

ADC-BOARD

STM32F0-BOARD

Inhaltsverzeichnis

1	Abbildungsverzeichnis.....	2
2	Projektdaten	2
3	Aufgabe	3
3.1	Vorgaben	3
4	Grundlagen	4
4.1	Analog-Digital-Converter (ADC)	4
4.2	Temperatursensorschaltungen.....	4
5	Planung	5
5.1	Zielsetzung.....	5
5.2	Zeitplan.....	5
5.3	Meilensteine.....	5
6	Ausführung.....	6
6.1	Evaluation.....	6
6.1.1	ADC.....	6
6.1.2	Temperatursensor	6
6.1.3	Weitere Anschlüsse.....	6
6.2	Schaltungsaufbau.....	7
6.2.1	3-Leitermessung.....	7
6.2.2	ADC-Serial Interface.....	7
6.3	Funktion der Schaltung / Überlegungen.....	7
6.4	Dimensionierungen und Berechnungen	7
6.4.1	Widerstände für 3-Leitermessung.....	8
7	Anhang.....	9
7.1	Kalkulation ADC Auflösung.....	9
7.2	BOM	0
7.3	Schema.....	1
7.4	Layout (Bestückungspläne)	2

1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Abmessungen vom Discovery-Board.....	3
Abbildung 2 Anschluss von Widerstandsthermometern	4
Abbildung 3 Blockschaltbild ADC-Board.....	6
Abbildung 4 3-Leitermessung vom PT100	7

2 Projektdaten

Projektleiter:	Noëmi Kurt & Philipp Gurtner
Verantwortlicher Auftragsgeber (mit Abteilung):	Ronny Bachmann
Projektname / Bezeichnung:	ADC-Board
Annahmedatum:	28.02.2019
Abgeschlossen am:	06.06.2019

3 Aufgabe

Im berufsübergreifenden Projekt-Unterricht haben wir den Auftrag erhalten, ein neues Board für das erste und zweite Lehrjahr entwickeln zu helfen, da die Schule die Silicon Labs C8051 FX20-Boarde nicht mehr verwenden möchte. Jetzt ist das Ziel mit dem STM32F0-Discovery-Board verschiedene Zusatzboards zu entwickeln.

Unsere Aufgabe ist es nun ein ADC mit dem Board zu verknüpfen und ein Programm zu schreiben, welches mit dem ADC per SPI kommuniziert und die Spannungsmessung ausgibt.

3.1 Vorgaben

- Es soll nur eine Seite für Anschlüsse genutzt werden
- Die Erweiterungsplatine sitzt also zur rechten oder linken Seite des STM32F0-Board
- Die Seite wird durch die Versorgungsspannung vorgegeben, wenn möglich 3V
- Platinendicke 1,6mm
- Lagenanzahl: 2
- Bestückungsdruck: Schriftgröße 1mm → Name der Bauteile, Stecker Pin 1, Signalnamen
- Stecker
 - 2mm Name Projekt, Datum, Namen der Ersteller
- Line Space $\geq 200\mu\text{m}$
- GND-Plane
- Abmessung Discovery-Board: 33Pin Header



Abbildung 1 Abmessungen vom Discovery-Board

4 Grundlagen

4.1 Analog-Digital-Converter (ADC)

Das Aufgabe eines ADC's, ist die Umwandlung von analogen Signalen zu digitalen Daten. Dabei sind mehrere Faktoren wichtig, wie SampleRate und Auflösung(Bittiefe). Um die Signale zu ermitteln müssen wir wissen, was für eine Auflösung der ADC hat. Denn mit diesem, wissen wir wie fein wir das analoge Signal aufteilen können und so die digitalen Werte erhalten. Anhand der SampleRate sehen wir, wie viel Mal der ADC in der Sekunde das analoge Signal maximal abtasten kann. Mit diesen beiden Werten können wir dann in der Software die Werte in unser Signal umrechnen.

4.2 Temperatursensorschaltungen

Um einen Temperatursensor anzuschliessen gibt es verschiedene Möglichkeiten. Diese sind für thermisch abhängige Widerstände, welche als Temperatursensoren funktionieren.

Siehe auch Abbildung 1.¹ (Zum Beispiel PT100 oder PT1000)

Zweileiter-Messung

Der Messwiderstand (Temperatursensor) wird über die Selbe Leitung gespiesen wie auch die Temperatur gemessen wird. Daher, dass über die Leitungen ebenfalls etwas Spannung abfällt, wird dieser Fehler nicht mit einberechnet und wird zu einem Messfehler.

Dreileiter- Messung

Bei der Dreileitermessung wird der Messwiderstand über eine zusätzliche Leitung mit Strom versorgt. Daher fällt einerseits der Messfehler der Spannung weg, da die Temperatur über eine unbelastete Leitung gemessen werden kann. Da der Strom $I=0A$ auf der Messleitung ist kann auf der gemeinsamen Leitung der Messfehler herausgerechnet werden -> Siehe Anwendung.

Vierleiter- Messung

Bei einer Vierleitermessung werden der Messstrom und die Messspannung je auf einer separaten Leitung geführt. So kann der Widerstand komplett ohne Spannungsabfall auf der Messleitung gemessen werden.

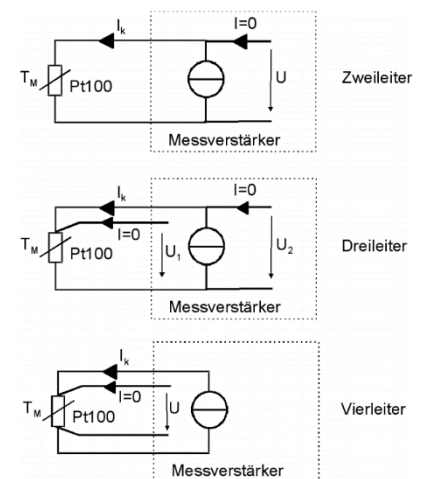


Abbildung 2 Anschluss von Widerstandsthermometern

¹ https://www.smarterworld.de/fileadmin/media/whitepaper/files/Additive_WP2007_Temperaturmessung.pdf

5 Planung

5.1 Zielsetzung

- Das Board muss passend als Erweiterung für das Devboard sein, so dass es einfach adaptiert werden kann.
- Die Hauptanwendung besteht darin einen 3-Leiter PT100 zu messen.
- Weiter soll möglich sein, durch eine Buchse eine eigene Messspannung hinzuzuführen, so dass auch diese digitalisiert werden kann.
- Durch einen hochauflösenden ADC (>16Bit) werden dann hohe Genauigkeiten möglich.

5.2 Zeitplan

✓Evaluieren ADC	.5h
✓Evaluieren rest. Teile	1h
✓Schemadesign	2h
✓Layout	2h
✓Dokumentation	6h
Software Library	8h
Assembly Prototype	1h
	<hr/>
	20.5h

5.3 Meilensteine

28.02.19	Abgabe Pflichtenheft
11.04.19	Zwischenbericht
06.06.19	Präsentation

6 Ausführung

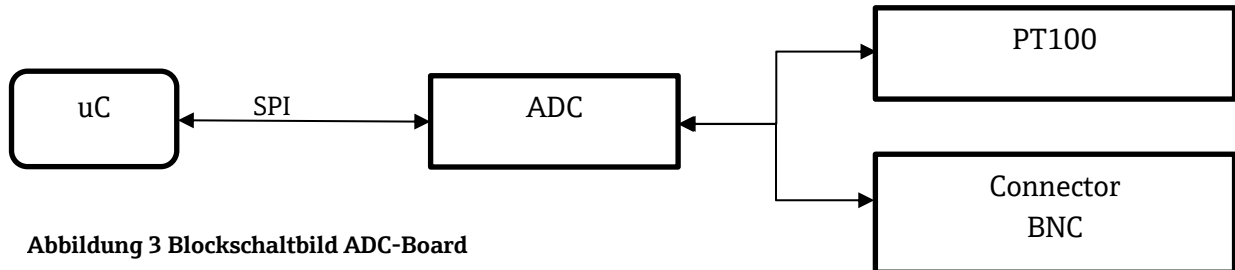


Abbildung 3 Blockschaltbild ADC-Board

Nach dem Schaltungskonzept Abbildung 3 werden die Bauteile evaluiert.

6.1 Evaluation

6.1.1 ADC

Beim Evaluieren eines ADC's gibt es sehr viele Möglichkeiten. Die wichtigsten Eigenschaften sind Auflösung (Bittiefe) und Geschwindigkeit (Samples per Second).

Für dieses Projekt spielt die Geschwindigkeit keine grosse Rolle, da Prozesswerte abgefragt werden möchten und es sich nicht um eine Digitalisierung eines hochfrequenten Signals handelt.

Die Auflösung spielt für dieses Projekt die grössere Rolle. Da gezeigt werden möchte wie genau der ADC ist, soll die Temperatur des Temperatursensors ohne jegliche Verstärkung gemessen werden.

Die Berechnungen zu der Temporaturauflösung sind in Tabelle 1 zu finden.

6.1.2 Temperatursensor

Als Temperatursensor eignet sich ein thermisch abhängiger Widerstand sehr gut. Diese werden oft auch in Industrieanlagen verwendet. Da gerade ein fertiger PT100 Sensor an Lager ist wird dieser Verwendet, er benötigt nur eine Buchse auf der Platine um den Sensor anzuhängen.

6.1.3 Weitere Anschlüsse

Als zusätzliche Anschlüsse wurden BNC Buchsen ausgewählt. Durch ihre Standardisierung und häufigen gebrauch eignen sie sich gut um weitere Signale anzulegen und zu messen.

Es können dann entweder Oszilloskop-Messspitzen oder auch Adapter auf andere Hochfrequenz Stecker, wie auch auf Bananenbuchse verwendet werden.

6.2 Schaltungsaufbau

6.2.1 3-Leitermessung

Für diese Schaltung wird eine Dreileiter-Messung für den Temperatursensor verwendet, da diese sehr einfach aufzubauen, wie auch dann interessant zu verarbeiten ist. Weiter sind hier nur 3 ADC Kanäle nötig obwohl wie bei einer 4-Leiter Messung auch der Widerstand der Messleitung herausgerechnet werden kann.

6.2.2 ADC-Serial Interface

Der ADC besitzt ein Serial Peripherie Interface (SPI). Über diese kann mit dem Microcontroller kommuniziert werden. Damit die Peripherie nicht per Bit-Banging angesteuert werden muss, müssen die SPI-Anschlüsse beim Microcontroller an einen SPI fähigen Port geroutet werden.

6.3 Funktion der Schaltung / Überlegungen

Dank folgender Rechnung wird ersichtlich wie die Spannung über dem PT100 berechnet werden kann. Dies funktioniert nach der theoretischen Betrachtung in Abbildung 4.

Es werden hier alle anderen Spannungen herausgerechnet.

$$\begin{aligned}
 \text{ADC0} &= U_{\text{Leiter}} + U_{\text{PT100}} + U_{\text{Leiter}} + U_{\text{Mess}} \\
 \text{ADC1} &= U_{\text{Leiter}} + U_{\text{Mess}} \\
 \text{ADC2} &= U_{\text{Mess}} \\
 U_{\text{PT100}} &= \text{ADC0} - 2 * U_{\text{Leiter}} - U_{\text{Mess}} \\
 U_{\text{PT100}} &= \text{ADC0} - 2 * (\text{ADC1} - \text{ADC2}) - \text{ADC2}
 \end{aligned}$$

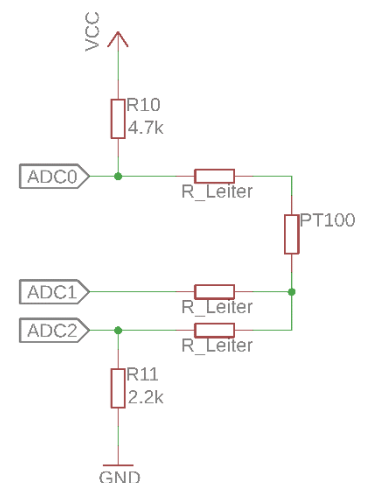


Abbildung 4 3-Leitermessung vom PT100

6.4 Dimensionierungen und Berechnungen

Als Temperatursensor wird ein PT100 verwendet. Nach Spezifikation hat der Temperatursensor bei 0°C einen 100Ω Widerstand. Je nach Temperatur verändert sich der Widerstand, nach einer spezifizierten Kurve.

Als Messstrom wird bei 0°C 0.5mA verwendet. Da sich der Temperatursensor selbst erwärmt darf dieser Messstrom nicht zu hoch gewählt werden.

Um den geflossenen Strom durch den ADC zu messen, wird über einem präzisen Referenzwiderstand die Spannung gemessen, welche vom Messstrom erzeugt wird.

6.4.1 Widerstände für 3-Leitermessung

Als Pullupwiderstand (R10) für die Messschaltung verwenden wir einen $4.7k\Omega$ Widerstand. Dieser hat die Aufgabe den Messstrom zu begrenzen (Auf $0.5mA$)

Für die Messung des Stromes wird ein Präzisionswiderstand (R11) verwendet. Da wurde entgegen der Vorgaben, ein 0805 Widerstand verbaut, da dieser bei gleicher Präzision viel günstiger ist. Die Toleranz liegt somit bei 0.01% und bei $2ppm/^{\circ}C$.

7 Anhang

7.1 Kalkulation ADC Auflösung

Tabelle 1 Kalkulation ADC Auflösung

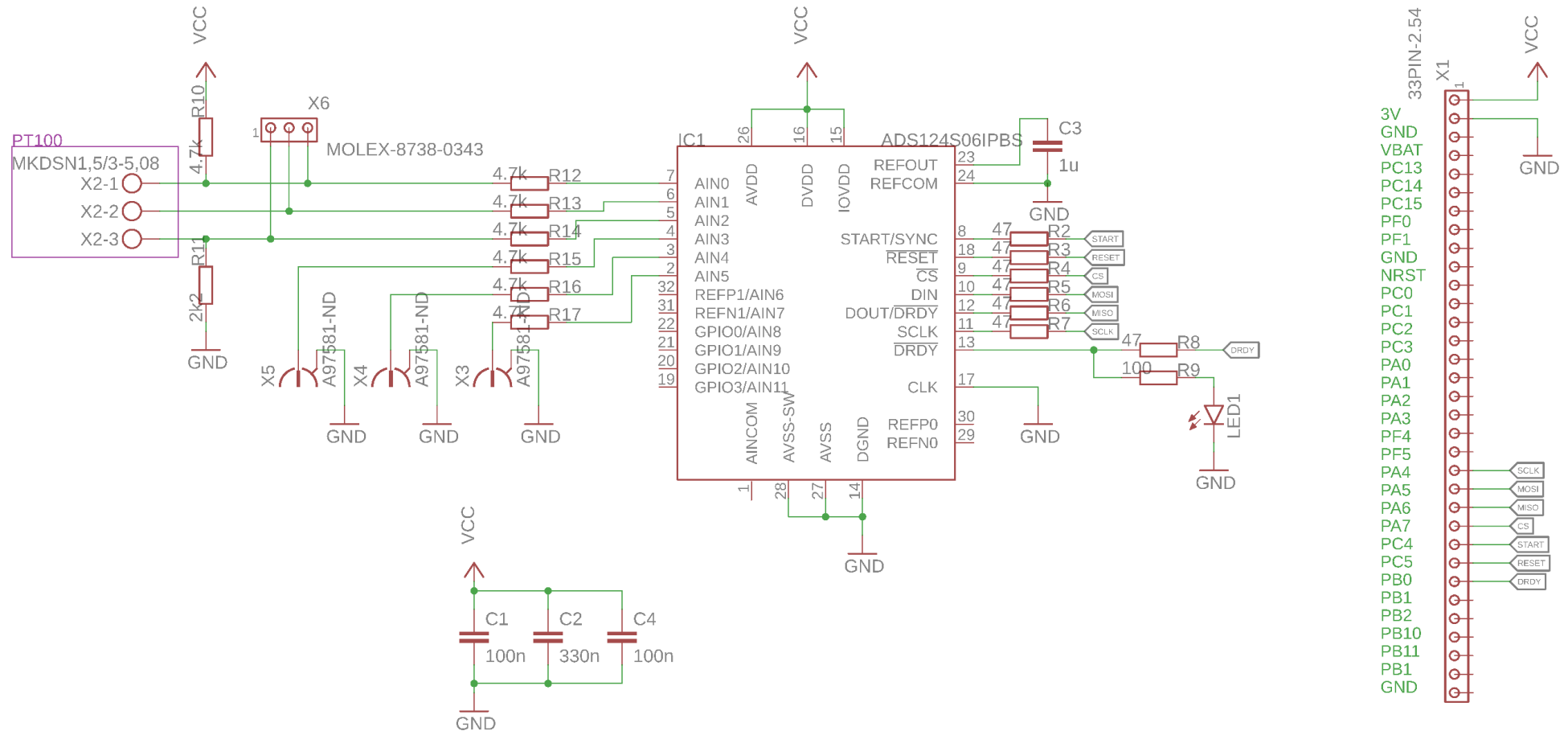
R	100Ω	
I	500.0E-6A	
Temperatur	Faktor (Datenblatt)	U
-50°C	0.803	40.2E-3V
50°C	1.194	59.7E-3V
100°C	1.385	69.3E-3V
150°C	1.573	78.7E-3V
ΔU	38.5E-3V	$\Delta U = U_{max} - U_{min}$
ADC Auflösung	16777216	
VCC	3.3E+0V	
ADC Auflösung [V]	196.7E-9V	$Auflösung = \frac{VCC}{Bit}$
Temp. Auflösung	195734.1867	$Temp.Auflösung = \frac{\Delta U}{ADC\ Auflösung}$
Temp. Auflösung	1.0E-3°C	$Temp.Auflösung = \frac{\Delta TEMP}{ADC\ Auflösung}$

7.2 BOM

Qty	Value	Device	Package	Parts	DIGIKEY_NR	DIGIKEY_PRICE
1		LEDSML0603	SML0603	LED1	475-3118-1-ND	CHF 0.52
1	100	R-EU_R0603	R0603	R9	311-100DCT-ND	CHF 0.20
1	100n	C-EUC0603	C0603	C4	1276-6439-1-ND	CHF 0.10
1	100n	C-EUC0603	C0603	C1	1276-6439-1-ND	CHF 0.10
1	1u	C-EUC0603	C0603	C3	1276-1182-1-ND	CHF 0.10
1	2k2	R-EU_R0805W	R0805W	R11	408-1635-1-ND	CHF 4.37
1	330n	C-EUC0603	C0603	C2	490-6050-1-ND	CHF 0.22
1	33PIN-2.54	33PIN-2.54	1X33	X1	609-2223-ND	CHF 1.41
7	4.7k	R-EU_R0603	R0603	R10, R12, R13, R14, R15, R16, R17	311-4.70KHRCT-ND	CHF 0.10
7	47	R-EU_R0603	R0603	R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8	311-470GRCT-ND	CHF 0.10
3	A97581-ND	A97581-ND	1634503	X3, X4, X5	A97581-ND	CHF 1.73
1	ADS124S06IPBS	ADS124S0XIPBS	TQFP32-05	IC1	296-45188-ND	CHF 10.15
1	MKDSN1,5/3-5,08	MKDSN1,5/3-5,08	MKDSN1,5/3-5,08	X2	277-14503-ND	CHF 1.57
1	MOLEX-8738-0343	MOLEX-8738-0343	MOLEX-87438-0343	X6	WM7647CT-ND	CHF 0.81

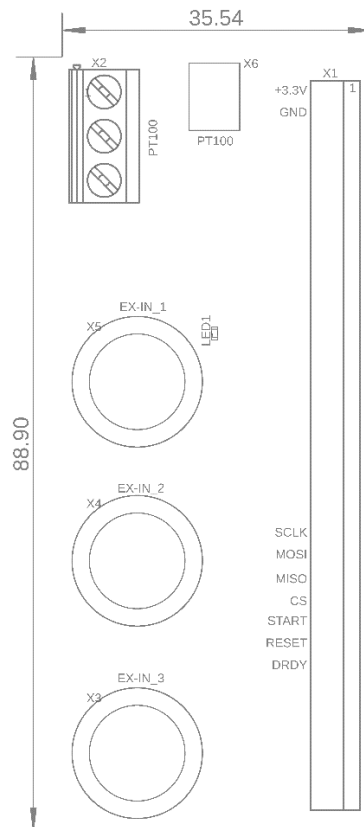
Pro Print: CHF 26.14

7.3 Schema



7.4 Layout (Bestückungspläne)

Bestückungsplan Top



Bestückungsplan Bottom

