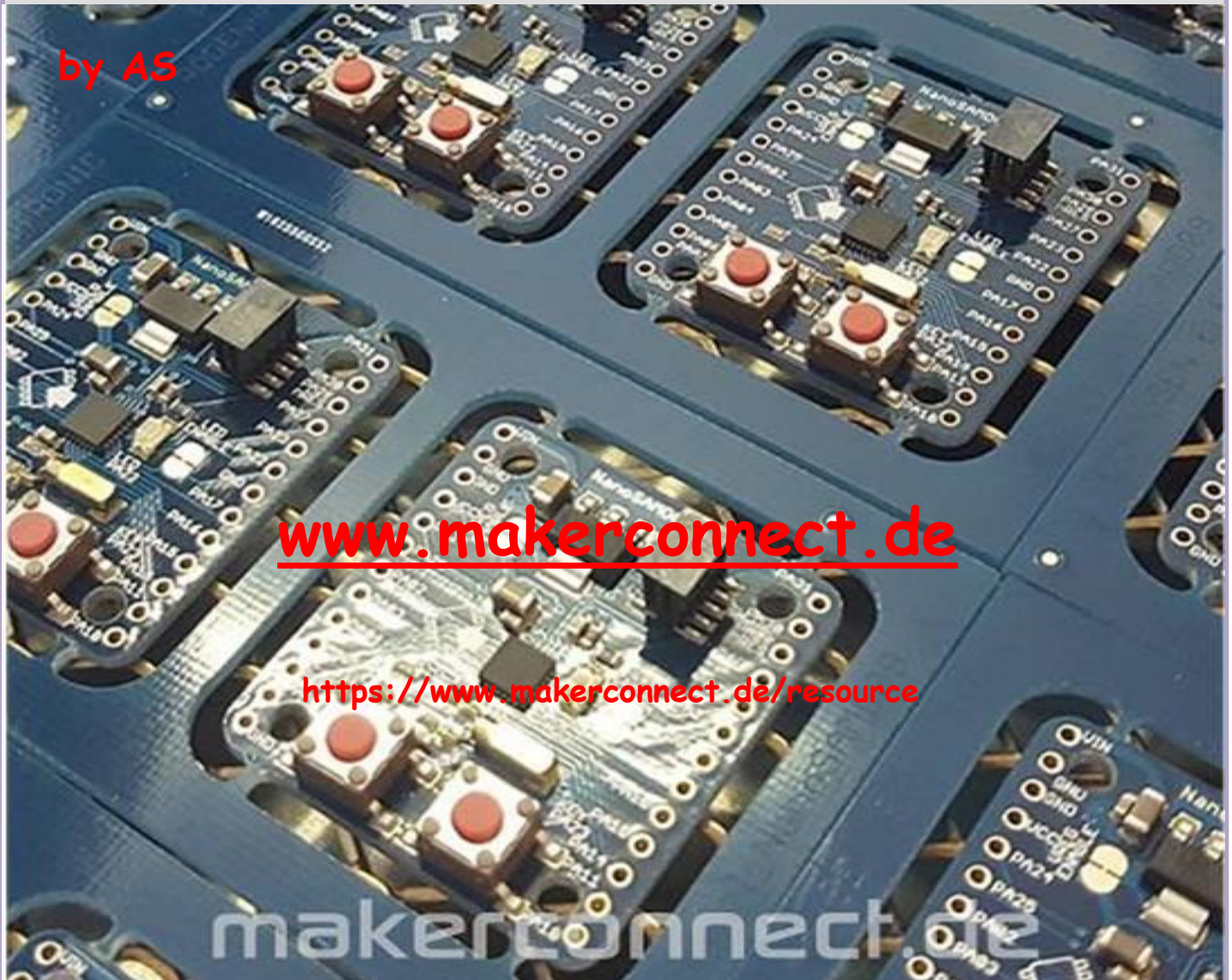
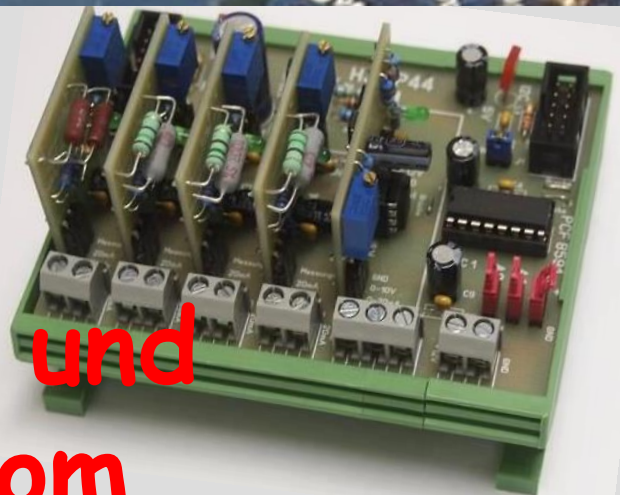


# MIKROKONTROLLER & I<sup>2</sup>C BUS



Einheitsstrom  
Messung und Generierung  
von 0-20mA und 0-10V

## Der I<sup>2</sup>C Bus und Einheitsstrom



## Copyright

Sofern nicht anders angegeben, stehen die Inhalte dieser Dokumentation unter einer „Creative Commons - Namensnennung-NichtKommerziell-Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 DE Lizenz“



## Sicherheitshinweise

Lesen Sie diese Gebrauchsanleitung, bevor Sie diesen Bausatz in Betrieb nehmen und bewahren Sie diese an einem für alle Benutzer jederzeit zugänglichen Platz auf. Bei Schäden, die durch Nichtbeachtung dieser Bedienungsanleitung verursacht werden, erlischt die Gewährleistung / Garantie. Für Folgeschäden übernehmen wir keine Haftung! Bei allen Geräten, die zu ihrem Betrieb eine elektrische Spannung benötigen, müssen die gültigen VDE-Vorschriften beachtet werden. Besonders relevant sind für diesen Bausatz die VDE-Richtlinien VDE 0100, VDE 0550/0551, VDE 0700, VDE 0711 und VDE 0860. Bitte beachten Sie auch nachfolgende Sicherheitshinweise:

- Nehmen Sie diesen Bausatz nur dann in Betrieb, wenn er zuvor berührungssicher in ein Gehäuse eingebaut wurde. Erst danach darf dieser an eine Spannungsversorgung angeschlossen werden.
- Lassen Sie Geräte, die mit einer Versorgungsspannung größer als 24 V- betrieben werden, nur durch eine fachkundige Person anschließen.
- In Schulen, Ausbildungseinrichtungen, Hobby- und Selbsthilfswerkstätten ist das Betreiben dieser Baugruppe durch geschultes Personal verantwortlich zu überwachen.
- In einer Umgebung in der brennbare Gase, Dämpfe oder Stäube vorhanden sind oder vorhanden sein können, darf diese Baugruppe nicht betrieben werden.
- Im Falle einer Reparatur dieser Baugruppe, dürfen nur Original-Ersatzteile verwendet werden! Die Verwendung abweichender Ersatzteile kann zu ernsthaften Sach- und Personenschäden führen. Eine Reparatur des Gerätes darf nur von fachkundigen Personen durchgeführt werden.
- Spannungsführende Teile an dieser Baugruppe dürfen nur dann berührt werden (gilt auch für Werkzeuge, Messinstrumente o.ä.), wenn sichergestellt ist, dass die Baugruppe von der Versorgungsspannung getrennt wurde und elektrische Ladungen, die in den in der Baugruppe befindlichen Bauteilen gespeichert sind, vorher entladen wurden.
- Sind Messungen bei geöffnetem Gehäuse unumgänglich, muss ein Trenntrafo zur Spannungsversorgung verwendet werden
- Spannungsführende Kabel oder Leitungen, mit denen die Baugruppe verbunden ist, müssen immer auf Isolationsfehler oder Bruchstellen kontrolliert werden. Bei einem Fehler muss das Gerät unverzüglich ausser Betrieb genommen werden, bis die defekte Leitung ausgewechselt worden ist.
- Es ist auf die genaue Einhaltung der genannten Kenndaten der Baugruppe und der in der Baugruppe verwendeten Bauteile zu achten. Gehen diese aus der beiliegenden Beschreibung nicht hervor, so ist eine fachkundige Person hinzuzuziehen

## Bestimmungsgemäße Verwendung

- Auf keinen Fall darf 230 V~ Netzspannung angeschlossen werden. Es besteht dann Lebensgefahr!
- Dieser Bausatz ist nur zum Einsatz unter Lern- und Laborbedingungen konzipiert worden. Er ist nicht geeignet, reale Steuerungsaufgaben jeglicher Art zu übernehmen. Ein anderer Einsatz als angegeben ist nicht zulässig!
- Der Bausatz ist nur für den Gebrauch in trockenen und sauberen Räumen bestimmt.
- Wird dieser Bausatz nicht bestimmungsgemäß eingesetzt kann er beschädigt werden, was mit Gefahren, wie z.B. Kurzschluss, Brand, elektrischer Schlag etc. verbunden ist. Der Bausatz darf nicht geändert bzw. umgebaut werden!
- Für alle Personen- und Sachschäden, die aus nicht bestimmungsgemäßer Verwendung entstehen, ist nicht der Hersteller, sondern der Betreiber verantwortlich. Bitte beachten Sie, dass Bedien- und /oder Anschlussfehler außerhalb unseres Einflussbereiches liegen. Verständlicherweise können wir für Schäden, die daraus entstehen, keinerlei Haftung übernehmen.
- Der Autor dieses Tutorials übernimmt keine Haftung für Schäden. Die Nutzung der Hard- und Software erfolgt auf eigenes Risiko.



## I<sup>2</sup>C - Einheitsstrom - Hardware

Einheitssignale sind normierte elektrische Signale in der Prozessautomation. Eine Umformung von nicht elektrischen Werten wie etwa Drücke, Strömungen, Geschwindigkeiten usw. geschieht durch Messumformer/Sensoren damit diese von Reglern, Anzeigen, Prozessleitsystemen, oder einer SPS verarbeitet werden können. Gängige Einheitssignale sind Stromsignale von 0...20mA oder 4...20mA (live-zero) und Spannungssignale von 0...10V oder 2...10V (live-zero). In fast allen industriellen Anwendungen werden die live-zero Signale verwendet. Dadurch kann eine Drahtbruchüberwachung recht einfach realisiert werden. Darüber hinaus bietet das Stromeinheitssignal 4 mA ... 20 mA den großen Vorteil, dass der Signalkreis permanent mit Energie als Messumformerspeisespannung versorgt werden kann.

### Ein 4-20 mA Signal - was ist das?

#### Das Prinzip

Es handelt sich um eine einfache und weitverbreitete Methode, einen Wert (meist einen Messwert) analog zu übertragen. Die Bedeutung von 0 (4) - 20 mA wird abhängig von der Anwendung festgelegt, alle Punkte dazwischen (z. B. 7,3 mA) werden dann entsprechend einer Geraden zwischen den beiden Endpunkten interpretiert.

#### Vorteile

- Die Übertragung eines Wertes via Stromsignal ist weit verbreitet. Deshalb lassen sich Produkte unterschiedlichster Hersteller miteinander kombinieren.  
Bei den oft als moderner empfundenen Bussystemen gibt es hingegen viele verschiedene Protokolle, die nicht zueinander passen.
- Eine Beschädigung der Leitung kann leicht dadurch erkannt werden, dass das Signal auf 0 mA fällt.
- Weitere Fehler können durch Signale kleiner 4 mA oder größer 20 mA übermittelt werden. Ein Drahtbruch zwischen Auswerteeinheit (Elektronik, die den Sensor ausliest) und diesem Sensor könnte z. B. durch 3 mA signalisiert werden.
- Der Signalstrom kann gleichzeitig zum Betrieb des Gerätes verwendet werden. Dadurch ist nur noch ein Kabel mit 2 Adern erforderlich (siehe unter Verdrahtung). Eine zusätzliche Stromversorgung erübrigt sich.
- Im Gegensatz zur Spannung fällt der Strom auch auf längeren Strecken nicht ab. Leitungslängen von bis zu 1.000 Metern stellen deshalb kein Problem dar.

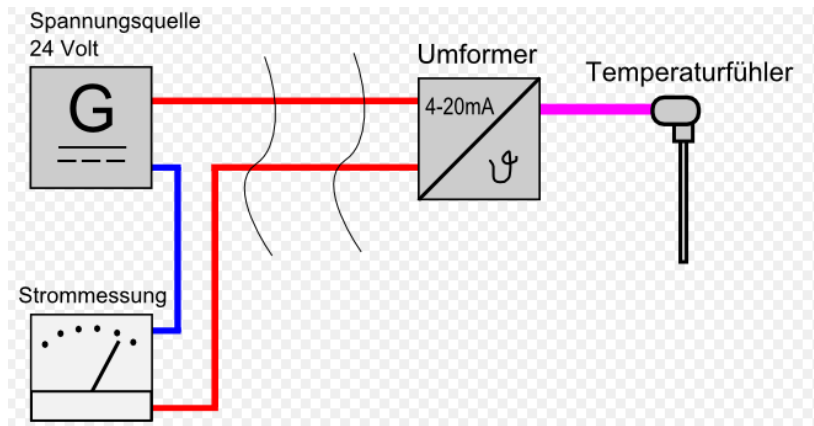
#### Verdrahtung

Geräte, die ein 0 (4) - 20 mA Signal übermitteln, können mit zwei, drei oder vier Leitern verdrahtet werden. Es sollte nicht mit dem Anschluss eines Sensors verwechselt werden, dessen Widerstand gemessen wird. Das sind meist Temperatursensoren, also eine andere Aufgabenstellung. Ein und dasselbe Gerät zur Temperaturmessung könnte also 2-Leiter-Verdrahtung (4-20 mA) und gleichzeitig 4-Leiter-Verdrahtung (Pt100 Sensor) aufweisen. Wenn der Stromverbrauch nie 4 mA überschreitet, dann genügen zwei Leiter. Dann wird mit dem Signal auch das Gerät betrieben. Eine zusätzliche Stromversorgung ist nicht mehr erforderlich. Manchen Geräten genügen 4 mA nicht. Das ist z. B. dann der Fall, wenn eine zusätzliche lokale Anzeige auch mit Strom versorgt werden soll. Das kann mit einem dritten Leiter gelöst werden, der als zusätzliche Masse höheren Stromverbrauch erlaubt. Bei 4-Leiter-Verdrahtung sind Stromversorgung und Signalübermittlung völlig getrennt, beide nutzen jeweils zwei eigene Adern.

## Einfaches Beispiel für eine 0-20mA Messung

Es besteht aus den folgenden Teilen:

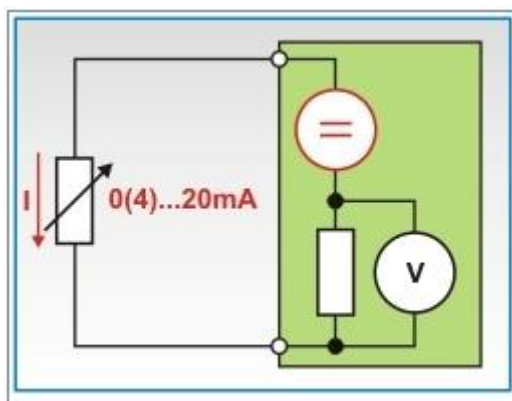
- Spannungsquelle 24V
- Umformer mit Temperaturfühler
- Strommessung



Die Spannungsquelle hat die Aufgabe unsere Schaltung mit einer Spannung von 24V DC zu versorgen. Diese Spannung kann auch variieren, z.B. 12V, 18V oder 22-28V (einstellbar). Der Umformer wandelt ein physisches Signal, z.B. Druck oder Temperatur, in einen definierten Strom, der dem Messwert proportional ist, um. Bei der Strommessung wird der umgewandelte Strom entweder angezeigt oder in einer SPS weiterverarbeitet. Dazu fällt der Strom an einem definierten Widerstand (Bürde) ab.

## Was ist eine Bürde?

Unter einer Bürde wird in der elektrischen Messtechnik und Elektronik ein Messwiderstand in Form eines Lastwiderstand verstanden, welcher den Ausgang einer Stromquelle mit einem definierten Widerstandswert abschließt. An der Bürde fällt eine zum Strom proportionale Spannung ab. Der Begriff umfasst aber darüber hinaus auch unerwünschte Widerstände wie etwa Übergangs- oder Leitungswiderstände. Durch den Stromquellencharakter liegen die Verhältnisse umso ungünstiger, je größer der Lastwiderstand (also die Bürde) ist - im Gegensatz zu einer Spannungsquelle, für die der Kurzschluss der zu vermeidende Betriebszustand ist, ist dies bei einer Stromquelle der offene Stromkreis, also der fehlende („unendlich große“) Lastwiderstand; im Jargon spricht man bei einer Überlastung aufgrund einer zu großen Bürde auch von Überbürdung. Der Begriff Bürde wird im Wesentlichen im Bereich der Energiemessung (Stromwandler) sowie der Automatisierungstechnik (4-bis-20-mA-Schnittstelle) benutzt.



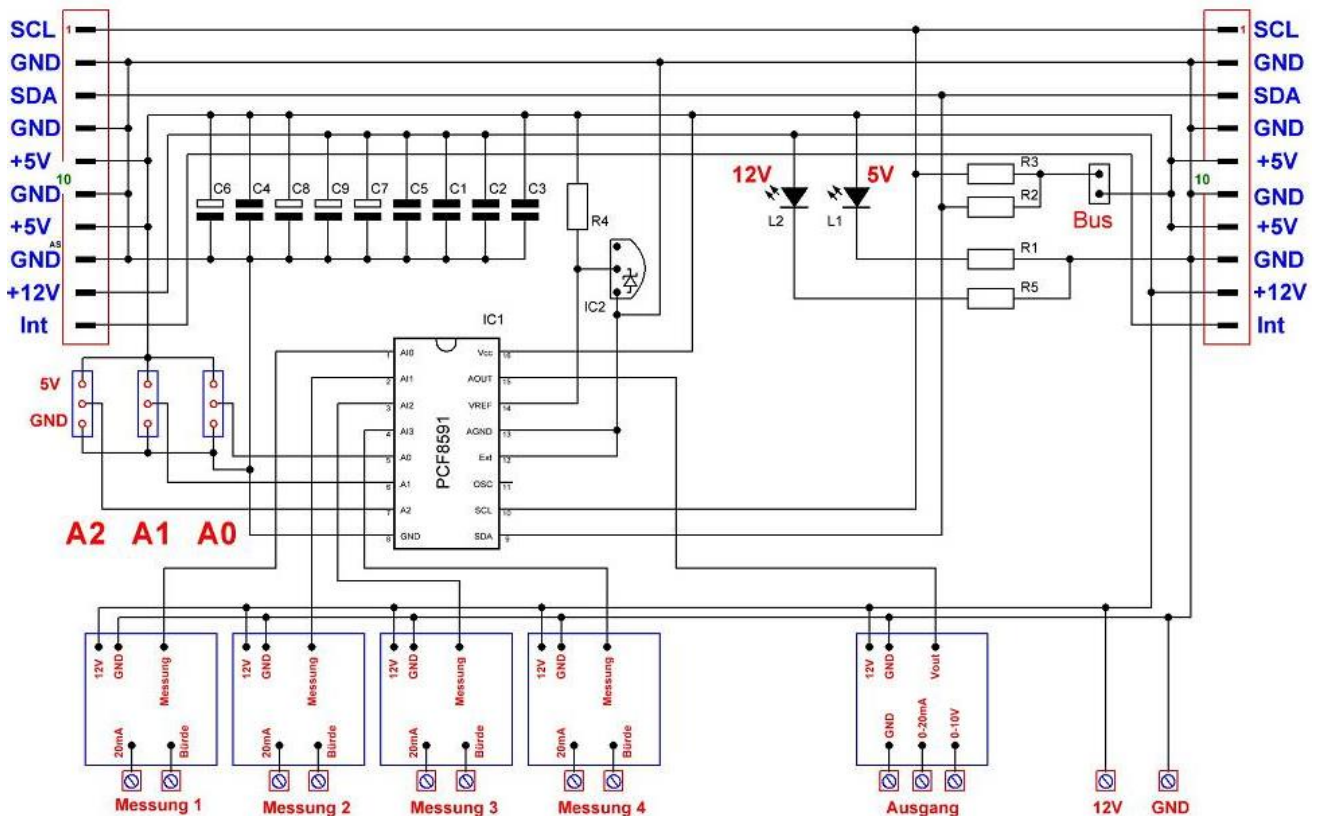
Gemeint sind hier Signalkreise, die kein gemeinsames Bezugspotenzial mit anderen Signalkreisen haben. Einer der häufigsten Vertreter ist die 0-20 mA Stromschleife. Die gemessene physikalische Größe wird in einen Strom umgewandelt. Die Höhe des Stromes spiegelt kontinuierlich das aktuelle Messergebnis prozentual wieder. Dabei entsprechen 20 mA dem 100%-Messwert.

Der Messstrom fließt durch den Bürdenwiderstand im Eingang des Messgerätes. Die Spannung über dem

Bürdenwiderstand wird als Messergebnis ausgewertet.

## Welche Spannungen und Messwerte werden verwendet?

Betriebsspannung:	12V
Bürde:	250 $\Omega$
Spannungsgrösse:	0 - 10 V
Stromgrösse:	0 - 20 mA



## Grundplatine P44 mit PCF8591

Als Grundlage für diese Platine habe ich den PCF8591 verwendet. Er eignet sich für diese Aufgabe hervorragend da er vier Eingänge und einen Ausgang hat. Leider hat er nur 8 Bit, wodurch die Genauigkeit nicht so hoch ist.

Für die Module zur U/I Messung verwende ich dieselben Platinen, die nur unterschiedlich bestückt werden.

Zur Generierung der Ausgangsspannung und des Ausgangsstromes verwende ich ebenfalls eine extra Platine.

Beide Platinen werden auf die Grundplatine aufgesteckt. Diese Platinen werde ich in diesem Tut ebenfalls vorstellen.

### Stückliste:

2 x Wannenstecker 2 x 5 RM 2,54

IC1 - PCF8591

5 x Stecker 2 polig

4 x Jumper

R1, R5 - Widerstand 1,5 kOhm

R4 - Widerstand 2,5 kOhm

C6, C8, C9 - Elko 100/16

5 x Schraubklemmen 2 polig

Platine P44 ca. 72 x 98,5 mm

IC2 - LM336-Z2,5

4 x Stecker 3 polig

2 x LED 2mA 3/5mm

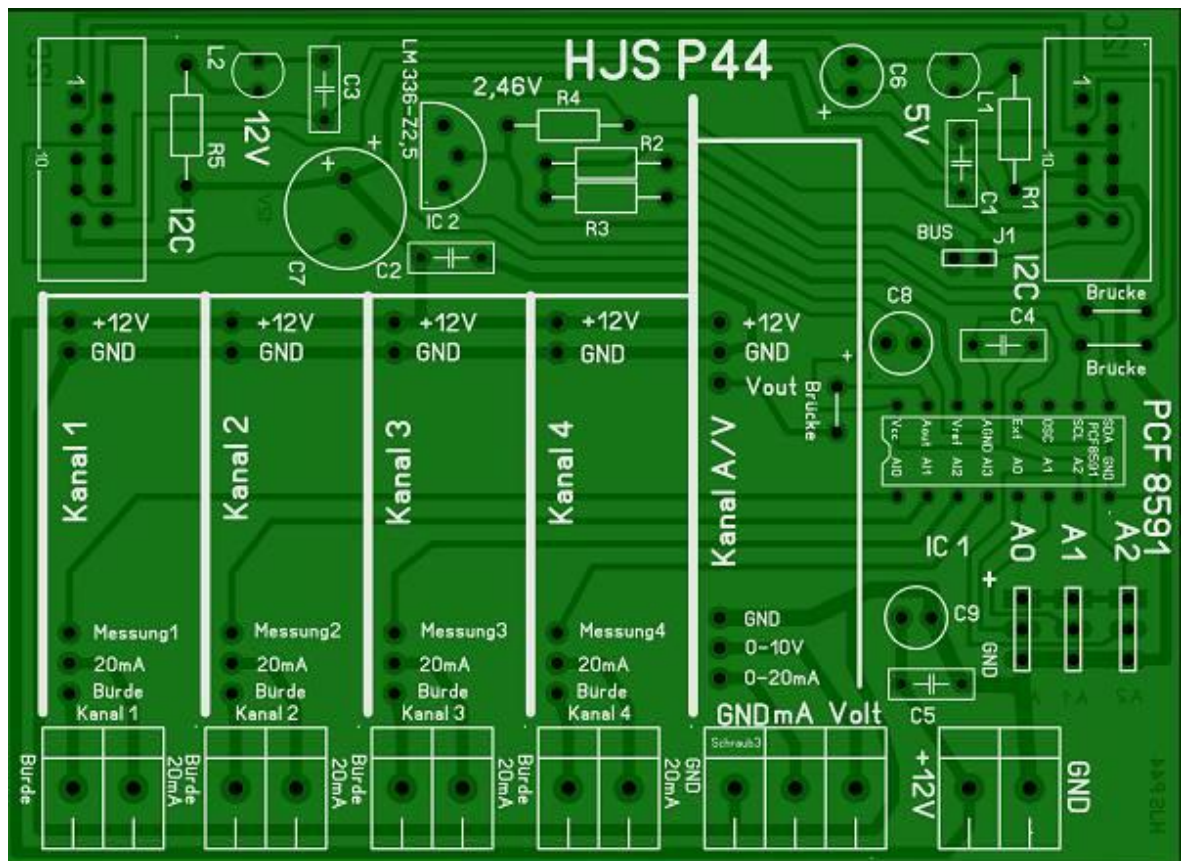
R2, R3 - Widerstand 4,7 kOhm

C1, C2, C3, C4, C5 - Kondensator 100 nF

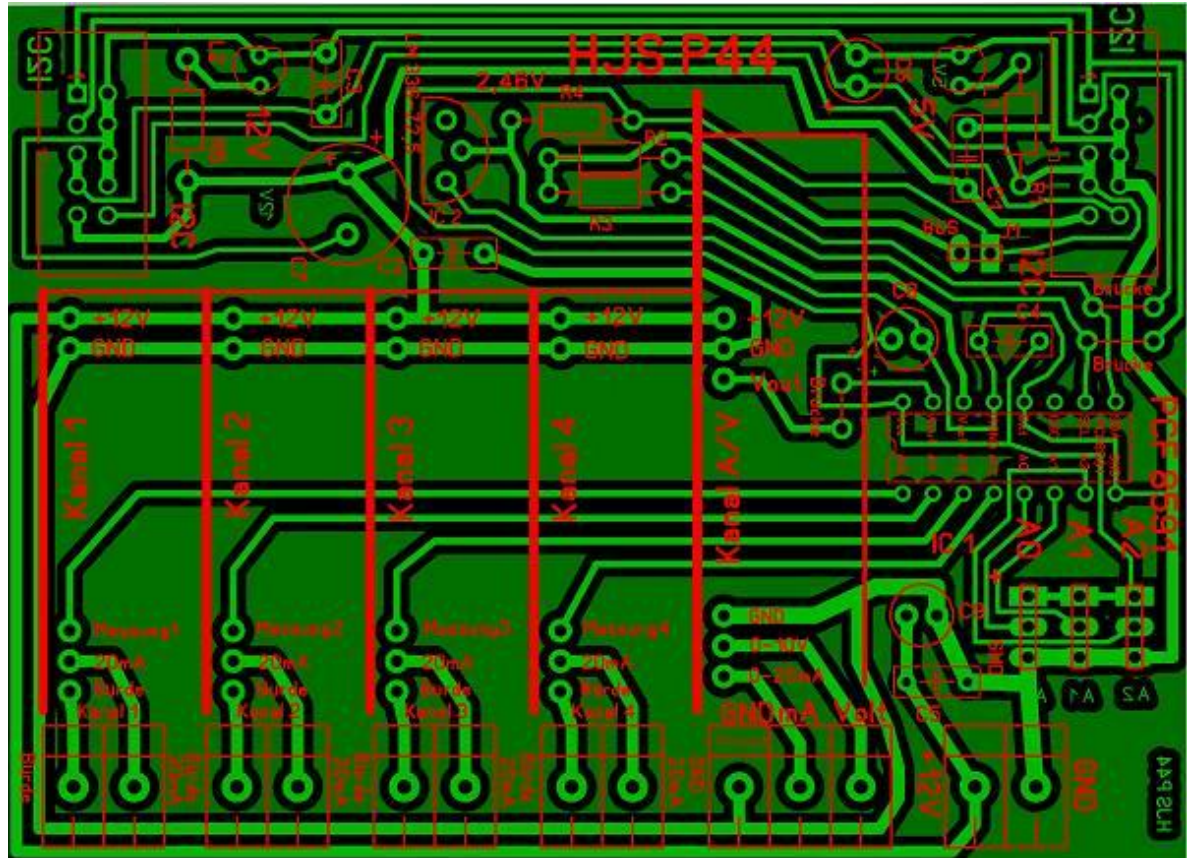
C7 - Elko 2200/16

1 x Schraubklemme 3 polig



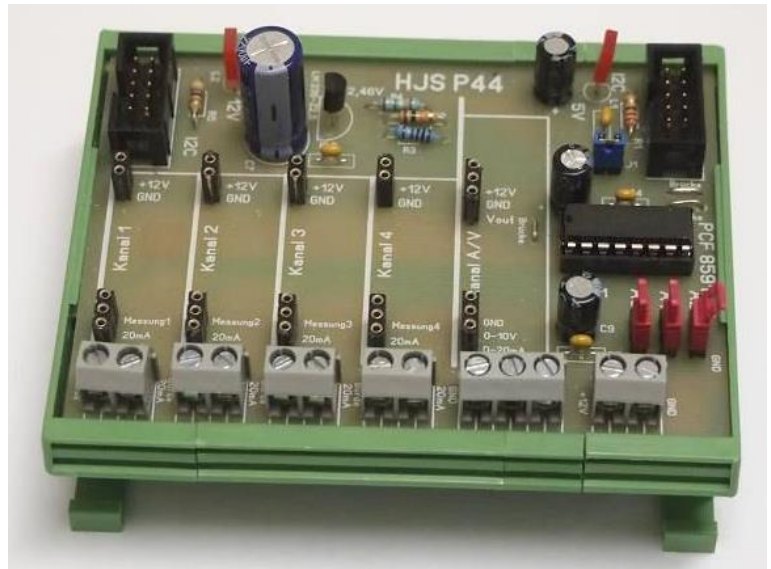


Bestückungsseite P44



Platine P44 in der Durchsicht

Die Grundplatine P44 ohne aufgesteckte Module



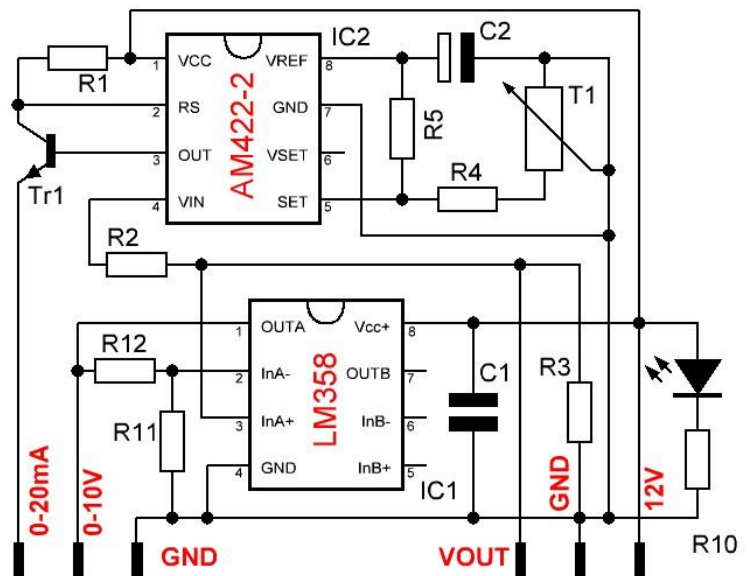
Kommen wir zum Ausgangsmodul. Dieses Modul hat die Aufgabe eine definierte Spannung von 0-10V DC und einen Strom von 0-20mA zu erzeugen. Dabei muss die Spannung bzw. der Strom durch den PCF8591 einstellbar sein. Die Steuerung soll durch den I<sup>2</sup>C Bus erfolgen und im Programm auf dem Atmega1284p eingestellt werden.

Die Schaltung besteht im Grund aus zwei Teilen.

Mit dem U/I Wandler AM422-2 und dem Tr1 wird ein einstellbarer Strom am Pin 0-20mA ausgegeben. Dieser kann mit dem Einstellregler T1 fein eingestellt werden.

Mit dem OPV LM358 wird eine Spannung von 0-10V am Pin ausgegeben.

Die Steuerung kommt vom PCF8591 und dem Pin VOUT.



## Stückliste:

Platine P44b ca. 43,3 x 27,6 mm

IC2 - AM422-2 SMD

1 x Sockel 8 polig

Tr1 - BCP55 SMD

R2 - Widerstand 18 kOhm

R4,R5 - Widerstand 25 kOhm

R11 - Widerstand 10 kOhm

C1 - Kondensator 100 nF

T1 - Einstellregler 4,7kOhm

IC1 - LM358

2 x Stecker 3 polig gewinkelt

1 x LED 2mA 3/5mm

R1 - Widerstand 27 Ohm

R3 - Widerstand 12 kOhm

R10 - Widerstand 1,5 kOhm

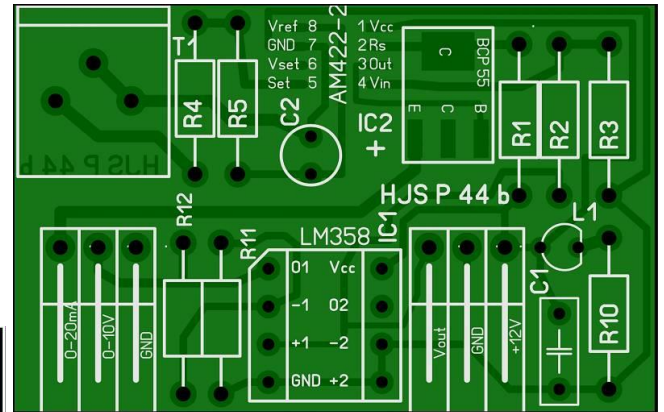
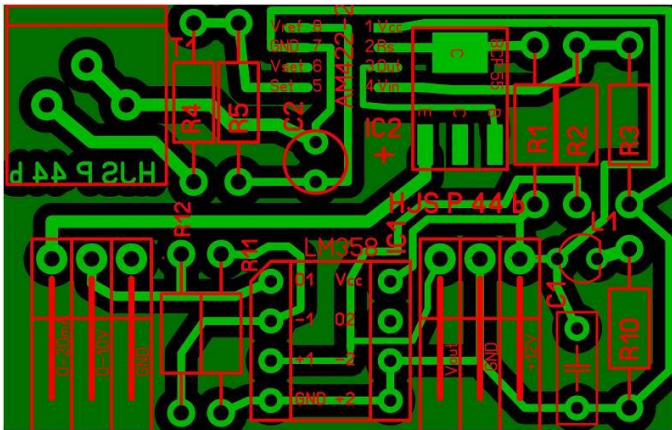
R12 - Widerstand 31,5 kOhm

C2 - Elko 2,2μF/16V

Mit dem Regler T1 kann ich auch hier einen Abgleich im Bereich 20mA durchführen. Die Einstellung der Spannung erfolgt allein mit dem PCF8591.



Platine P44b in der Fotoansicht



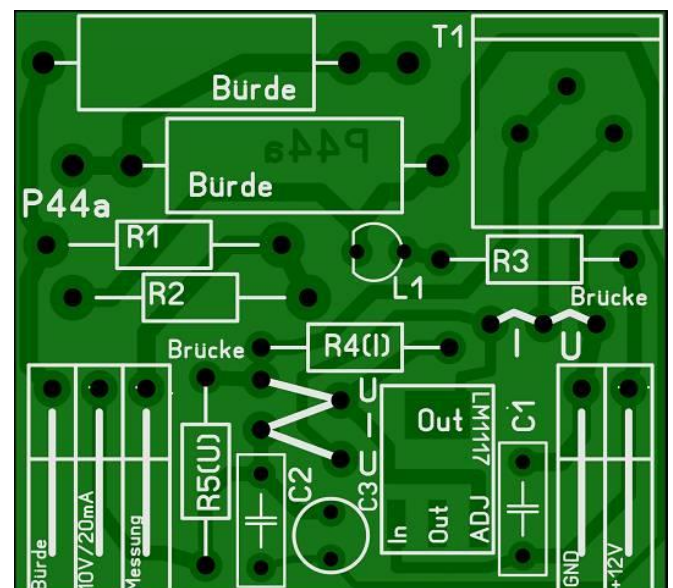
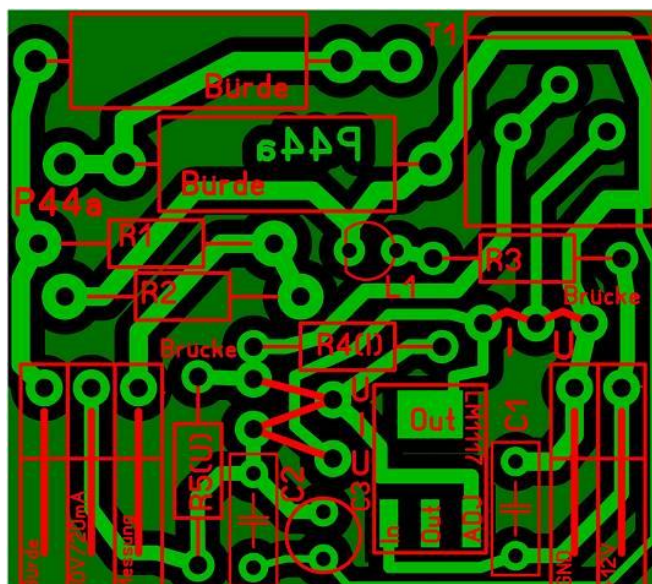
Platine P44b in der Durchsicht

Auf die genaue Funktionen des LM358 (OPV) und besonders des AM422-2 werde ich nicht weiter eingehen. Beim AM422-2 handelt es sich um einen speziellen U/I Wandler IC.

Kommen wir zur U/I Platine P44a. Diese kann einen Strom von 0-20mA oder eine Spannung von 0-10V ausgeben. Weiterhin befindet sich eine Bürde von 250 Ohm auf der Platine. Die genaue Einstellung kann mit dem Einstellregler T1 vorgenommen werden.

Je nach Verwendungszweck wird die Platine unterschiedlich bestückt.

Platine P44a (U/I) in der Fotoansicht

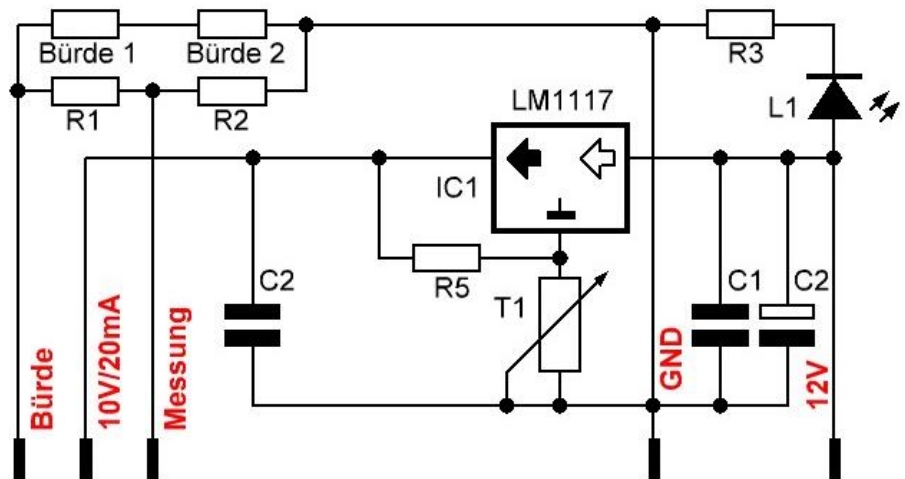


Platine P44a (U/I) in der Durchsicht



## Ausgang 0 - 10V:

### Schaltung P44a (U)



## Stückliste:

Platine P44a ca. 35,3 x 31,7 mm

1 x Stecker 3 polig gewinkelt

1 x LED 2mA 3/5mm

Bürde1 und Bürde 2 zusammen 250 Ohm 1W, z.B. durch Reihenschaltung, so genau wie möglich

R1, R2 - Widerstand 10 kOhm

T1 - Einstellregler 4,7kOhm

C1, C2 - Kondensator 100 nF

C3 - Elko 100 µF/16V

IC1 - LM1117ADJ

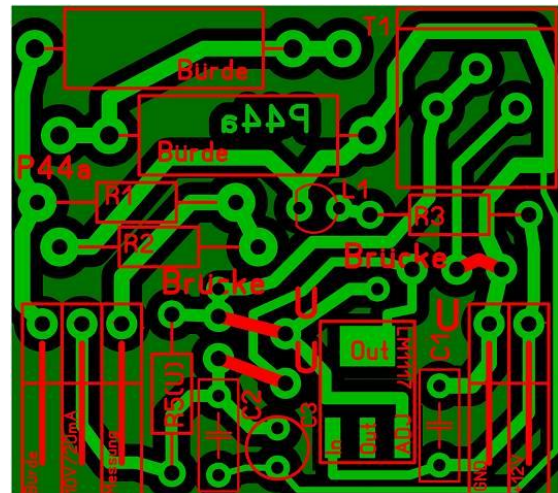
1 x Stecker 2 polig gewinkelt

R3 - Widerstand 1,5 kOhm

R5 - Widerstand 250 Ohm

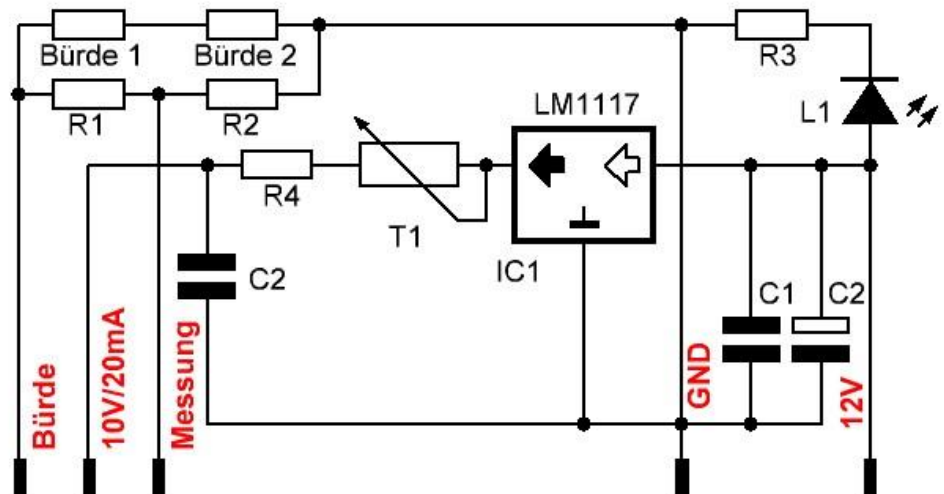
### Platine P44a (U) in der Durchsicht

Bitte die korrekten Brücken beachten!



## Ausgang 0 - 20 mA:

### Schaltung P44a (I)



### Stückliste:

Platine P44a ca. 35,3 x 31,7 mm

1 x Stecker 3 polig gewinkelt

1 x LED 2mA 3/5mm

Bürde1 und Bürde 2 zusammen 250 Ohm 1W, z.B. durch Reihenschaltung, so genau wie möglich

R1, R2 - Widerstand 10 kOhm

T1 - Einstellregler 20 Ohm

C1, C2 - Kondensator 100 nF

C3 - Elko 100  $\mu$ F/16V

IC1 - LM1117ADJ

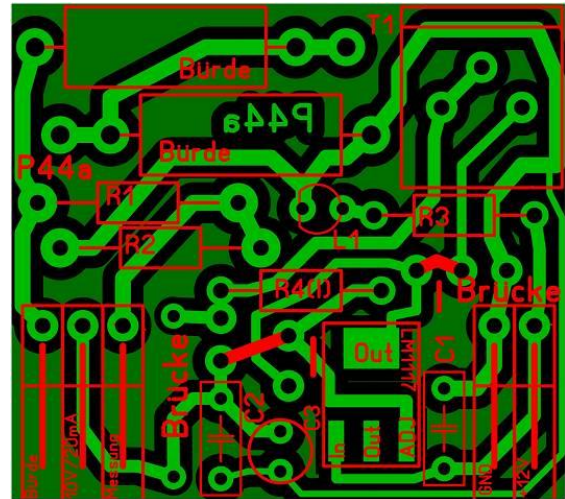
1 x Stecker 2 polig gewinkelt

R3 - Widerstand 1,5 kOhm

R4 - Widerstand 56 Ohm

### Platine P44a (I) in der Durchsicht

Bitte die korrekten Brücken beachten!



### Abgleich

Je nach gewählten Ausgang, entweder 0-10V oder 0-20mA, muss die Platine abgeglichen werden.

Bei der Platine P44a (U) muss mit dem Einstellregler T1 eine Spannung von 10,00V eingestellt werden. Die Messung muss dabei zwischen den Anschlusspunkten 20mA und GND erfolgen. Es handelt sich hierbei um eine Konstantspannungsquelle.

Bei der Platine P44a (I) muss mit dem Einstellregler T1 ein Strom von 20mA eingestellt werden. Die Messung erfolgt dabei zwischen den Anschlusspunkten 20mA und Bürde. Messgerät im mA Bereich betreiben oder Automatik. Es wird dabei der Kurzschlussstrom gemessen. Es darf kein weiterer Widerstand im Kreis sein. Es handelt sich hierbei um eine Konstantstromquelle.

Bei diesen Schaltungen handelt es sich um reine Amateurschaltungen. Es wurden keine hochwertigen Bauelemente verwendet, entsprechend gering ist die Genauigkeit. Mir geht es darum zu zeigen, wie man mit dem I<sup>2</sup>C Bus und einfachen Mitteln diese Messungen durchführen kann. Es können dadurch mit dem Atmega1284P Messungen mit 0-10V und 0-20mA durchgeführt werden. Abweichende Bereich, wie z.B. 4-20mA können mit der Hardware nicht eingestellt werden. Diese müssen in der Software ausgewertet werden. Die Messung kann gleichzeitig auf 4 Kanälen und einem Ausgang durchgeführt werden.

Einige Teile des Textes wurden zur besseren Übersicht farblich gestaltet.

Die Nutzung erfolgt auf eigenes Risiko.

Ich wünsche viel Spaß beim Bauen und programmieren

Achim

[myroboter@web.de](mailto:myroboter@web.de)