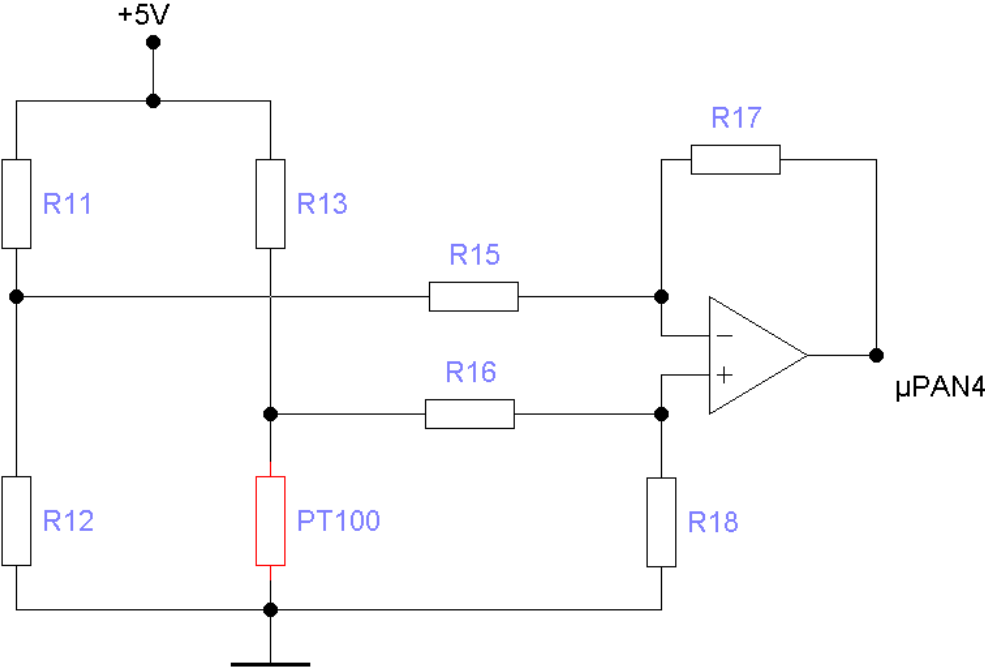


Elektroniker Geräte und Systeme

Name:.....

Folgende Schaltung ist gegeben:

Um die **Raumtemperatur zu messen** habe ich mich hier für einen PT100 entschieden. Da dieser bei 0°C einen Widerstand von 100Ω hat ist die Schaltung sehr einfach zu entwerfen. Die zu messende Raumtemperatur wurde von 0 bis 70°C festgelegt. Als OP wird hier ein sehr kostengünstiger LM324 eingesetzt. Uop = +/- 7V



R15 = R16 = R17 = R18 = Ohm -> Alle 4 Widerstände gleich -> Verst. Differenz = 1

Der Widerstand R12 kann mit 100Ω festgelegt werden, da die Schaltung bei 0°C abgeglichen sein soll. Die Widerstände R11 und R13 wurden mit 1 KΩ gewählt, dadurch jedoch eine Eigenerwärmung des PT100. Der Widerstand des PT100 beträgt bei 70°C 127.08Ω. Es muss nun die größte Brückenspannung ermittelt werden. Diese liegt bei 70°C an.

Ein μC soll die Spannung am OP Ausgang verarbeiten. Messbereich 0 bis 70 Grad Celcius. 20 mV sollen einer Temperaturänderung von 1 Kelvin entsprechen. Es wird somit zusätzlich ein Verstärker benötigt. Wie ist dessen Verstärkung? Schaltung ergänzen.

Sie können den Differenzverstärker auch als Verstärker nutzen. Wie sind dann die Widerstände R15 bis R18? ->Brücke möglichst wenig belasten!

->Wenn es wärmer wird soll die Ausgangsspannung zunehmen.

Weitere Aufgaben:

- Spannung am PT100 bei 0 Grad und 70 Grad berechnen.
- Daraus: Wie viel mVolt entspricht 1 Grad Temp Änderung?

Elektroniker Geräte und Systeme

Name:.....

Zusätze AD Wandler:

- Wie ist Uref bei einem 8bit Wandler, wenn ustep (Umin)= 20mV?
- Wie ist Uref bei einem 8bit Wandler, wenn ustep (Umin)= 10 mV?
- Wie ist Uref bei einem 10bit Wandler, wenn ustep (Umin)= 2,5 mV?

- Sie sollen bei einem Wandler mit 8bit und USchritt= 10 mV den digitalen Wert bestimmen für:
 0 Grad, 10 Grad, 30 Grad, 50 Grad, 65 Grad, 70 Grad Celcius

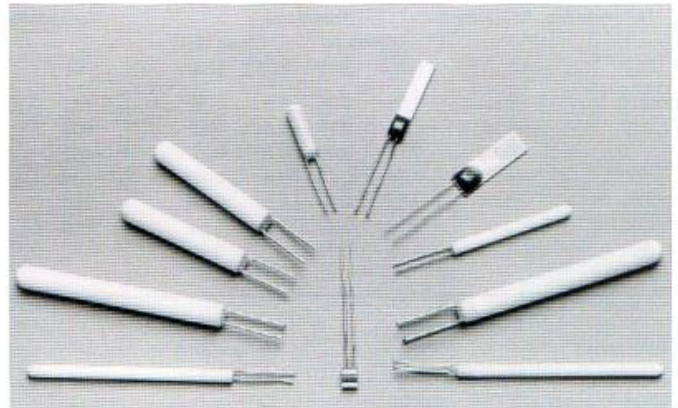
Ein Controller soll die Temperatur auf einem Display anzeigen:

- Welche Displays kommen in Frage?
- Ein uC hat einen 8bit Wandler und Uref = 5,00V. Die Auflösung pro Wandlerschritt ist 1 Grad Celcius. Wie ist die notwendige Verstärkung des Messignals?
- Wie ist der Wandlerwert dezimal bei 70 Grad?

Sie haben nun einen μ C(ARDUINO) mit 10 bit AD Wandler und eine Uref von 5,00V. Sie wollen nun 0,5 Grad Celcius auflösen. Wie ist der Verstärkerwert und wie ist der Wandlerwert bei 70 Grad Celcius?
 Software in C für ein gewähltes Display schreiben.

Datenblattauszug PT100:

- ◆ Precision platinum temperature sensors
- ◆ Pt100, Pt500, Pt1000 and other values available
- ◆ Available from stock
- ◆ Wire-wound and flat film types Wide range of sizes
- ◆ Tolerance values from Class B to 1/10 Class B
- ◆ Single or duplex detectors Specials available to order including alternative R_0 values and nickel resistors



Labfacility offers a wide range of precision platinum temperature sensing resistors in both wire-wound and flat film construction. All standard items are available in quantity from stock; non-standard detectors can be supplied to order.

Platinum **wire-wound detectors** comprise a pure platinum wire wound into a miniature spiral and located within axial holes in a high purity alumina rod. The freedom of movement of the platinum wire gives good long term stability and a wide operating temperature range of -200 to +800°C. Labfacility wire-wound detectors are cylindrical in shape and ideally suited for housing within a protective metal tube.



Elektroniker Gerate und Systeme

Name:.....

温度	0°C	-10°C	-15°C	-20°C	-30°C	-40°C	-50°C	-60°C	-70°C	-80°C	-85°C	-90°C	-95°C	-100°C
-100°C	60.26	56.19	54.15	52.11	48	43.88	39.72	35.54	31.34	27.1	24.97	22.83	20.68	18.52
0°C	100	96.09	94.12	92.16	88.22	84.27	80.31	76.33	72.33	68.33	66.31	64.3	62.28	60.26
温度	0°C	10°C	15°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	85°C	90°C	95°C	100°C
0°C	100	103.9	105.85	107.79	111.67	115.54	119.4	123.24	127.08	130.9	132.8	134.71	136.61	138.51
100°C	138.51	142.29	144.18	146.07	149.83	153.58	157.33	161.05	164.77	168.48	170.33	172.17	174.02	175.86
200°C	175.86	179.53	181.36	183.19	186.84	190.47	194.1	197.71	201.31	204.9	206.7	208.48	210.27	212.05
300°C	212.05	215.61	217.38	219.15	222.68	226.21	229.72	233.21	236.7	240.18	241.91	243.64	245.37	247.09
400°C	247.09	250.53	252.25	253.96	257.38	260.78	264.18	267.56	270.93	274.29	275.97	277.64	279.31	280.98
500°C	280.98	284.3	285.96	287.62	290.92	294.21	297.49	300.75	304.01	307.25	308.87	310.49	312.1	313.71
600°C	313.71	316.92	318.52	320.12	323.3	326.48	329.64	332.79	335.93	339.06	340.62	342.18	343.73	345.28
700°C	345.28	348.38	349.92	351.46	354.53	357.59	360.64	363.67	366.7	369.71	371.21	372.71	374.21	375.7
800°C	375.7	378.68	380.17	381.65	384.6	387.55	390.48							

SPECIFICATIONS

Sensor type Unless stated all detectors are Pt100 to BS EN60751:1996, BS1904:1984, DIN 43760:1980and IEC 751:1983
 Ro 100 Ohms
 Temperature range Wire wound: -200 to +800°C
 Flat film: -50°C to maximum value shown below.

Resistance v temperature and tolerances for Pt100 thermometers to IEC 751

Temperature (°C)	Resistance (Ω)	Tolerance				Temperature (°C)	Resistance (Ω)	Tolerance			
		Class A (±°C) (±Ω)		Class B (±°C) (±Ω)				Class A (±°C) (±Ω)		Class B (±°C) (±Ω)	
-200	18.52	0.55	0.24	1.3	0.56	500	280.98	1.15	0.38	2.8	0.93
-100	60.26	0.35	0.14	0.8	0.32	600	313.71	1.35	0.43	3.3	1.06
0	100.00	0.15	0.06	0.3	0.12	650	329.74	1.45	0.46	3.6	1.13
100	138.51	0.35	0.13	0.8	0.30	700	345.28	—	—	3.8	1.17
200	175.86	0.55	0.20	1.3	0.48	800	375.70	—	—	4.3	1.28
300	212.05	0.75	0.27	1.8	0.64	850	390.48	—	—	4.6	1.34
400	247.09	0.95	0.33	2.3	0.79						

Tolerances

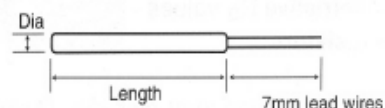
Class B $\pm(0.3^\circ\text{C} + 0.005t)$
 Class A $\pm(0.15^\circ\text{C} + 0.002t)$
 Where t is the measured temperature
 1/3 Class B $\pm(0.1^\circ\text{C at } 0^\circ\text{C})$
 1/5 Class B $\pm(0.06^\circ\text{C at } 0^\circ\text{C})$
 1/10 Class B $\pm(0.03^\circ\text{C at } 0^\circ\text{C})$
 Note: 1/3, 1/5 and 1/10 Class B
 Tolerances apply at 0°C

Specifications may be subject to change

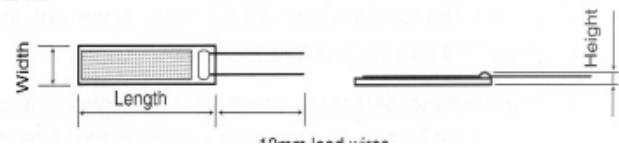
Dimensions

Individual dimensions are given in Order Codes & Dimensions below.

Wire Wound



Flat-film



Lösungen und weiterführende Ideen:

$$U_{PT100} = \frac{\text{Betriebsspannung}}{R_{13} + R_{PT100}} \times R_{70^\circ C} \Rightarrow U_{PT100} = \frac{5V}{1127,07} \times 127,07 = 0,563 \text{ Volt}$$

$$U_{R12} = \frac{\text{Betriebsspannung}}{R_{11} + R_{12}} \times R_{12} \Rightarrow U_{R12} = \frac{5V}{1100} \times 100 = 0,454 \text{ Volt}$$

Daraus lässt sich ein Delta U berechnen (Abb. 2.2.9).

2.2.9

$$\Delta U = U_{70^\circ C} - U_{0^\circ C} \Rightarrow 0,536V - 0,454V = 0,109 \text{ Volt}$$

Da wir eine Temperaturänderung von 70°C haben und eine Spannungsänderung von 0,109 V lässt sich daraus nun die Spannungsänderung pro Kelvin berechnen.

$$R_{\text{proK}} = \frac{\text{Spannungsänderung}}{\text{Temperaturänderung}} \Rightarrow \frac{0,109V}{70K} = 1,55 \text{ millivolt}$$

Da die kleinste messbare Spannung des A/D Wandlers 20mV beträgt (siehe 2.2.1) muss diese jetzt noch verstärkt werden.(3.2.10)

2.2.10

$$\text{Verstärkung} = \frac{\text{Kleinste A/D Auflösung}}{\text{Spannung pro Klevin}} \Rightarrow \frac{20mV}{1,55mV} = 12,9$$

Nach der Berechnung der Verstärkung können nun die Widerstände ausgesucht werden. R15 und R16 wurden mit 10 KΩ und R17 und R18 mit 130KΩ gewählt was einer Verstärkung von 13 entspricht.

Hinweise:

Bei einem 8bit Wandler mit Uref =5,00V ist USchritt 5,00V/256 = 0,01953V = 19,53 mV
 Bei einem 10 bit Wandler mit Uref= 5,00V ist USchritt= 5,00V/1024= 0,004883 V = 4,883 mV
 Der ARDUINO UNO hat einen 10bit Wandler.

Somit die Verstärkung anpassen. Die Auflösung soll beim ARDUINO 0,5 Grad entsprechen.
 Wie ist dann die Verstärkung:

$$V_u = 4,883 \text{ mV} / (1,55 \text{ mV} / 2) = 6,3$$

Wie ist die Eingangsspannung bei 0 Grad und 70 Grad? Wie sind die entsprechenden Wandlerwerte dezimal und hexadezimal?

Bei 0 Grad somit Wandlerwert 0 0x000

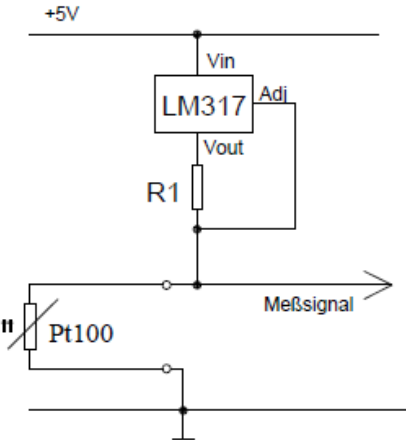
$$\text{Bei } 70 \text{ Grad Wandlerwert } 70 * 1,55 \text{ mV} * 6,2 = 683,55 \text{ mV} / 4,883 \text{ mV} = 140 \text{ } 0x8C$$

Weitere Ideen:

- a.) Den PT100 mit Konstantstrom betreiben, z.B. mit Hilfe eines LM317
- b.) SpezialIC verwenden z.B.: AD7730
- c.) 3 und 4 Leitersystem zum PT100 untersuchen.

Zua.)

Konstantstromquelle



$$R1 = \frac{V_{ref}}{I} = \frac{1.25 \text{ V}}{1 \text{ mA}} = 1.25 \text{ K Ohm}$$

Der Baustein LM317 hat eine interne Spannungsreferenz von 1,25 V. Bei der links gezeigten Schaltung regelt der LM317 den Strom durch R1 so, daß 1,25 V an ihm abfallen. Soll ein konstanter Meßstrom von z.B. 1 mA erzeugt werden, muß der Widerstands R1 einen Wert von 1,25 KOhm haben. In der Praxis wird man hier ein Trimpotentiometer einsetzen. Durch diese Schaltung hat die Widerstandsänderung des PT100 bei Erwärmung keinen Einfluß auf den Meßstrom. Bei steigender Temperatur am Fühler, steigt dessen Widerstand, und bei konstantem Strom steigt der Spannungsabfall (Meßsignal) ebenfalls.

5. Offseteinstellung:

Das Meßsignal hat am Meßbereichsbeginn (0 °C) eine Größe von 100 mV. Mit der nachfolgenden Schaltung soll dieser Offset eliminiert werden .

$$U_{e2} = U_b \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\frac{U_{e2}}{U_b} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

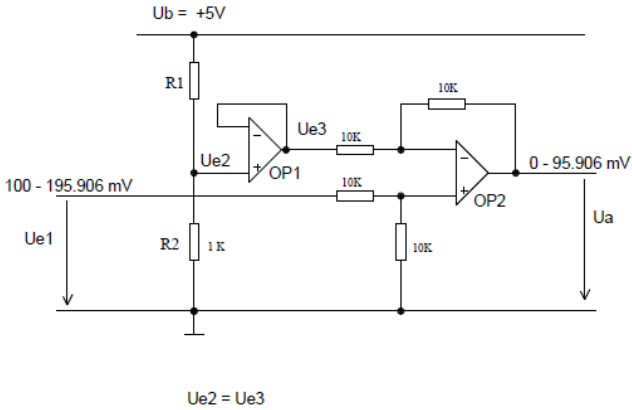
$$\frac{U_b}{U_{e2}} = \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

$$\frac{U_b}{U_{e2}} = \frac{R_1}{R_2} + 1$$

$$R_1 = \left(\frac{U_b}{U_{e2}} - 1 \right) \cdot R_2$$

$$R_1 = \left(\frac{5 \text{ V}}{100 \text{ mV}} - 1 \right) \cdot 1 \text{ K}$$

R1 = 49 K



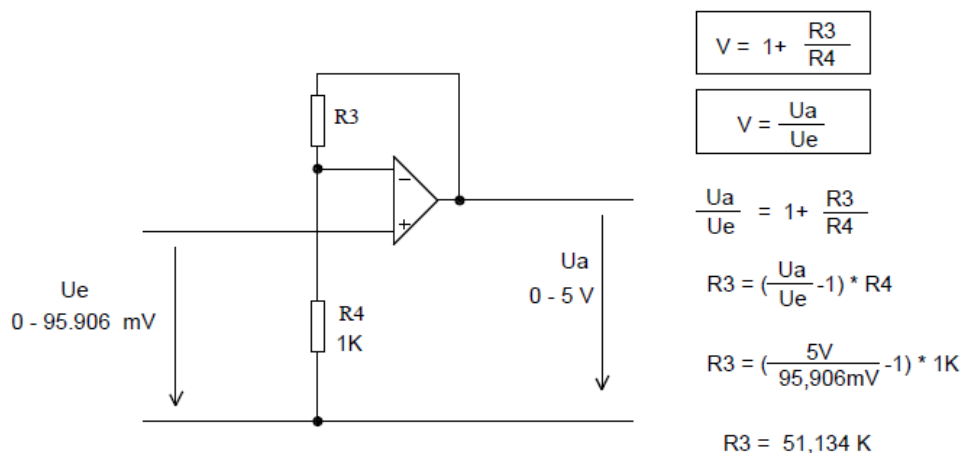
Hinweis: muss nicht sein, der µC kann auch 100 – 195 mV, mit einer Verstärkungsanpassung verarbeiten!

Elektroniker Geräte und Systeme

Name:.....

6. Verstärkung:

Um das Meßsignal auf 5 V zu verstärken, wird die u.g. nicht-invertierende Verstärkerschaltung eingesetzt. Auch hier wird in der Praxis der Widerstand R3 für den Feinabgleich als Trimpotentiometer ausgeführt.

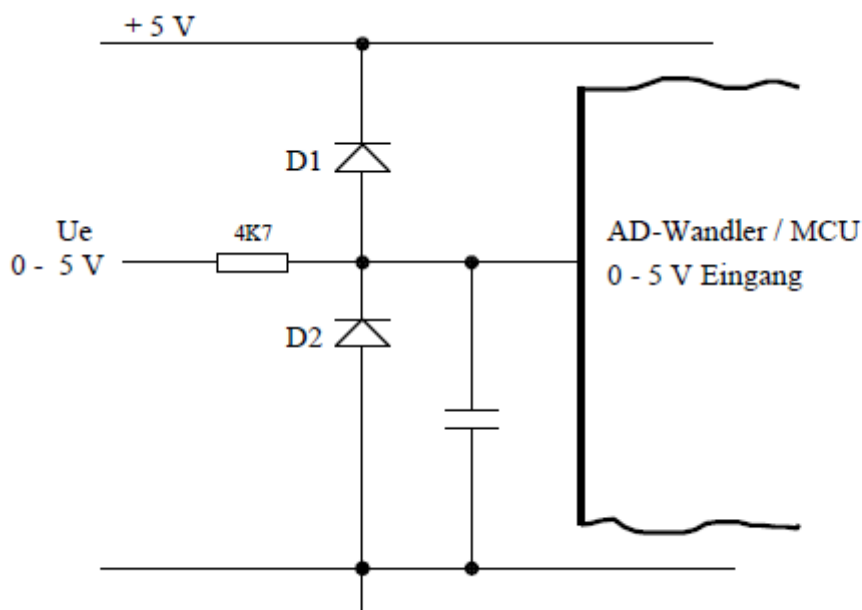


7. Schutzbeschaltung des AD-Wandler:

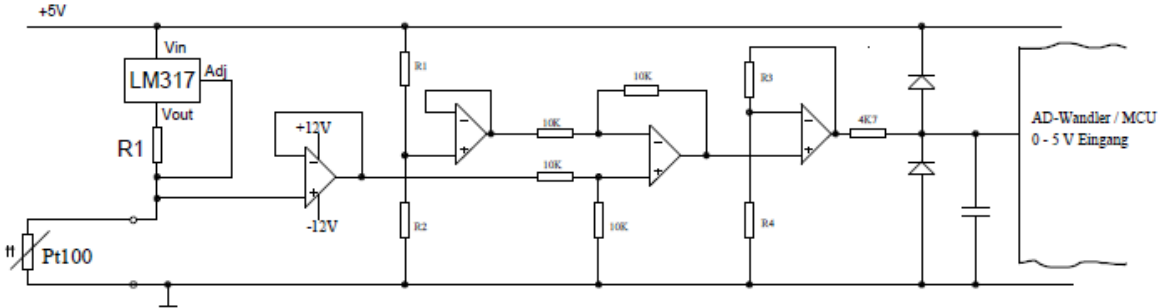
AD-Wandler mit einem Eingangsspannungsbereich von 0-5 V DC werden bei Spannungen über +5,7 V oder unterhalb - 0,7 V zerstört.

Bei einem Drahtbruch in der Fühlerleitung oder einem Kurzschluß verändert sich das Meßsignal auf unzulässige Werte.

Mit der u.g. Schutzbeschaltung wird der AD-Wandler oder Mikrokontroller zuverlässig geschützt:



8. Gesamtschaltung:



Beispielrechnung bei 100°Celsius:

Der PT100 Fühler hat bei dieser Temperatur laut Widerstandstabelle einen Wert von 138,506 Ohm.

Bei einem Meßstrom von 1 mA fallen an ihm 138,506 mV ab.

Die Offsetschaltung zieht von diesem Signal 100 mV ab. Es stehen also noch 38,506 mV an.

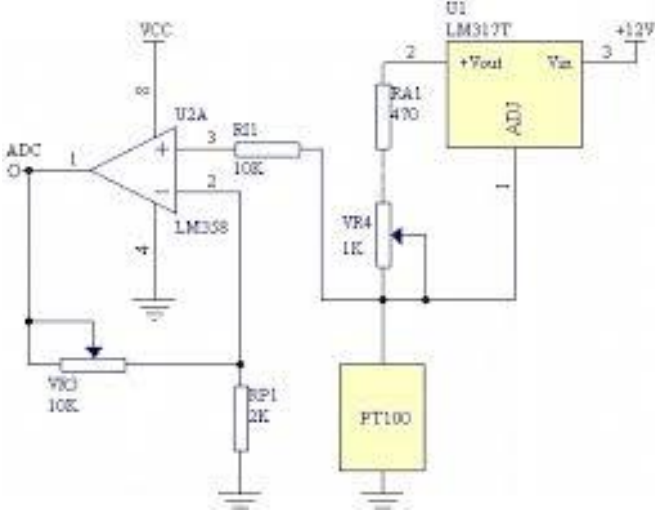
Die nachfolgende Verstärkerschaltung hat einen Verstärkungsfaktor von :

$$V = U_a / E_e = 52,134$$

Somit wird das Meßsignal wie folgt verstärkt :

$$38,506 \text{ mV} * 52,134 = \mathbf{2,007 \text{ V}}$$

Schaltungsvorschlag ohne Kompensation auf 0Grad: µC muss die Spannungswerte in Temperaturwerte umrechnen.



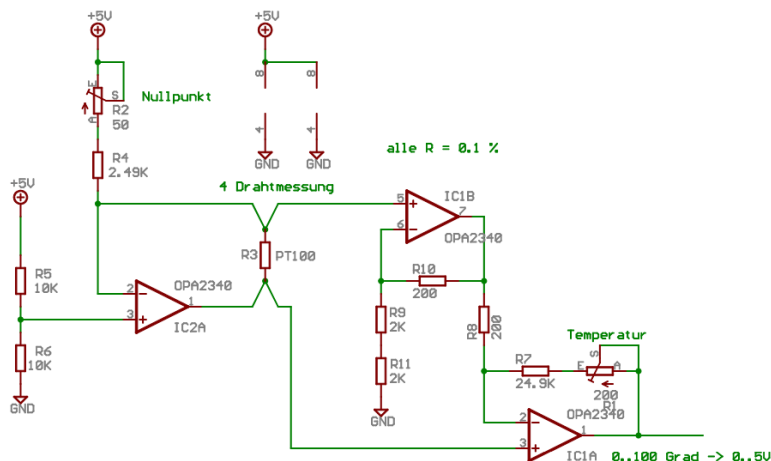
Elektroniker Geräte und Systeme

Name:.....

4 Leitertechnik:

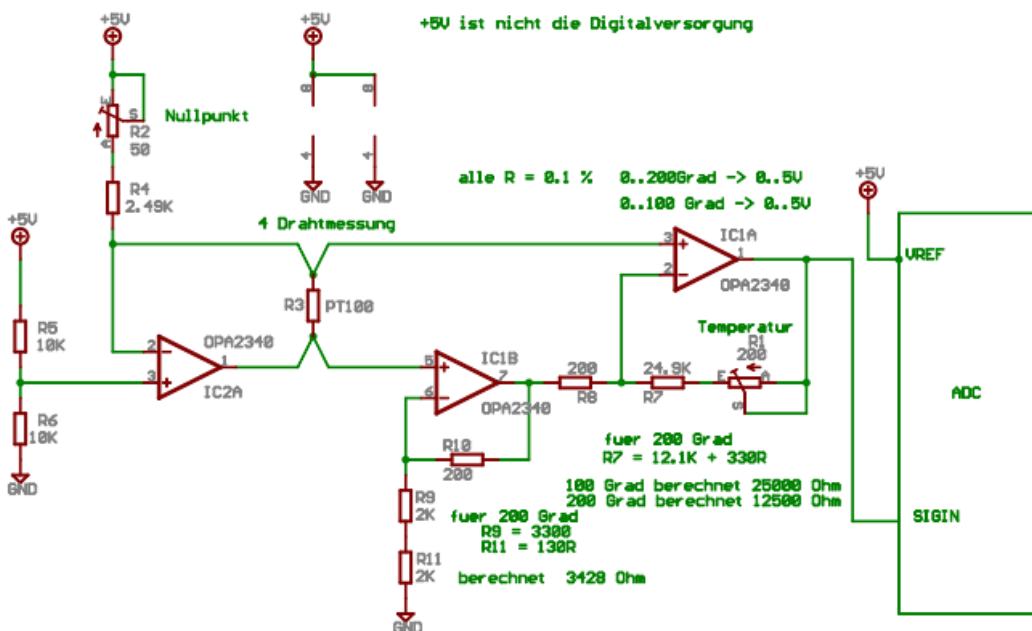
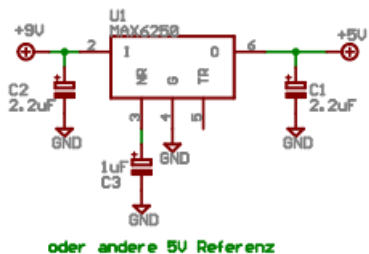
Beispiele 4 Leitertechnik:

https://www.mikrocontroller.net/attachment/28683/PT100_2.pdf



Schaltung Schritt für Schritt durchdenken – und simulieren!
 Gleiche Schaltung nochmals ergänzt und verändert:

Oder: LT1021-5



Elektroniker Geräte und Systeme

Name:.....

Hinweis: Der PT100 wird von links mit einem konstanten Strom versorgt. Hier 1m A. Klar warum? -> R2 und R4 ergibt 2,5 K Ohm. OP IC2A ändert die Ausgangsspannung solange, bis Eingang + und – gleiche Spannung haben, eben 2,5V.

IC1A hat am +Eingang immer 2,5V, ändert somit die Ausgangsspannung solange, bis der – Eingang auch 2,5V hat.

Bei 0 Grad ist am IC1B am +Eingang 2,4V, es soll dann am Ausgang vom IC1B etwas mehr als 2,5V anstehen. Am -Eingang IC1A sollen 2,5V anstehen, am Ausgang IC1A 0volt bei 0Grad Celcius.

Zum Verstehen die Schaltung zeichnen bei 0Grad->SIGIN=0V und bei 100Grad->SIGIN = +5V

Schaltungstrick für nur eine Spannungsversorgung mit +12V:

OPs nun mit +/- versorgt. =Ps erreichen am Ausgang nicht die Versorgungsspannung. Soll ein OP +5V am Ausgang erreichen muss er mit 6,5 bis 7Volt versorgt werden.

Also: Noch besser:+14V verwenden, dann Spag OP= +/- 7V

