

# Laborbericht: Messprojekt

Arian Rupp, Mathias Lampert

## INHALT

Ziel des Messprojekts .....	3
Aufgabenstellung .....	3
Passive Blackbox.....	4
Aufgabenstellung passive Blackbox.....	4
Messdurchführung.....	4
Schlussfolgerung .....	6
Aktive Blackbox .....	7
Aufgabenstellung Aktive Blackbox .....	7
Messdurchführung.....	7
Serielle Kommunikation .....	13
Aufgabenstellung passive Blackbox.....	13
Vorbereitung .....	13
Kurzbeschreibung Protokolle:.....	17
Messdurchführung.....	17
I2C.....	17
SPI-Messung: .....	18
UART.....	19
Abbildungsverzeichnis.....	21
Tabellenverzeichnis.....	22
Quellenverzeichnis.....	22

## ZIEL DES MESSPROJEKTS

Das Ziel dieses Messprojekts ist es, die im Laborunterricht erlernten Methoden und den Umgang mit Messgeräten praktisch anzuwenden. Dabei sollen verschiedene Messobjekte in Bezug auf ihre Funktionsweise und Eigenschaften analysiert werden. Durch die Durchführung der Messungen sollen die Studierenden ihre Fähigkeiten im Umgang mit unterschiedlichen Messtechniken vertiefen und lernen, präzise Messergebnisse zu dokumentieren und zu interpretieren.

## AUFGABENSTELLUNG

Im Rahmen des Projekts sind drei verschiedene Blackboxen zu untersuchen:

- Analoge, passive Blackbox: Untersuchung des Verhaltens und der Eigenschaften des passiven Systems.
- Analoge, aktive Blackbox: Messen und analysieren der Funktionsweise des aktiven Systems.
- Digitale Blackbox (serielle Schnittstelle): Erfassen und analysieren der digitalen Signale, die über die serielle Schnittstelle übertragen werden.

Für jedes Messobjekt sind die relevanten Messgrößen zu erfassen, auszuwerten und zu dokumentieren. Die Ergebnisse sollen sowohl in qualitativer als auch quantitativer Form interpretiert werden, um die Funktionsweise jedes Systems im Detail zu verstehen.

## PASSIVE BLACKBOX

### AUFGABENSTELLUNG PASSIVE BLACKBOX

Das Ziel ist, mithilfe verschiedener Messmethoden das Design der unbekannten Platine zu bestimmen.  
Pinbelegung Blackbox



Abbildung 1 Pinbelegung passive Blackbox

### MESSDURCHFÜHRUNG

Bei der passiven Blackbox kann aufgrund der passiven Eigenschaften angenommen werden, dass es sich nur um Widerstände, Kapazitäten und oder Induktivitäten handelt.

Bei der passiven Blackbox wurden zuerst alle Pins zueinander auf Widerstand und Kapazität gemessen. Die Induktivität wurde bei diesem Vorgang zu Beginn ausgelassen, da die einzelnen Komponenten in der Schaltung eine Eigeninduktivität aufweisen, sowie eine leichte Induktivität der Leiterbahnen bzw. der Kabel, die angeschlossen wurden, aufweisen. Die Messungen wurden mit dem Fluke 87 und dem TENMA 72-960 durchgeführt.

Bei den Messungen konnten folgende Werte herausgefunden werden.

Widerstand	U ver+	COM-GND	Sig. In+	Sig. Out+
U ver+	---	22,85 k	OL	OL
COM-GND	22,85 k	---	OL	OL
Sig. In+	OL	OL	---	OL
Sig. Out+	OL	OL	OL	---

Tabelle 1 Widerstandsmessung Passive Blackbox

Kapazität	U ver+	COM-GND	Sig. In+	Sig. Out+
U ver+	---	OL	0,31 n	0,31 n
COM-GND	OL	---	0,31 n	0,31 n
Sig. In+	0,31 n	0,31 n	---	0,96 $\mu$
Sig. Out+	0,31 n	0,31 n	0,96 $\mu$	---

Tabelle 2 Kapazitäten Messung Passive Blackbox

In beiden Tabellen ist erkennbar, dass nicht alle Pins der Passiv-Blackbox aufgelistet sind (wie GND, Sig. In-, Sig. Out-), da diese ohne ein Bauteil dazwischen miteinander verbunden sind. Daher können sie zu einem Common Ground zusammengefasst werden, der in den Tabellen 1 und 2 als COM-GND dargestellt ist.

Bei den Werten, bei denen „OL“ angezeigt wird, handelt es sich entweder um Widerstände mit sehr hohem Widerstand (praktisch unendlich) oder um Kapazitäten, die nicht messbar oder extrem klein sind. „Nicht messbar“ bedeutet, dass der Widerstand oder die Kapazität mit den verfügbaren Messgeräten nicht erfasst werden kann, während „extrem klein“ darauf hinweist, dass der Wert nahezu null ist.

Induktivität	U ver +	GND	Sig. In+	Sig. In-	Sig. Out+	Sig. Out-
U ver+	---	11,5 mH	OL	11,5 mH	OL	11,5 mH
GND	14,2 mH	---	OL	---	OL	---
Sig. In+	OL	OL	---	OL	OL	OL
Sig. In-	15 mH	---	OL	---	OL	4,7 $\mu$ H
Sig. Out+	OL	OL	OL	OL	---	OL
Sig. Out-	m	4 $\mu$ H	OL	0,1 $\mu$ H	OL	---

Tabelle 3 Induktivitäten Messung Passiv

Nach der ersten Messung von Widerstand und Kapazität, wurde die Induktivität von den erahnten Bauteilen ausgemessen und mit den Induktivitäten der Blackbox verglichen. Da diese annähernd gleich waren, kann festgestellt werden, dass sich in der Schaltung keine Induktivitäten befinden.

Anhand von diesen Werten, kann ein erster Schaltplan der Blackbox erstellt werden.

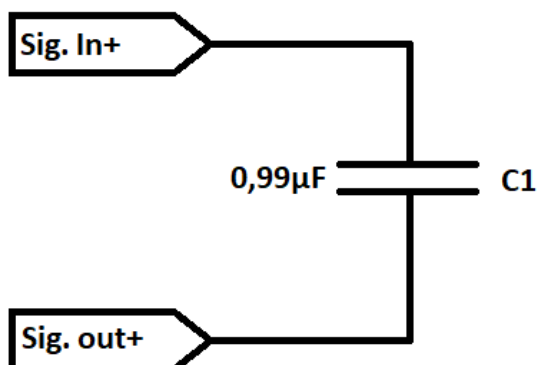
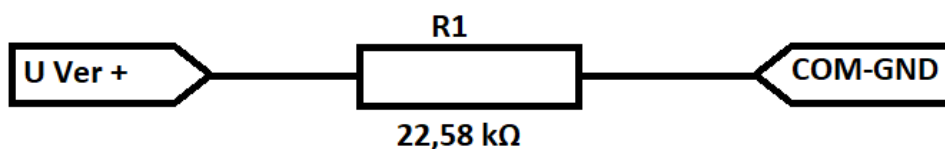


Abbildung 2 Erste Skizze der Schaltung

Da eine erste Skizze erstellt wurde, konnte die Schaltung mithilfe eines Breadboards aufgebaut werden, wodurch sich herausgestellt hat, dass die ausgemessenen Werte der Blackbox sowie die von dem Breadboard annäherungsweise gleich sind. Die Werte waren aufgrund von leicht abweichenden Bauteilwerten nicht exakt gleich.



Abbildung 3 Kapazitätenmessung mit Fluke



Abbildung 4 Kapazitätenmessung mit Tenma

## SCHLUSSFOLGERUNG

Die Messungen an der passiven Blackbox zeigen, dass sie aus Widerständen und Kapazitäten besteht. Eine Induktivität wurde ausgeschlossen, da keine entsprechenden Werte nachweisbar waren. Die analysierten Werte ermöglichten die Erstellung eines Schaltplans, der auf einem Breadboard erfolgreich nachgebildet wurde. Die Ergebnisse bestätigen die korrekte Identifikation der Bauteile, die Funktionalität der simulierten Schaltung und die Richtigkeit der ersten Skizze der Schaltung.

## AKTIVE BLACKBOX

### AUFGABENSTELLUNG AKTIVE BLACKBOX

Durch Anwendung verschiedener Messmethoden soll herausgefunden werden, was die folgende aktive Blackbox bewirkt und wie diese aussehen könnte.

Pinbelegung Blackbox

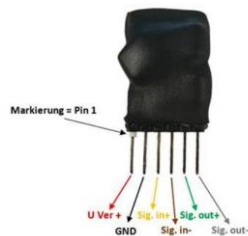


Abbildung 5 Pinbelegung aktive Blackbox

### MESSDURCHFÜHRUNG

Die Pins der aktiven Blackbox wurden zunächst auf Widerstand und Kapazität gemessen. Die Messungen wurden mit dem Fluke 87 und dem TENMA 72-960 durchgeführt (siehe Abbildung 2, Abbildung 3).

Bei den Messungen konnten folgende Werte herausgefunden werden.

Widerstand	U ver +	GND	Sig. In+	Sig. In-	Sig. Out+	Sig. Out-
U ver+	---	2.001 k	OL	2.001 k	79.1 k	2.001 k
GND	2.001 k	---	OL	0.2	79.2 k	0.2
Sig. In+	OL	OL	---	OL	OL	OL
Sig. In-	2.001 k	0.2	OL	---	79.2 k	0.2
Sig. Out+	79.1 k	79.1 k	OL	79.1 k	---	79.1 k
Sig. Out-	2.001 k	0.2	OL	0.2	79.2 k	---

Tabelle 4 Widerstandsmessung Aktive Blackbox

Kapazität	U ver +	GND	Sig. In+	Sig. In-	Sig. Out+	Sig. Out-
U ver+	---	OL	1.3 n	OL	OL	OL
GND	OL	---	1.3 n	OL	OL	OL
Sig. In+	1.3 n	1.3 n	---	1.3 n	1.3 n	1.3 n
Sig. In-	OL	OL	1.3 n	---	OL	OL
Sig. Out+	OL	OL	1.3 n	OL	---	OL
Sig. Out-	OL	OL	1.3 n	OL	OL	---

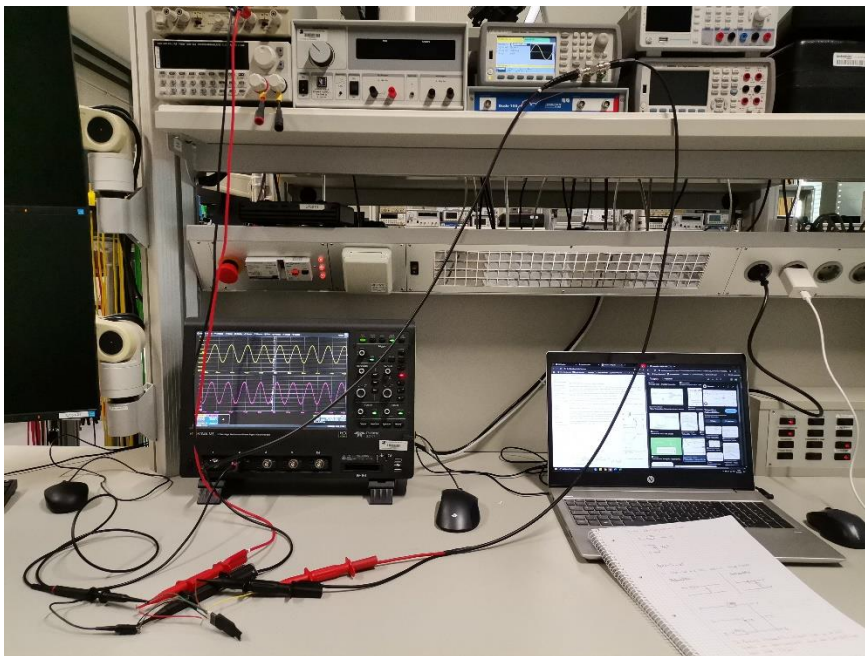
Tabelle 5 Kapazitäten Messung Aktive Blackbox

Daraufhin wurde eine Messung mithilfe des Oszilloskops „Teledyne Lecroy HD 4096“ durchgeführt. Bei dieser Messung wurden die Pins „U ver+“ und „GND“ mit 5V und 50mA beschalten. Zusätzlich wurde mit dem Funktionsgenerator eine Sinuswelle mit einem Eingangssignal von 200mVpp auf den Pins „Sig. in+“ und „Sig. In-“ angehängt. Mit dem Oszilloskop wurde dann auf den Pins „Sig. out+“ und „Sig. out-“ gemessen. Dadurch konnte festgestellt werden, dass wenn die Frequenz von ungefähr 45kHz verringert wird, die Amplitude sich ebenfalls deutlich verringert. Zudem ergibt sich bei der Messung ein Versatz der Spannungskurve nach oben (ca. 2,5 V). Zusätzlich erreichte die Sinusfunktion eine Amplitude von 1 Vpp.

### Grenzfrequenz:

Die Grenzfrequenz ( $f_c$ ) ist die Frequenz, bei der die Ausgangsamplitude eines Signals auf 70,7 % (oder -3 dB) der maximalen Amplitude absinkt. Für einen RC-Hochpass 1. Ordnung kann die Grenzfrequenz mit der folgenden Formel berechnet werden:  $f_c = 1 / (2 * \pi * R * C)$ .

- $f_c$  ist die Grenzfrequenz in Hertz (Hz)
- $R$  ist der Widerstand in Ohm ( $\Omega$ )
- $C$  ist die Kapazität in Farad (F)



**Abbildung 6 Vermessen der Aktiven Blackbox mit dem Oszilloskop**

Nach der Messung mit dem Oszilloskop, wurde eine Messung mit dem Bode100 durchgeführt. Dadurch kann die Dämpfung von den verschiedenen Frequenzen festgestellt werden. Dabei wurden 2 Klemmen (Sig. out-, Sig. out+) an Channel 2 (vom Bode100) angeschlossen. Channel 1 wurde mithilfe von einem T-Stück an den Output angeschlossen. Das andere Ende von dem T-Stück wurde an die Pins (Sig. in+, Sig. in-) angeschlossen. Dadurch konnte dann bei der Messung folgendes erkannt werden. Die Einstellungen können in dem untenstehenden Bild ausgelesen werden.

Bei allen Messungen mit dem Bode 100 und mit dem Lecroy Oszilloskop wird der Funktionsgenerator mit modularer Frequenz, mit 200mVpp, 0V Versatz und 0° Phasenverschiebung verwendet.



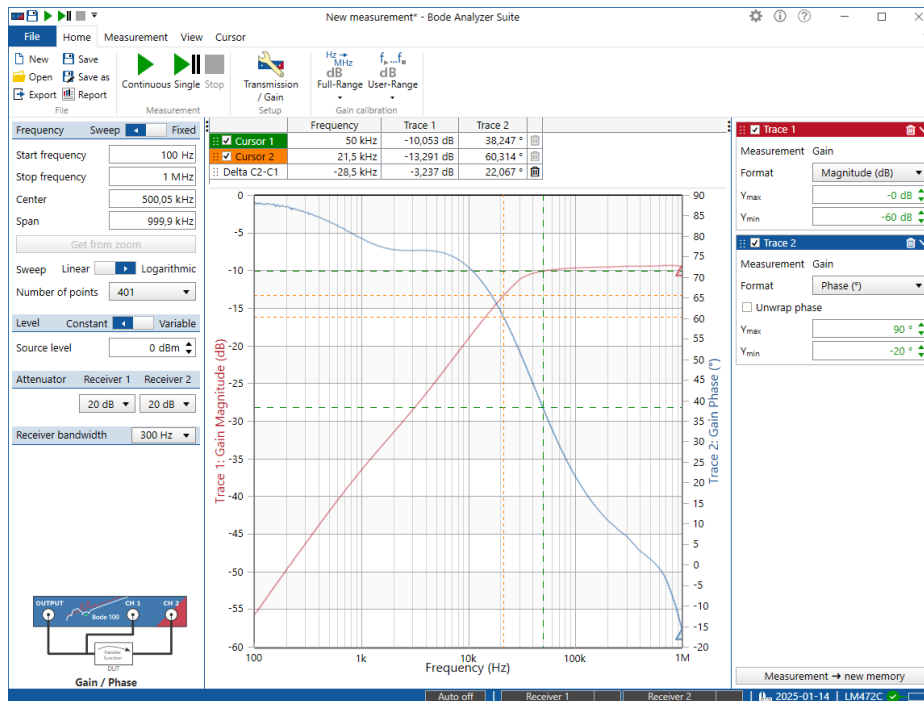


Abbildung 7 Bode100 – Messung

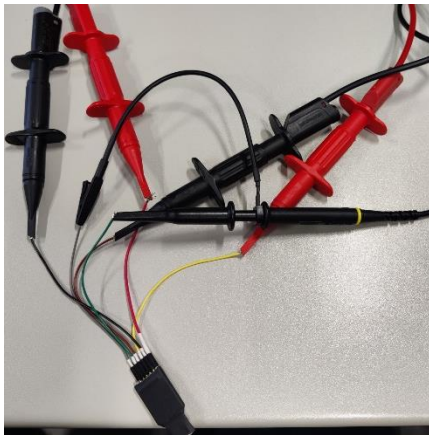


Abbildung 8 Klemmen Aktive Blackbox Anschluss



Abbildung 9 Bode 100 Anschluss

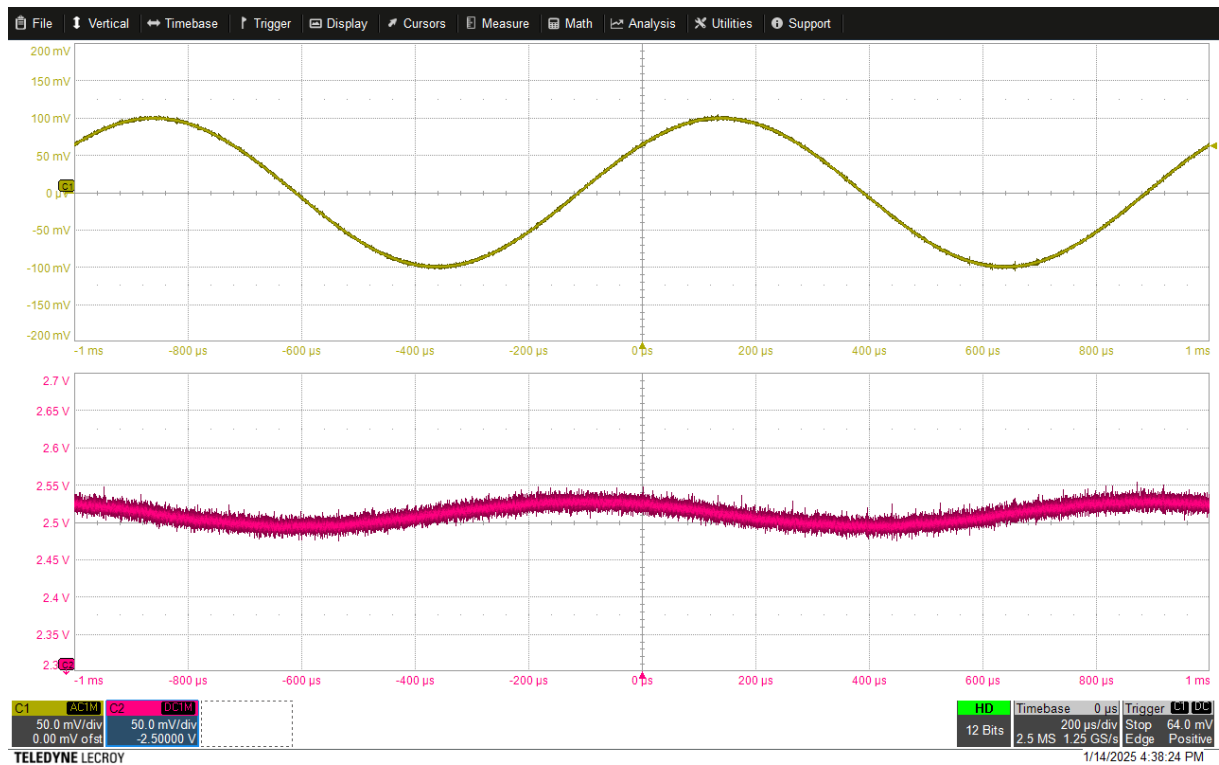


Abbildung 10 Signal bei einer Frequenz von 1kHz

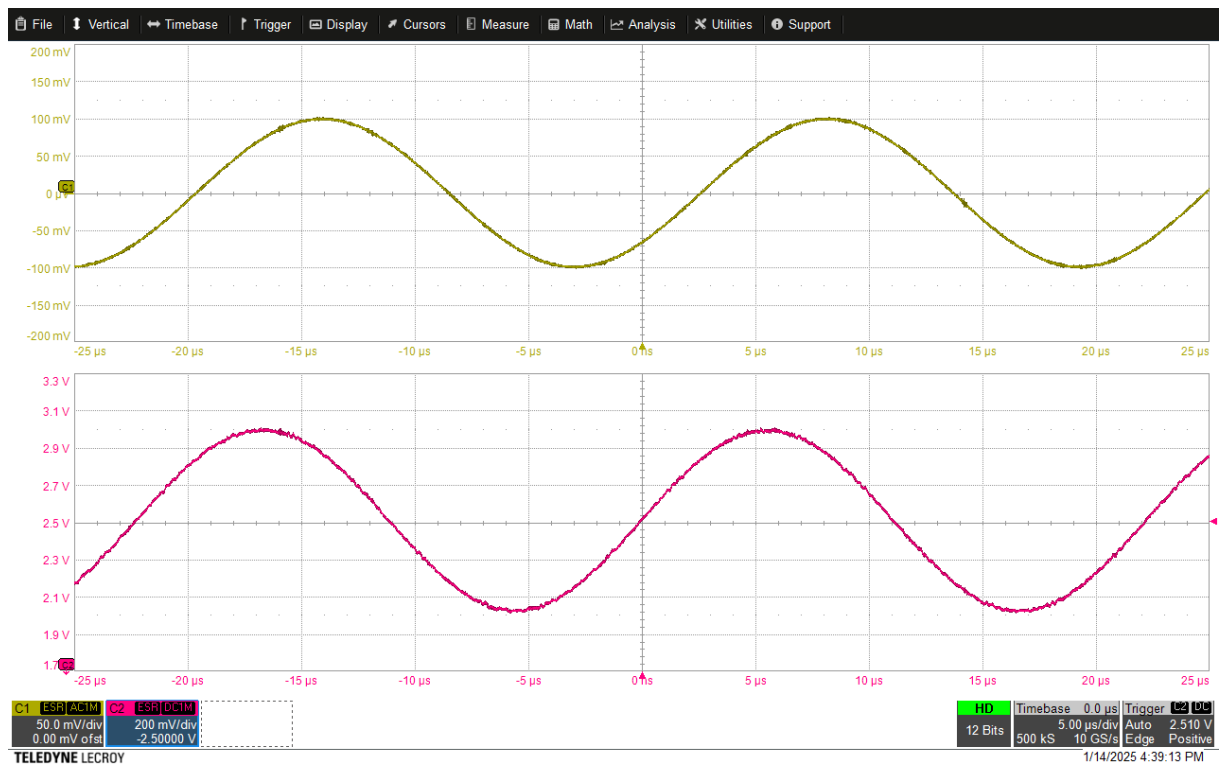


Abbildung 11 Signal bei einer Frequenz von 45 kHz

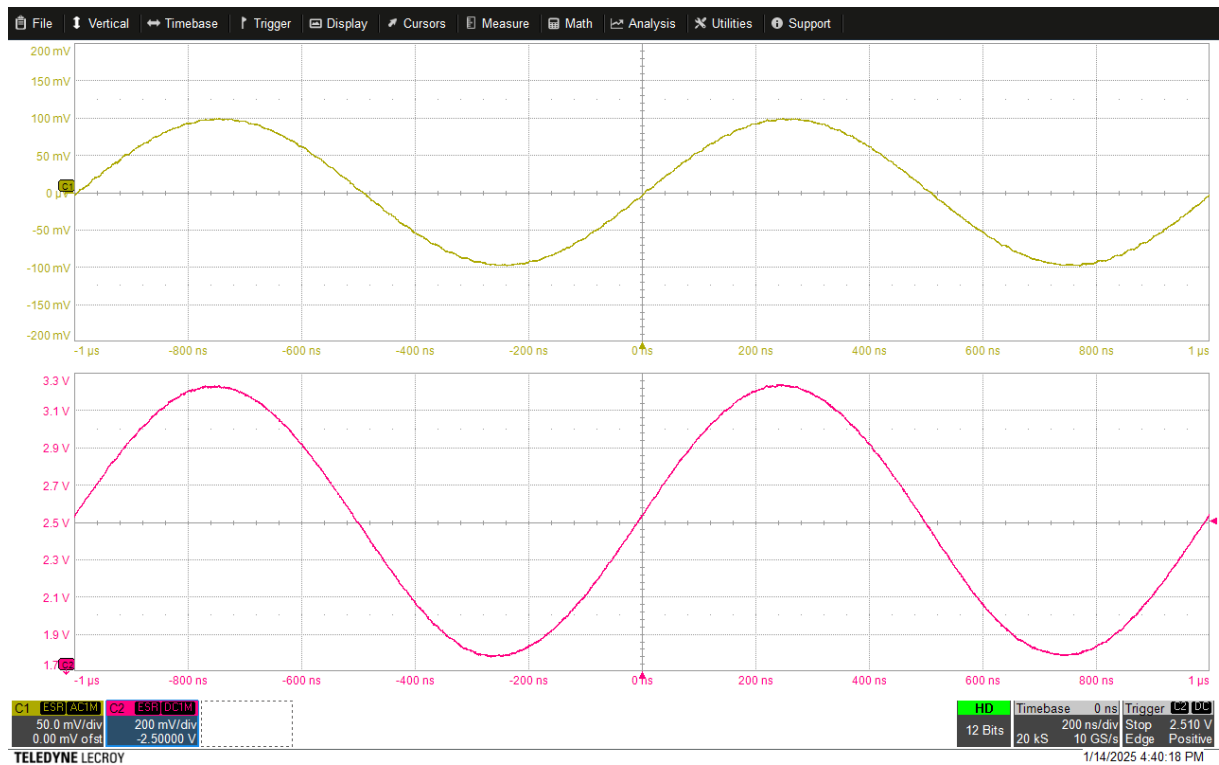


Abbildung 12 Signal bei einer Frequenz von 1MHz

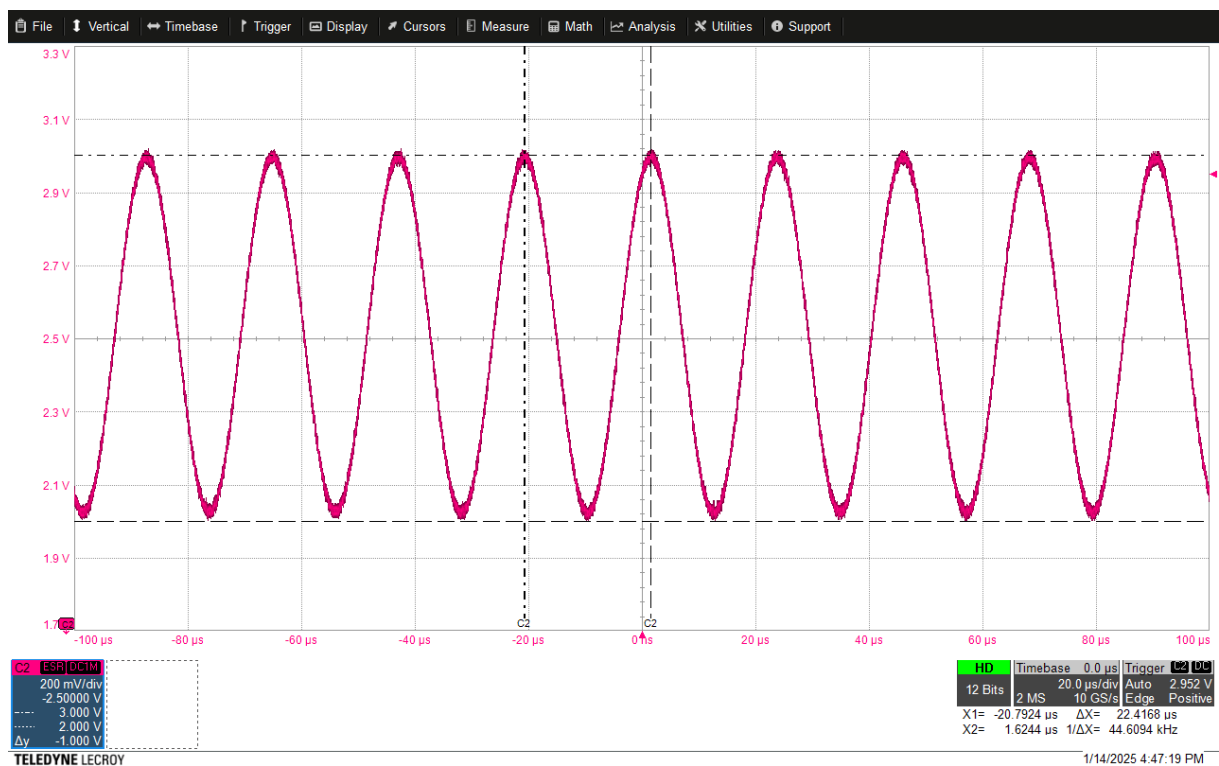
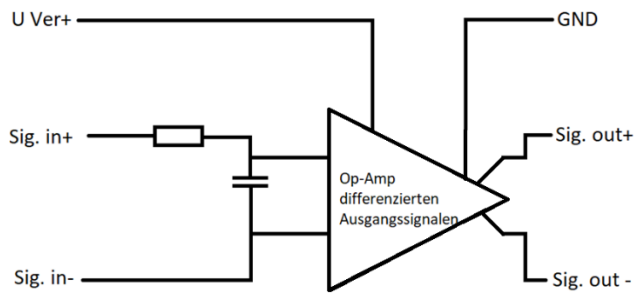


Abbildung 13 Signal bei einer Frequenz von 45kHz (Ausgangssignal)

Bei einem Signal von 45kHz wird das Signal von 200mVpp auf 1Vpp verstärkt.

Durch alle Durchgeführten Messungen, kann mit Sicherheit gesagt werden, dass es sich bei der aktiven Blackbox um einen Hochpassfilter handelt, bei dem das Signal verstärkt wird und einen Versatz erzeugt.

Durch folgende Erkenntnis kann untenstehend gesehen werden, wie die Platine designed werden kann.



**Abbildung 14 Aktive Blackbox PCB-Design**

Die Schaltung in Abbildung 14 zeigt ein Hochpassfilter, das mit einem Operationsverstärker kombiniert wird, um das Eingangssignal zu verstärken und zu filtern, wobei die Ausgangssignale als differenzielle Signale (Sig. out+ und Sig. out-) bereitgestellt werden, die das verstärkte und gefilterte Signal in positiver und negativer Polarität wiedergeben.

## SERIELLE KOMMUNIKATION

### AUFGABENSTELLUNG PASSIVE BLACKBOX

Es liegt ein PCB vor, das mithilfe von einem Microcontroller Nachrichten über verschiedene Schnittstellen mithilfe von unterschiedlichen Protokollen eine Nachricht sendet.

Es ist nicht gegeben, welche Protokolle verwendet werden. Das PCB wird mit einer Spannungsversorgung von 5V betrieben.

### VORBEREITUNG

Bei genauer Betrachtung des PCBs konnte festgestellt werden, dass es sich um einen Microcontroller der Serie „PIC32MMxxxGPM“ handelt.

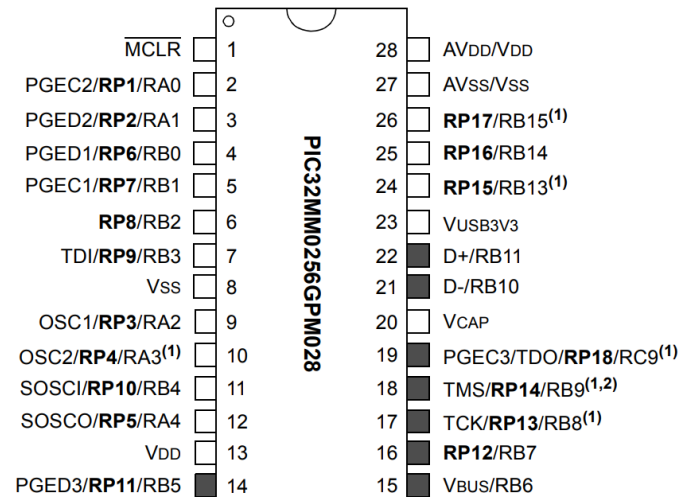
**TABLE 1: PIC32MM0256GPM064 FAMILY DEVICES**

Device	Pins	Program Memory (Kbytes)	Data Memory (Kbytes)	General Purpose I/O/PPS	16-Bit Timers Maximum	PWM Outputs Maximum	Remappable Peripherals						10/12-Bit ADC (External Channels)	Comparators	CRC	RTCC	I <sup>2</sup> C	USB	Packages
							Dedicated 16-Bit Timers	UART <sup>(1)</sup> /LIN/J2602	MCCP <sup>(4)</sup>	SCCP <sup>(3)</sup>	CLC	SPI <sup>(2)</sup> /I <sup>2</sup> S							
PIC32MM0064GPM028	28	64	16	21/18	21	18	3	3	3	6	4	3	12	3	Yes	Yes	3	Yes	SSOP/QFN/ UQFN
PIC32MM0128GPM028	28	128	16	21/18	21	18	3	3	3	6	4	3	12	3	Yes	Yes	3	Yes	SSOP/QFN/ UQFN
PIC32MM0256GPM028	28	256	32	21/18	21	18	3	3	3	6	4	3	12	3	Yes	Yes	3	Yes	SSOP/QFN/ UQFN

Abbildung 15 Datasheet Microcontroller

## Pin Diagrams

### 28-Pin SSOP



**Legend:** Shaded pins are up to 5V tolerant.

**Note 1:** High drive strength pin.

**2:** This pin may toggle during ICSP programming. Refer to [Section 2.6 "JTAG"](#).

Abbildung 16 Pin Belegung Microcontroller

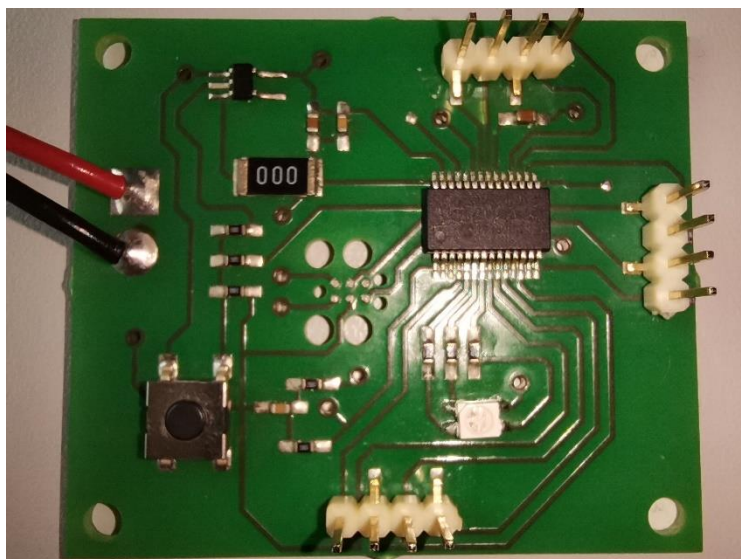


Abbildung 17 PCB-Blackbox-Serielle Kommunikation

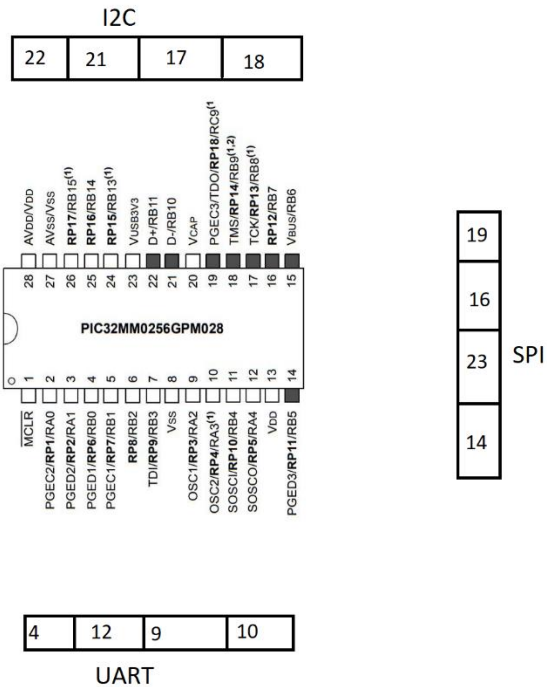


Abbildung 18 Skizze Pinbelegung

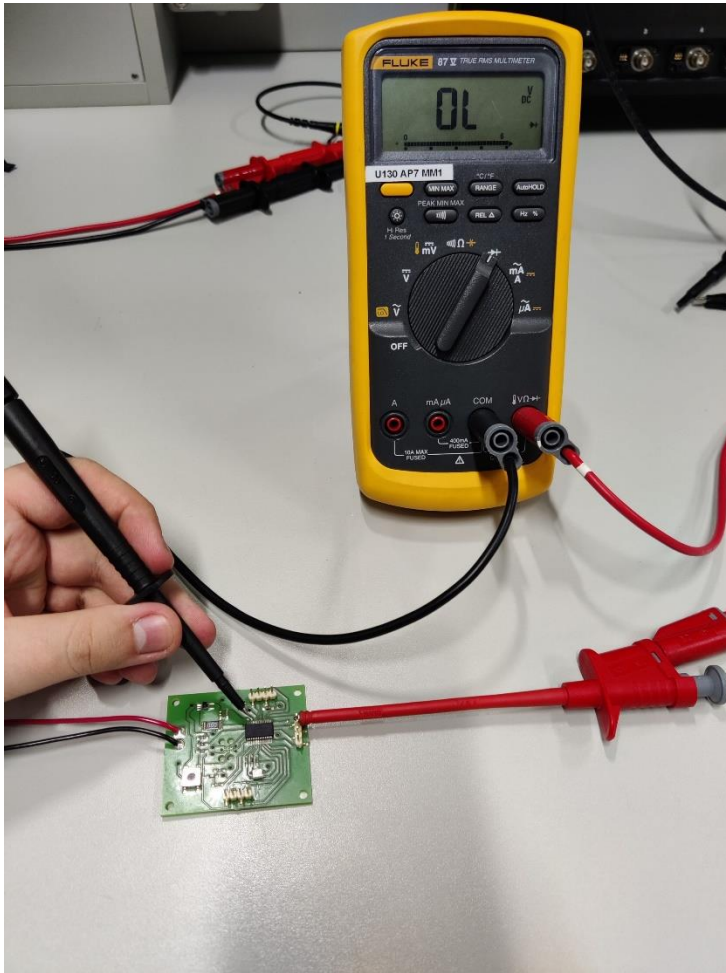
TABLE 2: COMPLETE PIN FUNCTION DESCRIPTIONS FOR 28-PIN SSOP DEVICES

Pin	Function	Pin	Function
1	MCLR	15	VBUS/RB6
2	PGEC2/VREF+/CVREF+/AN0/ <b>RP1</b> /OCM1E/INT3/RA0	16	<b>RP12</b> /SDA3/SDI3/OCM3F/RB7
3	PGED2/VREF-/AN1/ <b>RP2</b> /OCM1F/RA1	17	TCK/ <b>RP13</b> /SCL1/ $\overline{U1CTS}$ /SCK1/OCM1A/RB8 <sup>(1)</sup>
4	PGED1/AN2/C1IND/C2INB/C3INC/ <b>RP6</b> /OCM2C/RB0	18	TMS/REFCLKI/ <b>RP14</b> /SDA1/T1CK/T1G/T2CK/T2G/ $\overline{U1RTS}$ / $\overline{U1BCLK}$ /SDO1/OCM1B/INT2/RB9 <sup>(1,3)</sup>
5	PGEC1/AN3/C1INC/C2INA/ <b>RP7</b> /OCM2D/RB1	19	PGEC3/TDO/ <b>RP18</b> /ASCL1 <sup>(2)</sup> /T3CK/T3G/USBOEN/SDO3/OCM2A/RC9 <sup>(1)</sup>
6	AN4/C1INB/ <b>RP8</b> /SDA2/OCM2E/RB2	20	VCAP
7	TDI/AN11/C1INA/ <b>RP9</b> /SCL2/OCM2F/RB3	21	D-/RB10
8	Vss	22	D+/RB11
9	OSC1/CLKI/AN5/ <b>RP3</b> /OCM1C/RA2	23	VUSB3V3
10	OSC2/CLKO/AN6/C3IND/ <b>RP4</b> /OCM1D/RA3 <sup>(1)</sup>	24	AN8/LVDIN/ <b>RP15</b> /SCL3/SCK3/OCM3A/RB13 <sup>(1)</sup>
11	SOSCI/AN7/ <b>RP10</b> /OCM3C/RB4	25	CVREF/AN9/C3INB/ <b>RP16</b> /RTCC/U1TX/VBUSON/SDI1/OCM3B/INT1/RB14
12	SOSCO/SCLKI/ <b>RP5</b> /PWRLCLK/OCM3D/RA4	26	AN10/C3INA/REFCLKO/ <b>RP17</b> /U1RX/ $\overline{SS1}$ /FSYNC1/OCM2B/INT0/RB15 <sup>(1)</sup>
13	VDD	27	AVss/Vss
14	PGED3/ <b>RP11</b> /ASDA1 <sup>(2)</sup> /USBID/ $\overline{SS3}$ /FSYNC3/OCM3E/RB5	28	AVDD/VDD

- Note 1:** High drive strength pin.  
**2:** Alternate pin assignments for I2C1 as determined by the I2C1SEL Configuration bit.  
**3:** This pin may toggle during ICSP programming. Refer to [Section 2.6 "JTAG"](#).

Abbildung 19 Pinbelegung Schnittstellen





**Abbildung 20 Durchgangsmessung für nicht ersichtliche Pinbelegung**

Bei Pins, bei denen die Leiterbahnen unterhalb vom Microcontroller verlaufen, wurde eine Durchgangsmessung mithilfe von dem Fluke durchgeführt. Dadurch konnte eine komplette Pinbelegung ermittelt werden, womit alle Protokolle und somit welcher Pin für die Datenübertragung, Datenempfang, Clock und welche Leitung den Slave anspricht.



Mithilfe des Datasheet des Microcontrollers konnte herausgefunden werden, dass es sich bei dem PCB um 3 verschiedene Protokolle handelt (I2C, SPI, UART).

- I2C:
  - D+
  - D-
  - SCL
  - SDA
- SPI:
  - SDO (MOSI)
  - SDI (MISO)
  - SCK
  - SS
- UART:
  - CLS
  - RTS
  - TX
  - RX

---

#### KURZBESCHREIBUNG PROTOKOLLE:

- **I2C:** Serielles Kommunikationsprotokoll mit zwei Leitungen (SCL - Clock, SDA - Daten). Daten werden synchron mit dem Takt übertragen.
- **SPI:** Serielles Protokoll mit höherer Geschwindigkeit, das vier Leitungen nutzt (MOSI, MISO, SCK, SS). Überträgt Daten synchron über separate Datenleitungen.
- **UART:** Asynchrones Protokoll für serielle Kommunikation, das nur zwei Leitungen (TX - Übertragung, RX - Empfang) nutzt. Keine Clock-Leitung, da die Baudrate zwischen Sender und Empfänger abgestimmt wird.

#### MESSDURCHFÜHRUNG

---

##### I2C

Verwendete Geräte:

- PL303QMD-P Dual Power Supply
- Teledyne LeCroy HDO6104A-MS

Der PCB wird mit einer Spannungsversorgung von 5V betrieben. Channel 1 wird an SCL angeschlossen, um das Clock-Signal auszumessen. Channel 2 wird an SDA angeschlossen, um die gesendeten Daten auszulesen. Durch Drücken des Knopfes beginnt der Microcontroller Daten zu schicken. Beim Oszilloskop kann auf Decode gedrückt werden. Dadurch öffnet sich ein Menü, dabei muss beim Protokoll auf I2C gestellt werden. Dadurch kann dann schlussendlich eine Nachricht decodiert werden, welche so aussieht.

„Hello FHV #72“

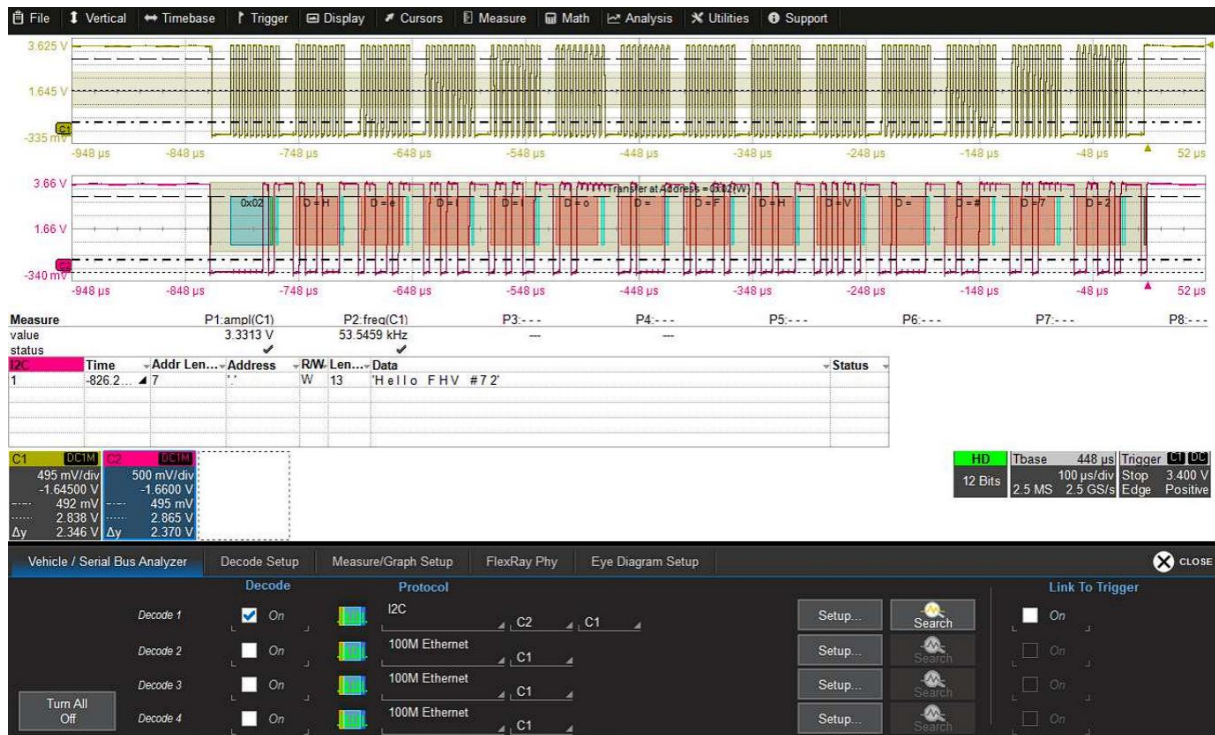


Abbildung 21 I2C Dekodierung

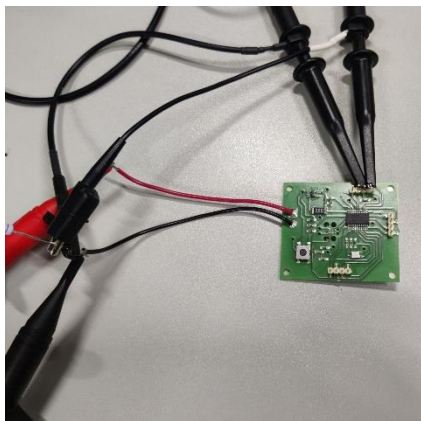


Abbildung 22 I2C Messung

## SPI-MESSUNG:

Verwendete Geräte:

- PL303QMD-P Dual Power Supply
- Teledyne LeCroy HDO6104A-MS

Der PCB wird mit einer Spannungsversorgung von 5V betrieben. Der Tastkopf auf Channel 1 wird an SCK angeschlossen, um den Clock-Puls zu messen. Der Tastkopf auf Channel 2 wird an MOSI angeschlossen, um die gesendeten Daten zu messen. Durch Drücken des Knopfes beginnt der Microcontroller Daten zu schicken. Beim Oszilloskop kann auf Decode gedrückt werden. Dadurch öffnet sich ein Menü, dabei muss beim Protokoll auf SPI gestellt werden. Dadurch kann dann schlussendlich eine Nachricht decodiert werden, welche so aussieht.

„Hello FHV #66“



Abbildung 23 SPI Dekodierung

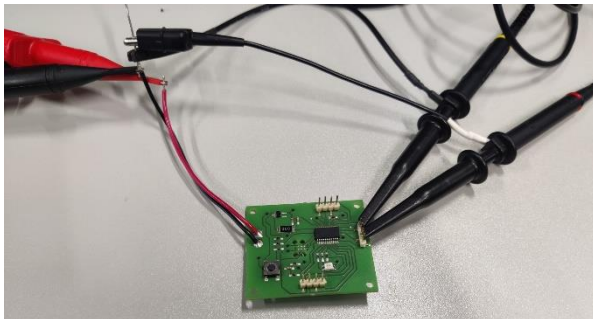


Abbildung 24 SPI Messung

## UART

Verwendete Geräte:

- PL303QMD-P Dual Power Supply
- Teledyne LeCroy HDO6104A-MS

Der PCB wird mit einer Spannungsversorgung von 5V betrieben. Der Tastkopf auf Channel 1 wird an TX angeschlossen, um die Daten auszulesen. Da UART ein asynchrones Protokoll ist, welches keine Clock besitzt, benötigen wir nur einen Channel. Durch Drücken des Knopfes beginnt der Microcontroller Daten zu schicken. Beim Oszilloskop kann auf Decode gedrückt werden. Dadurch öffnet sich ein Menü, dabei muss beim Protokoll auf UART gestellt werden. Dadurch kann dann schlussendlich eine Nachricht decodiert werden, welche so aussieht.

„Hello FHV #08“



Abbildung 25 UART Dekodierung

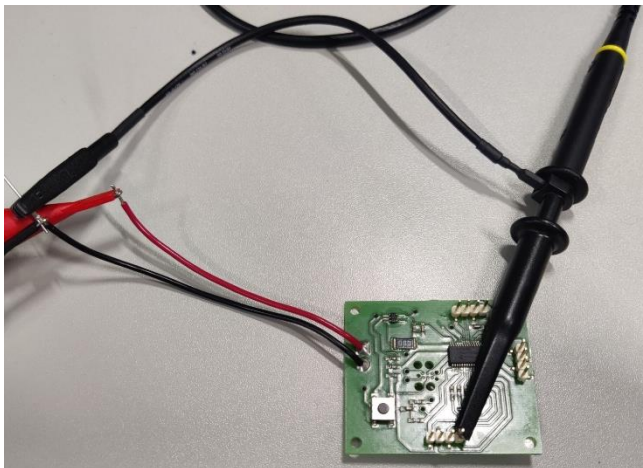


Abbildung 26 UART Messung

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Pinbelegung passive Blackbox	4
Abbildung 2 Erste Skizze der Schaltung	5
Abbildung 3 Kapazitätenmessung mit Fluke	6
Abbildung 4 Kapazitätenmessung mit Tenma	6
Abbildung 5 Pinbelegung aktive Blackbox	7
Abbildung 6 Vermessen der Aktiven Blackbox mit dem Oszilloskop	8
Abbildung 7 Bode100 – Messung	9
Abbildung 8 Klemmen Aktive Blackbox Anschluss	9
Abbildung 9 Bode 100 Anschluss	9
Abbildung 10 Signal bei einer Frequenz von 1kHz	10
Abbildung 11 Signal bei einer Frequenz von 45 kHz	10
Abbildung 12 Signal bei einer Frequenz von 1MHz	11
Abbildung 13 Signal bei einer Frequenz von 45kHz (Ausgangssignal)	11
Abbildung 14 Aktive Blackbox PCB-Design	12
Abbildung 15 Datasheet Microcontroller	13
Abbildung 16 Pin Belegung Microcontroller	14
Abbildung 17 PCB-Blackbox-Serielle Kommunikation	14
Abbildung 18 Skizze Pinbelegung	15
Abbildung 19 Pinbelegung Schnittstellen	15
Abbildung 20 Durchgangsmessung für nicht ersichtliche Pinbelegung	16
Abbildung 21 I2C Dekodierung	18
Abbildung 22 I2C Messung	18
Abbildung 23 SPI Dekodierung	19
Abbildung 24 SPI Messung	19
Abbildung 25 UART Dekodierung	20
Abbildung 26 UART Messung	20



## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Widerstandsmessung Passive Blackbox.....	4
Tabelle 2 Kapazitäten Messung Passive Blackbox .....	4
Tabelle 3 Induktivitäten Messung Passiv .....	5
Tabelle 4 Widerstandsmessung Aktive Blackbox .....	7
Tabelle 5 Kapazitäten Messung Aktive Blackbox.....	7

## QUELLENVERZEICHNIS

Die Grafik und die Informationen für die serielle Schnittstelle, die wir ausgemessen haben, stammen von der Website von Mouser unter folgendem Link: ([https://www.mouser.at/ProductDetail/Microchip-Technology/PIC32MM0256GPM028-E-SS?qs=byeeYqUIh0Pf4PrTh7fjKg%3D%3D&utm\\_id=20019504703&gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQIAs5i8BhDmARIsAGE4xHySVr3ouW9a3Hqoa3mCfyW7grfOGsIKdbKIf9Wl1oOnGSnbkvChVr8aAky0EALw\\_wcB&gl=1\\*4w2hhx\\*ga\\*MTEzNDgzNjU1OC4xNzM2ODYxOTcw\\*ga\\_15W4STQT4T\\*MTczNjg2MTk3MCA4LjAuMTczNjg2MTk3Mi41OC4wLjA](https://www.mouser.at/ProductDetail/Microchip-Technology/PIC32MM0256GPM028-E-SS?qs=byeeYqUIh0Pf4PrTh7fjKg%3D%3D&utm_id=20019504703&gad_source=1&gclid=Cj0KCQIAs5i8BhDmARIsAGE4xHySVr3ouW9a3Hqoa3mCfyW7grfOGsIKdbKIf9Wl1oOnGSnbkvChVr8aAky0EALw_wcB&gl=1*4w2hhx*ga*MTEzNDgzNjU1OC4xNzM2ODYxOTcw*ga_15W4STQT4T*MTczNjg2MTk3MCA4LjAuMTczNjg2MTk3Mi41OC4wLjA))