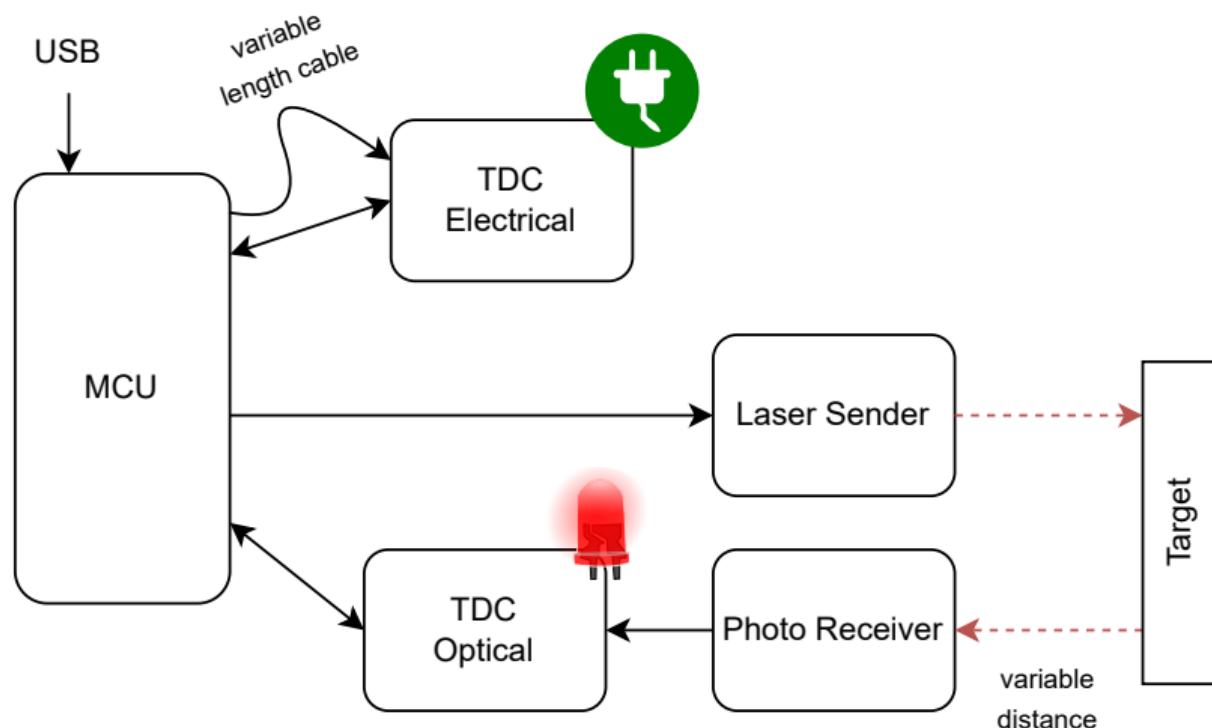
Blockdiagramm

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning



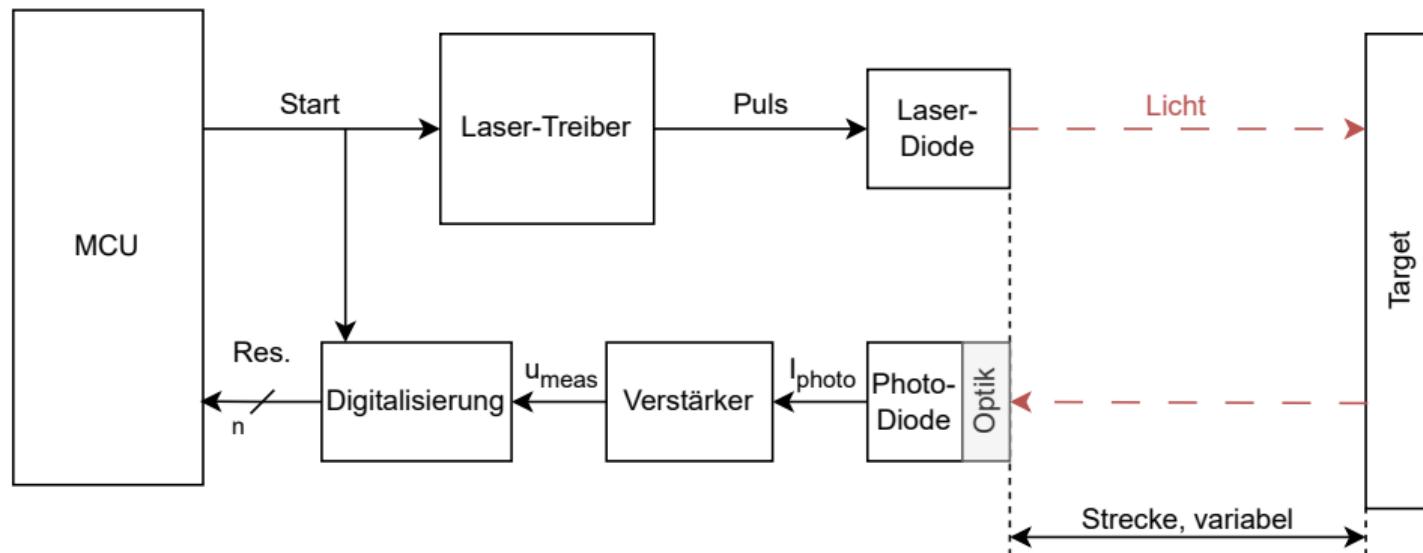
Blockdiagramm

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning



Konzept: Optischer Teil

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning



Umsetzung

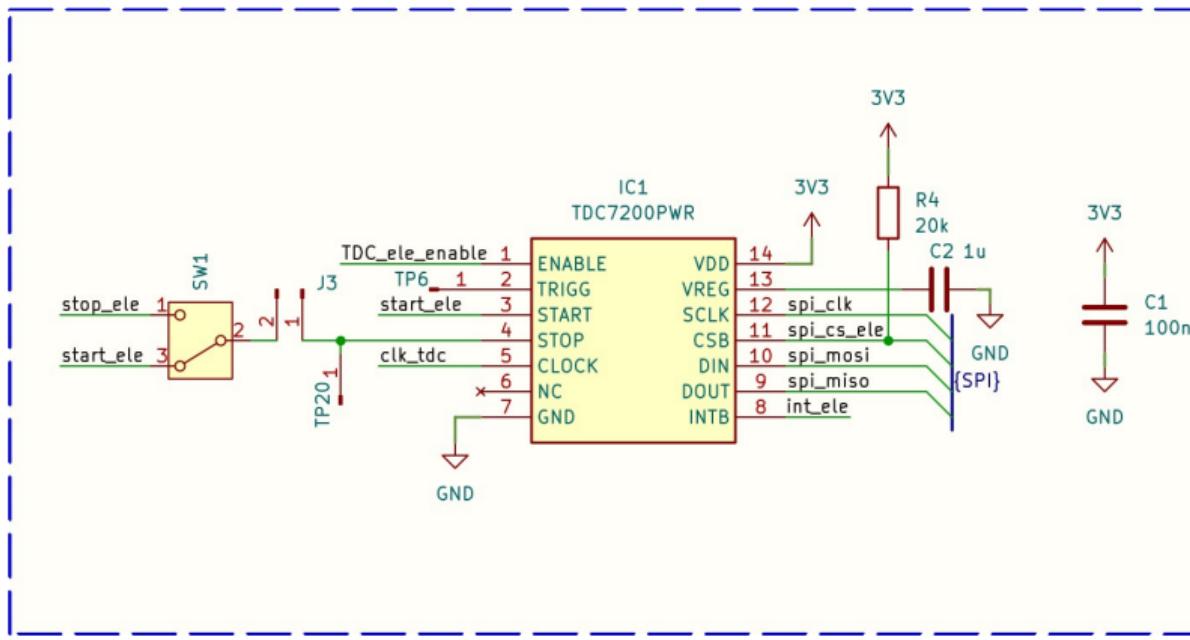
Schaltungen

TDC Elektrisch

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning



TDC electrical signal

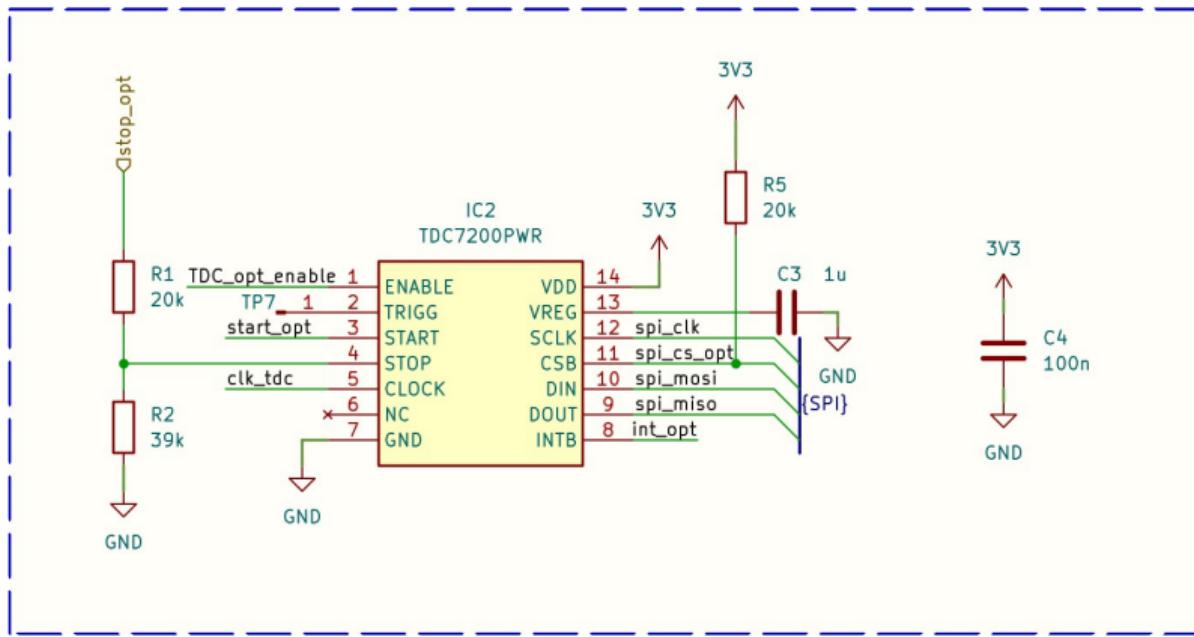


TDC Optisch

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning



TDC optical signal



Laser Treiber

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning



Laser driver

Pulse shortener

$$T_p \text{ equals } -\tau$$

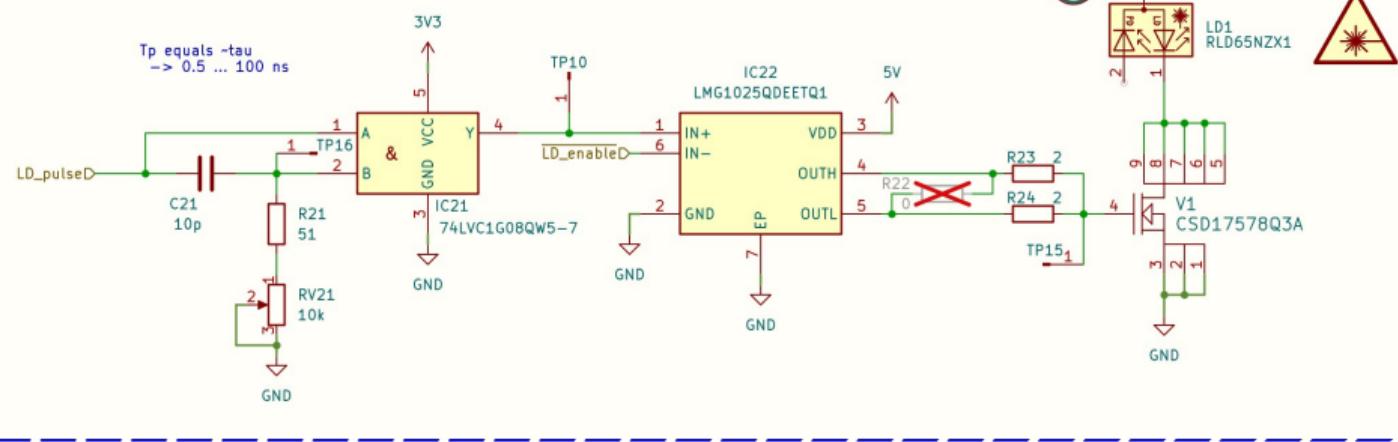
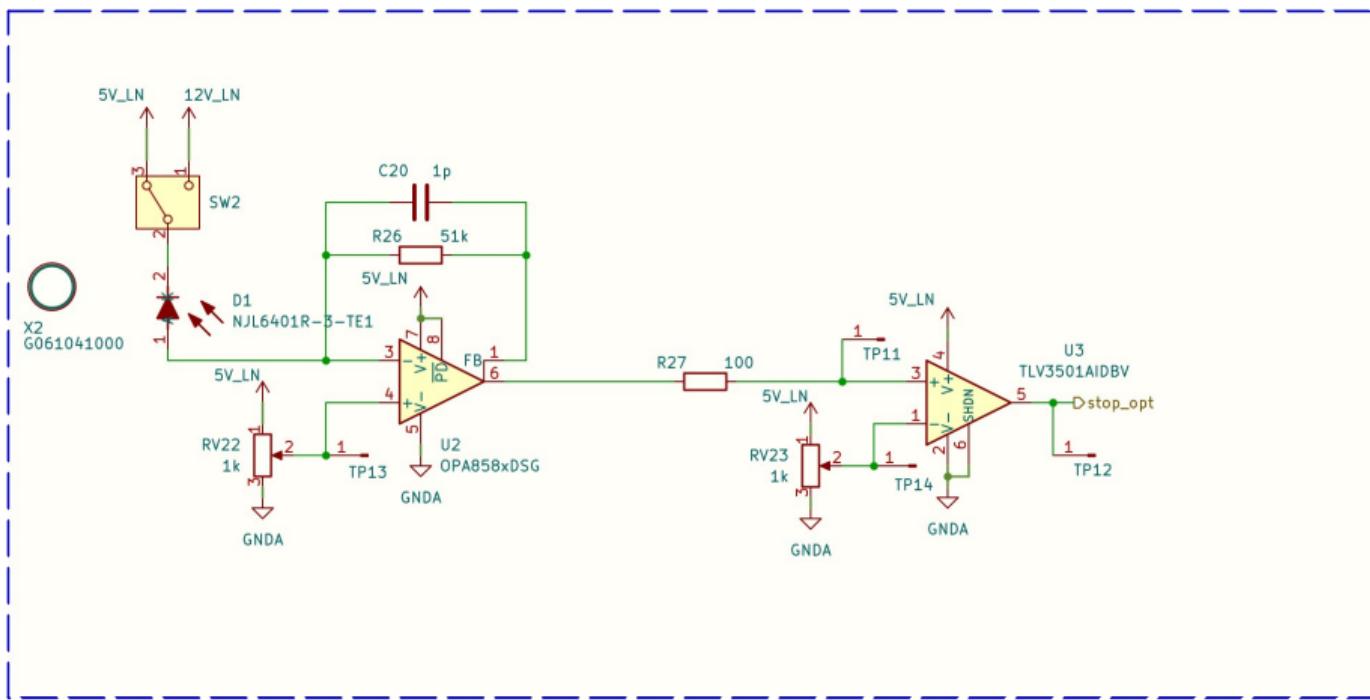


Photo Receiver

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning

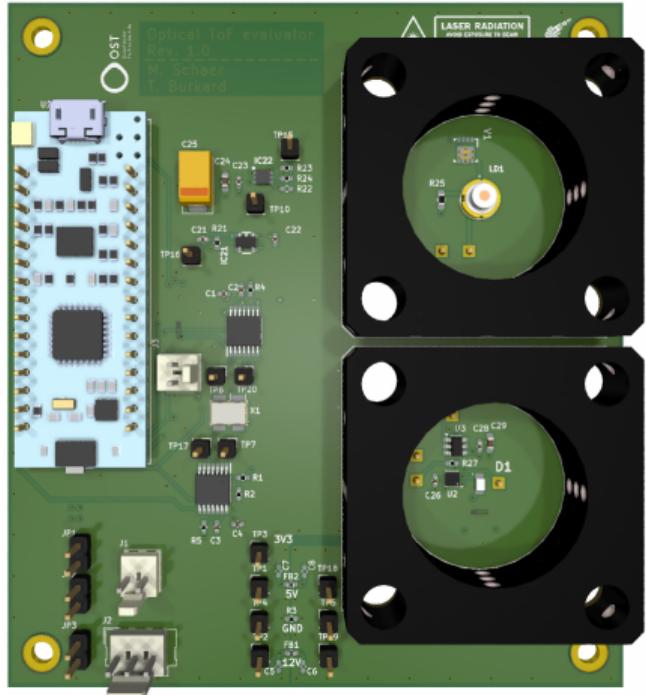


Receiver



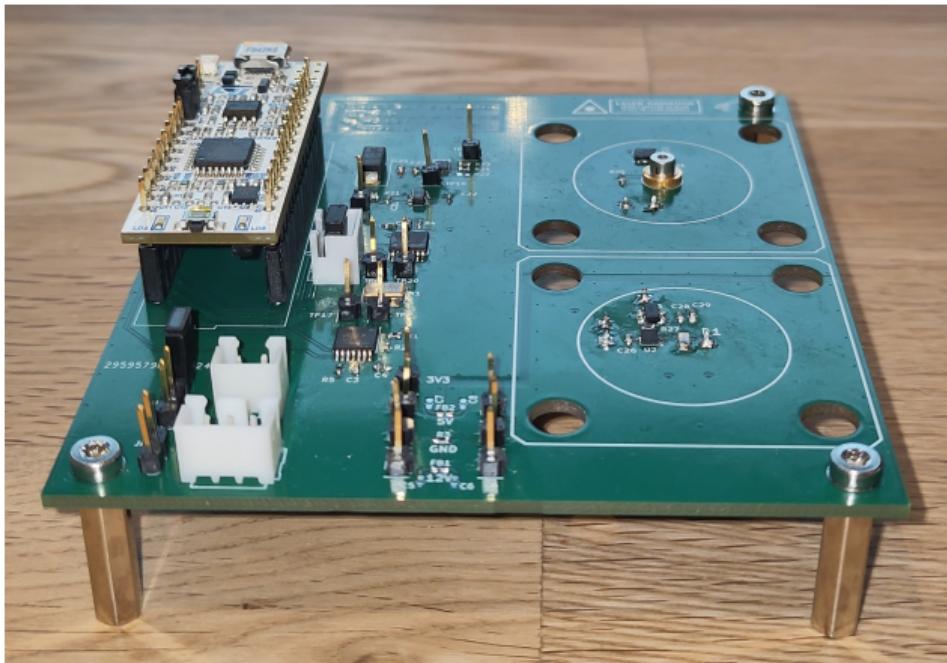
3D View

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning



Demonstrator

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning

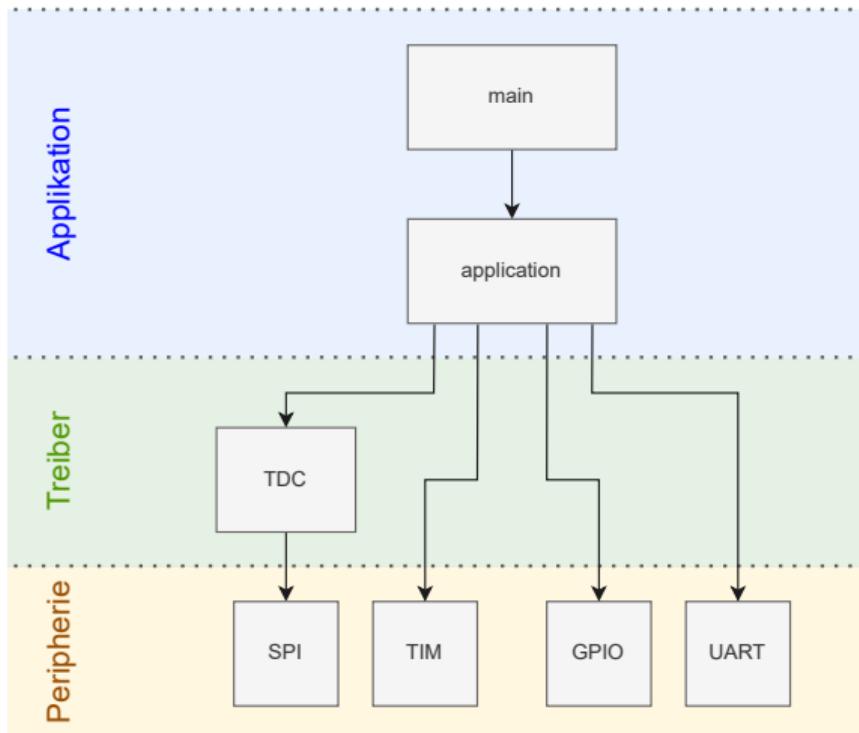


Umsetzung

Firmware

Firmware Blockdiagramm

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning



Firmware Beispiel: Konfiguration

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning

```
1 // Configuration
2
3 TDC_init(&tdc_ele, &hspi1, SPI_CS_ELE_GPIO, TDC_ELE_ENABLE_GPIO);
4
5 TDC_enable(&tdc_ele);
6
7 // SPI Communication
8
9 TDC_read(&tdc_ele, TDC_ADR_CONFIG1, data);
10
11 data[0] |= TDC_CONFIG1_MEAS_MODE_1;
12
13 TDC_write(&tdc_ele, TDC_ADR_CONFIG1, data);
```

Firmware Beispiel: Konfiguration

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning

```
1 // Configuration
2
3 TDC_init(&tdc_ele, &hspi1, SPI_CS_ELE_GPIO, TDC_ELE_ENABLE_GPIO);
4
5 TDC_enable(&tdc_ele);
6
7 // SPI Communication
8
9 TDC_read(&tdc_ele, TDC_ADR_CONFIG1, data);
10
11 data[0] |= TDC_CONFIG1_MEAS_MODE_1;
12
13 TDC_write(&tdc_ele, TDC_ADR_CONFIG1, data);
```

Firmware Beispiel: Konfiguration

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning

```
1 // Configuration
2
3 TDC_init(&tdc_ele, &hspi1, SPI_CS_ELE_GPIO, TDC_ELE_ENABLE_GPIO);
4
5 TDC_enable(&tdc_ele);
6
7 // SPI Communication
8
9 TDC_read(&tdc_ele, TDC_ADR_CONFIG1, data);
10
11 data[0] |= TDC_CONFIG1_MEAS_MODE_1;
12
13 TDC_write(&tdc_ele, TDC_ADR_CONFIG1, data);
```

Firmware Beispiel: Messung

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning

```
1 uint64_t tof_fs = 0;
2
3 while (1) {
4     TDC_start(&tdc_ele);
5
6     // Set Pins to High with direct register access
7     *((volatile uint32_t*)(GPIOA_BASE + 0x14)) |= (1 << 8); // START_ELE
8     *((volatile uint32_t*)(GPIOA_BASE + 0x14)) |= (1 << 11); // STOP_ELE
9
10    TDC_read_result(&tdc_ele, &tof_fs);
11
12    // ToF result in [fs] is ready
13 }
```

Firmware Beispiel: Messung

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning

```
1 uint64_t tof_fs = 0;
2
3 while (1) {
4     TDC_start(&tdc_ele);
5
6     // Set Pins to High with direct register access
7     *((volatile uint32_t*)(GPIOA_BASE + 0x14)) |= (1 << 8); // START_ELE
8     *((volatile uint32_t*)(GPIOA_BASE + 0x14)) |= (1 << 11); // STOP_ELE
9
10    TDC_read_result(&tdc_ele, &tof_fs);
11
12    // ToF result in [fs] is ready
13 }
```

Firmware Beispiel: Messung

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning

```
1 uint64_t tof_fs = 0;
2
3 while (1) {
4     TDC_start(&tdc_ele);
5
6     // Set Pins to High with direct register access
7     *((volatile uint32_t*)(GPIOA_BASE + 0x14)) |= (1 << 8); // START_ELE
8     *((volatile uint32_t*)(GPIOA_BASE + 0x14)) |= (1 << 11); // STOP_ELE
9
10    TDC_read_result(&tdc_ele, &tof_fs);
11
12    // ToF result in [fs] is ready
13 }
```

Firmware Beispiel: Messung

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning

```
1 uint64_t tof_fs = 0;
2
3 while (1) {
4     TDC_start(&tdc_ele);
5
6     // Set Pins to High with direct register access
7     *((volatile uint32_t*)(GPIOA_BASE + 0x14)) |= (1 << 8); // START_ELE
8     *((volatile uint32_t*)(GPIOA_BASE + 0x14)) |= (1 << 11); // STOP_ELE
9
10    TDC_read_result(&tdc_ele, &tof_fs);
11
12    // ToF result in [fs] is ready
13 }
```

Firmware Beispiel: Messung

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning

```
1 uint64_t tof_fs = 0;
2
3 while (1) {
4     TDC_start(&tdc_ele);
5
6     // Set Pins to High with direct register access
7     *((volatile uint32_t*)(GPIOA_BASE + 0x14)) |= (1 << 8); // START_ELE
8     *((volatile uint32_t*)(GPIOA_BASE + 0x14)) |= (1 << 11); // STOP_ELE
9
10    TDC_read_result(&tdc_ele, &tof_fs);
11
12    // ToF result in [fs] is ready
13 }
```

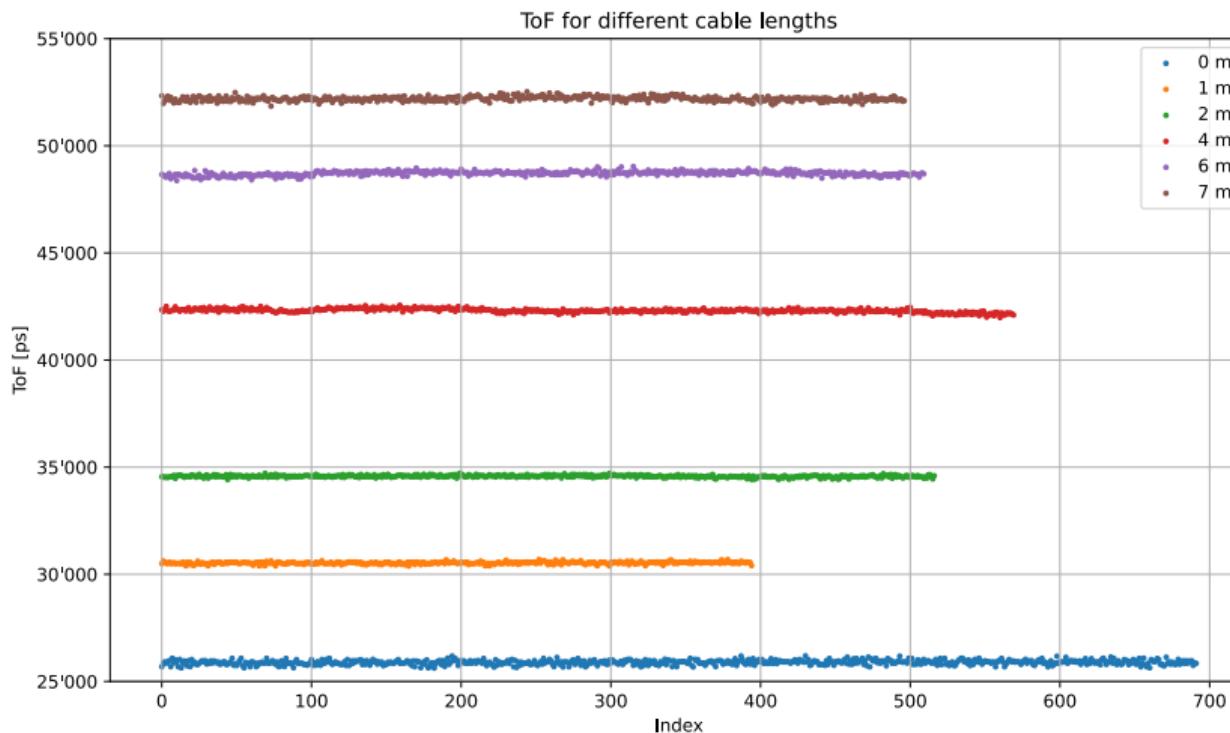
Resultate

Resultate

Elektrische Resultate

Unterschiedliche Kabellängen

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning



Unterschiedliche Kabellängen: Resultate

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning



Länge	Mittelwert	Standardabweichung	Δ zu 0 m
0 m	25'890 ps	104 ps	0 ns
1 m	30'531 ps	53 ps	4.6 ns
2 m	34'575 ps	50 ps	8.7 ns
4 m	42'308 ps	88 ps	16.4 ns
6 m	48'710 ps	98 ps	22.8 ns
7 m	52'194 ps	104 ps	26.3 ns

Unterschiedliche Kabellängen: Zurückgerechnet

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning



Länge	TDC zurückgerechnet mit 0.9 c
0 m	0.0 m
1 m	1.2 m
2 m	2.3 m
4 m	4.4 m
6 m	6.2 m
7 m	7.1 m

Resultate

Optische Resultate

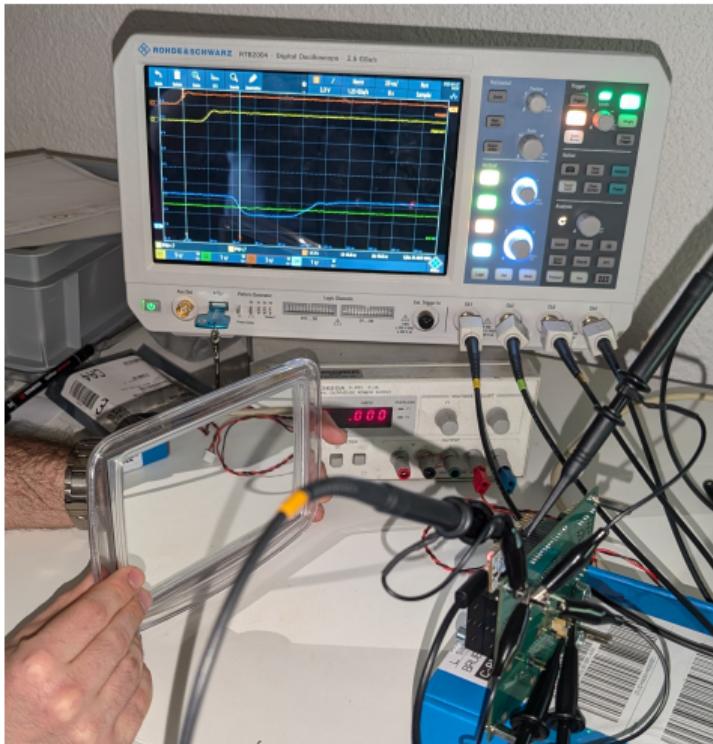
Signalpfad Sender

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning



ToF-Messungen via Spiegel

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning



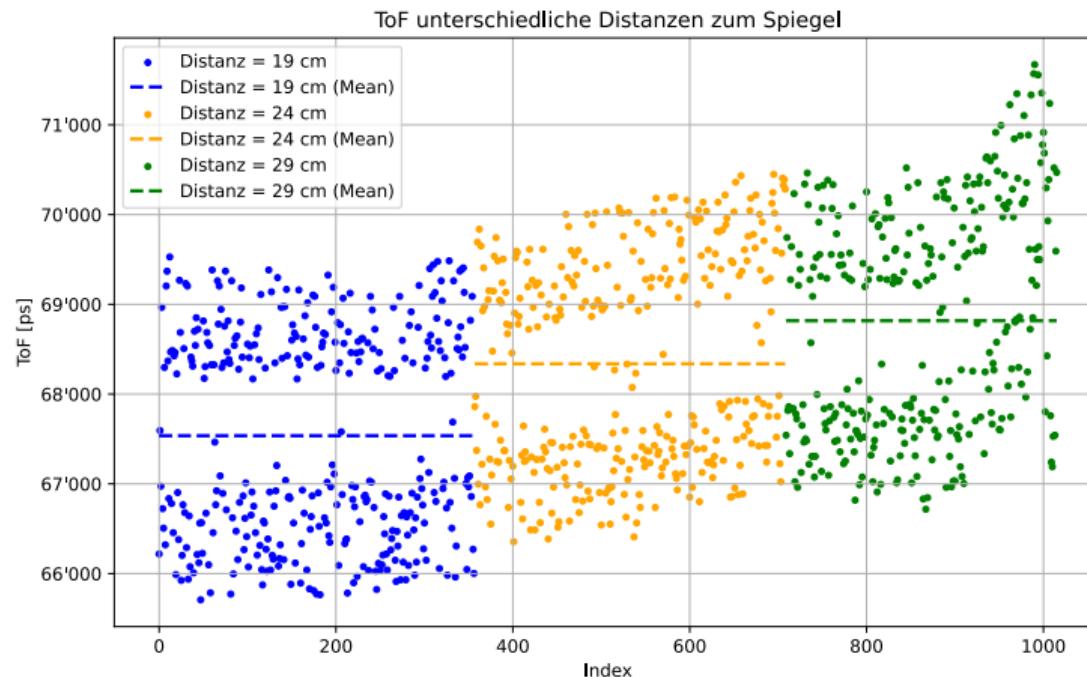
ToF-Messungen via Spiegel: DSO

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning



ToF-Messungen via Spiegel: Resultate

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning



ToF-Messungen via Spiegel: Auswertung

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning



Distanz zum Spiegel	Mittelwert	Standardabweichung
19 cm	67'536 ps	1'172 ps
24 cm	68'338 ps	1'191 ps
29 cm	68'817 ps	1'273 ps

ToF-Messungen via Spiegel: Auswertung

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning



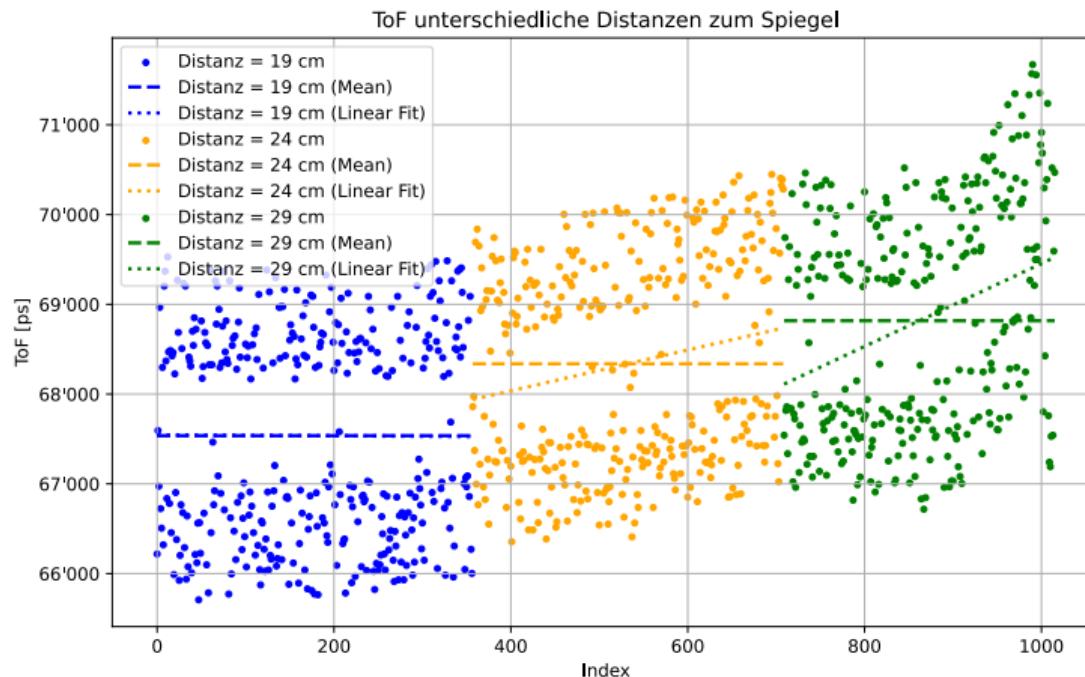
Distanz zum Spiegel	Mittelwert	Standardabweichung
19 cm	67'536 ps	1'172 ps
24 cm	68'338 ps	1'191 ps
29 cm	68'817 ps	1'273 ps

$$\Delta ToF_{meas} \approx 0.6 \text{ ns}$$

$$\Delta ToF_{calc} = \frac{\Delta L}{c} = \frac{10 \text{ cm}}{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 0.33 \text{ ns}$$

ToF-Messungen via Spiegel: Drift

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning



ToF-Messungen via Spiegel: >30 cm

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning



ToF-Messungen via Wand

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning



- Leider keine brauchbaren Messresultate bis jetzt

Fazit

Demonstration

Fragen?

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning



Ziele
oo

Umsetzung
oooooooooooooo

Resultate
oooooooooooooo

Fazit
o

Demonstration
o

Quellen

OST – Ostschweizer Fachhochschule
CAS Sensorik und Sensor Signal Conditioning