

Spannungs-, Strom- und Leistungs-Anzeige

für Netz- und andere Geräte, auch zum Nachrüsten

Ein Gemeinschafts-Bastelprojekt von
Hubert Gschwandtner OE5GHN und Erwin Hackl OE5VLL



Bild 01: Das Spg-Strom-Leistungs-Anzeige-Modul mit blauem LCD

Vorwort:

Gleich vorweg: Es gibt solche Anzeigen auch fertig zu kaufen, z.B. bei Fa. Neuhold / Graz. Warum also ein Bastelprojekt?

Dafür gibt es mehrere Gründe:

1. Das obengenannte käufliche Gerät kann maximal 40 Volt Eingangsspannung – für ein spezielles Netzgerät benötige ich aber 80 Volt.
2. Es kann ein höherer Strom-Messbereich benötigt werden
3. Wenn man so etwas selber baut, kann man allerlei Sonderwünsche berücksichtigen
4. Ein nicht unwesentlicher Faktor ist der Spaß am Eigenbau
5. Der Preis soll auch nicht unerwähnt bleiben – es kostet weniger

Was sollte das Modul können:

1. Spannungen bis 100 Volt anzeigen, Auflösung 1/1000.
2. Möglichst hohe Ströme anzeigen, dies womöglich auch galvanisch getrennt.
3. Die Leistung aus Spannung und Strom berechnen und anzeigen.
4. Bei einsetzen der Strombegrenzung des Netzgerätes dies auch anzeigen.

Realisierung:

Der Aufbau mit einem Mikroprozessor Atmel ATmega8 bot sich an, da dieser in der DIL-Ausführung 6 A/D-Wandler besitzt, welche eine Auflösung von 1024 (10 Bit) haben.

Für die Strommessung gibt es mehrere Möglichkeiten, welche alle ihre Vor- aber auch Nachteile haben.

Will man eine galvanische Trennung haben, bieten sich ICs wie der ACS715 von Allegro an. Diese ICs gibt es bis 200 Ampere, wir entschieden uns für die 20-Ampere-Ausführung, da dies einen Großteil der Netzgeräte abdecken würde. Diese Art der Strommessung erfolgt berührungslos mittels sogenannter Hallelemente. Die Stromleitung wird zwar durch den IC geführt, es gibt aber keine direkte Verbindung zur restlichen Schaltung. Dies nennt man auch „galvanisch getrennt“. Es besteht aber eine Empfindlichkeit auf magnetische Einflüsse, dies sollte nicht unbedacht bleiben. Außerdem wurde festgestellt, dass Messbereiche unter 5 Ampere (Auflösung 5 mA) auf diese Weise nicht sinnvoll sind.

Als zweite Variante wurde die Messung mittels Shunt eingeplant. Das bietet zwar keine galvanische Trennung, was aber in vielen Fällen auch nicht notwendig ist und dafür den Vorteil hat, dass auch noch sehr geringe Ströme gut erfasst werden können.

Die Berechnung der Leistung ist reine Mathematik, wofür der Mikroprozessor bestens geeignet ist. Bei Gleichstrom gibt es keine Scheinleistung, also genügt eine einfache Multiplikation.

Als Anzeige für den Einsatz der Strombegrenzung des Netzgerätes steht ein Eingang des Prozessors zur Verfügung, welcher gegen Masse geschaltet werden muss. Dies kann durch einen Transistor oder ein Relais geschehen. Da es manchmal Fälle gibt, wo man bewusst mit Strombegrenzung arbeitet, sollte keine nervtötende Ausgabe wie ein piepsen verwendet werden. Es wurde abgesehen von einer Textausgabe am Display dies derart realisiert, dass die Hintergrundbeleuchtung des LCD in der Form blinkt, dass die Helligkeit zwischen normal und halb-hell „blinkt“. Dies fällt auf, ist aber nicht aggressiv.



Bild 02 und 03: In vorhandene Netzgeräte nachträglich eingebaute Module

Schaltungsbeschreibung:

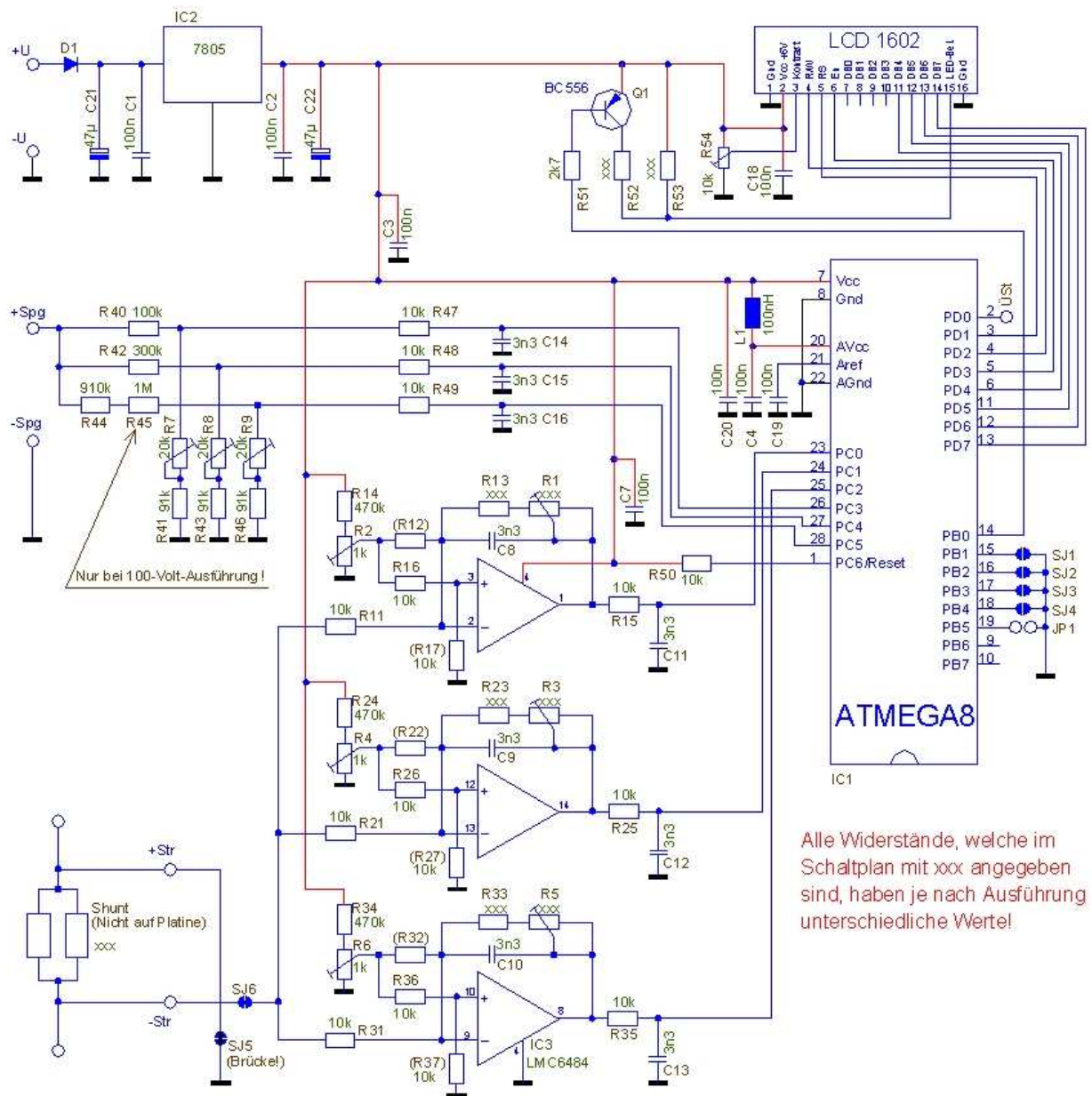


Bild 04: Schaltplan für Strommessung mittels Shunt

Die Spannungsmessung:

Es gibt 3 Messbereiche: 10 Volt, 20 Volt und 50 bzw. 100 Volt. Die Auflösung ist jeweils 1/1000 des Messbereiches.

Die Auswahl des 100 Volt-Bereiches geschieht durch die Lötbrücke SJ1. Keine Verbindung ergibt 50-V-Bereich, Lötbrücke ergibt 100-V-Bereich (für diesen ist zusätzlich der Widerstand R45, 1M Ω , einzulöten). Für den 50-V-Bereich wird der Widerstand R44, 910 k Ω , derart eingelötet, dass sich eine Drahtbrücke für den nicht vorhandenen R45 erübrigt.

Es wurde kein besonderer Wert auf Niederohmigkeit gelegt, die Spannungsquelle wird mit etwas über 100 kOhm belastet.

Für jeden der drei Messbereiche ist ein eigener Einstellregler vorhanden (R7, R8, R9), sodass jeder Bereich auf maximale Genauigkeit der Anzeige abgeglichen werden kann.

Via jeweils 10 kOhm (R47, R48, R49) wird die geteilte Eingangsspannung parallel drei AD-Wandler-Eingängen des Prozessors zugeführt. Die drei 3,3nF-Kondensatoren (C14, C15, C16) dienen zur Unterdrückung unerwünschter HF-Anteile. Zu hohe Spannungen werden durch prozessorinterne Dioden gegen die Betriebsspannung +5V abgeführt, ohne dass der Prozessor Schaden nimmt.

Die Strommessung:

Es gibt zwei Varianten für die Strommessung, welche je nach Bestückung auf der Platine aufgebaut werden können:

- a) Die Messung mittels Shunt
- b) Die Messung mittels Stromsensor-IC

Gleich ist bei beiden Methoden, dass die dem zu messenden Strom proportionale Messspannung mittels Operationsverstärker an die Eingangsspannung der AD-Wandler des Mikroprozessors angepasst werden muss, in unserem Fall 0 – 5 Volt.

Da die Schaltung vom Umfang her nicht ausarten sollte, wurden einige Kompromisse eingegangen. Der wesentliche Kompromiss war, dass nicht der gesamte Bereich der Betriebsspannung ausgenutzt wird, sondern jeweils ca. 35 mV weniger, was minimal ist, aber eine zusätzliche negative Versorgungsspannung unnötig werden ließ. Damit dieser nicht nutzbare Spannungsbereich möglichst klein gehalten werden konnte, wurde ein sogenannter Rail-to-rail-OP eingesetzt. Diese Typen können bis auf einen sehr geringen Rest die zur Verfügung stehende Spannung Ausgangsseitig fast vollständig nutzen.

Die Mess-Spannung wird parallel 3 OP's zugeführt und gleichzeitig für drei unterschiedliche Messbereiche an die Eingangsspannung der AD-Wandler angepasst. Die Software entscheidet dann, welcher von den 3 Messbereichen zur Anzeige gebracht wird.

Es gibt insgesamt 8 per Lötbrücken auswählbare Messbereichs-Gruppen zu je 3 Messbereichen, sieben für die Shunt-Messung und eine für die Stromsensor-Messung (siehe Tabelle weiter unten).

In jeder dieser 8 Gruppen stehen gleichzeitig jeweils 3 Messbereiche zur Verfügung. Als Beispiel hier die erste Messbereichs-Gruppe mit den Bereichen 1 Amp, 2 Amp und 5 Amp.

Die AD-Wandler haben eine Auflösung von 1024 Bit, der Einfachheit halber sprechen wir hier von 1000. Somit kann als kleinster Wert jeweils ein Tausendstel des Messbereiches dargestellt werden. Das wären in diesem Fall 1 mA für den 1-Amp-Bereich, 2 mA für den 2-Amp-Bereich und 5 mA für den 5-Amp-Bereich.

Die Strom-Messung hat also bis 1 Amp eine „Auflösung“ von 1 mA usw. Im Prinzip dasselbe wie die unterschiedlichen Messbereiche eines Multimeters. In unserem Fall geschieht die Umschaltung automatisch durch die Software. Insgesamt hat man somit im kleinsten Messbereich die höchste Auflösung. Der Vorteil des Ganzen liegt natürlich darin, dass sowohl hohe als auch sehr niedrige Ströme gut gemessen werden können.

Die Strommessung mittels Shunt:

Dies ist die einfachere Art den elektrischen Strom zu erfassen, hat aber auch Nachteile. Diese ergeben sich dadurch, dass man damit nicht galvanisch getrennt ist und man sich damit an die vorgegebenen elektrischen Potentiale halten muss. Außerdem ist zu bedenken, dass bei höheren Strömen am Shunt auch Spannung abfällt (z.B. Bei 50 Milliohm und 10 Amp immerhin 0,5 Volt!) und u.U. auch eine Menge Verlustwärme abgeführt werden muss, da sich sonst womöglich Lötstellen „von selber entlöten“! Das folgende Prinzipschaltbild verdeutlicht dies.

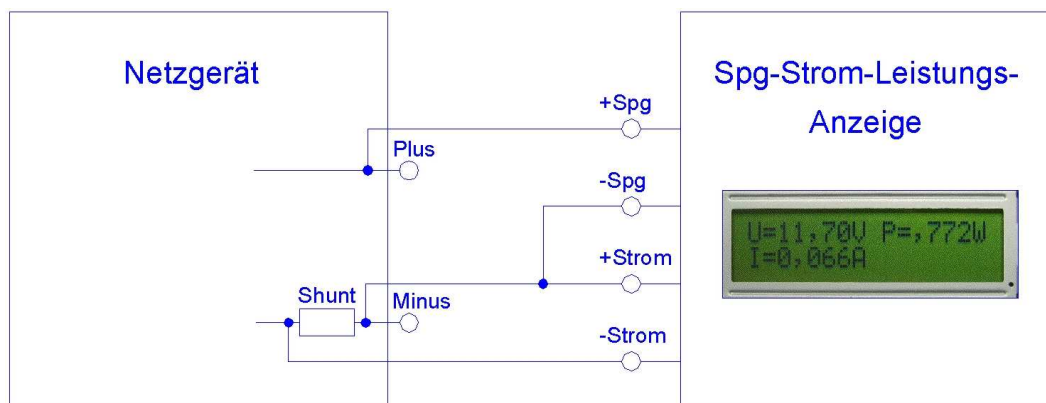


Bild 05: Prinzipschaltbild für Strommessung mittels Shunt

Man kann auf diesem Bild deutlich erkennen, dass der Shunt in die „Minus-Leitung“ des Netzgerätes eingebaut werden muss. Das bedeutet potentialmäßig, dass der „-Strom“-Eingang der Anzeige negativeres Potential als der „-Ausgang“ des Netzgerätes hat. Deshalb muss die „Minus-Leitung“ im Netzgerät aufgetrennt und der Shunt eingefügt werden.

Der „-Spg“- und der „+Strom“-Eingang der Anzeige werden gemeinsam am „-Ausgang“ des Netzgerätes angeschlossen.

Der „+Spg“-Eingang der Anzeige wird mit dem „+Ausgang“ des Netzgerätes verbunden.

Die Rückführung für die Regelung sollte aber an der Minus-Ausg.Buchse des Netzgerätes bleiben, da sonst der Spannungsabfall am Shunt zum Tragen kommt. Wer also das Modul an ein Netzgerät anschließt, welches eigene Fühlerleitungen hat, ist hier fein raus. Ansonsten muss man die Schaltung des Netzgerätes näher unter die Lupe nehmen.

Ein Beispiel soll dies verdeutlichen:

Shunt 10 Milliohm, Strom 20 Amp. ergibt 0,2 Volt Spannungsabfall, welcher dann nicht von der Regelung des Netzgerätes berücksichtigt wird, man hat dann in unserem Beispiel statt 12 Volt nur 11,8 Volt Spg. am Ausgang.

Der Shunt:

Die Schaltung wurde so entwickelt, dass ein möglichst großes Spektrum an Einsatzfällen damit abgedeckt wird.

Es können beliebige Shunts verwendet werden – sie müssen nur den Anforderungen bezüglich Leistung und Spannungsabfall genügen und sollten möglichst temperaturstabil sein. Die Genauigkeit ist egal, da mittels Einstellregler auf der Platine abgeglichen wird – auch „krumme“ Widerstandswerte sind möglich – eventuell müssen dann die Widerstandswerte neu berechnet werden.

Für die Strom-Messung mittels Shunt stehen 7 Messbereichs-Gruppen zur Auswahl:

- 1 - 2 - 5 Ampere
- 1 - 2 - 10 Ampere
- 1 - 2 - 20 Ampere
- 1 - 5 - 20 Ampere
- 1 - 5 - 50 Ampere
- 1 - 10 - 100 Ampere
- 2 - 20 - 200 Ampere

Nicht unwesentlich ist in diesem Zusammenhang die am Shunt auftretende Verlustleistung. In der folgenden Tabelle findet man eine Berechnung dieser für unterschiedliche Widerstands- und Stromwerte. Die grau hinterlegten Bereiche sind eher theoretischer Natur, der Vollständigkeit halber aber in der Tabelle enthalten – kaum jemand wird z.B. einen Shunt mit 1 Ohm Widerstand für einen Messbereich von 200 Ampere einsetzen, da dieser dann eine Verlustleistung von 40 kW aushalten müsste – wesentlich mehr als ein durchschnittliches Einfamilienhaus im Winter an Heizleistung benötigt. Abgesehen davon wäre dazu eine Spg. von 200 Volt alleine für den Shunt notwendig.

Andererseits darf der Shunt auch keinen zu kleinen Wert haben, da es sonst Probleme mit der benötigten Verstärkung des OP's gibt. Dazu weiter unten mehr.

Tabelle Verlustleistung am Shunt:

Shunt	1	0,5	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01	0,005	0,002	0,001	0,0005	
	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	
Strom												
1 Amp	1	0,5	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01	0,005	0,002	0,001	0,0005	Watt
2 Amp	4	2	0,8	0,4	0,2	0,08	0,04	0,02	0,008	0,004	0,002	Watt
5 Amp	25	12,5	5	2,5	1,25	0,5	0,25	0,125	0,05	0,025	0,0125	Watt
10 Amp	100	50	20	10	5	2	1	0,5	0,2	0,1	0,05	Watt
20 Amp	400	200	80	40	20	8	4	2	0,8	0,4	0,2	Watt
50 Amp	2500	1250	500	250	125	50	25	12,5	5	2,5	1,25	Watt
100 Amp	10000	5000	2000	1000	500	200	100	50	20	10	5	Watt
200 Amp	40000	20000	8000	4000	2000	800	400	200	80	40	20	Watt

Die Tabelle zeigt die am Shunt bei maximalem Strom auftretende Verlustleistung.

Die am Shunt abfallende Spannung muss mit dem OP auf 5 Volt (Maximalwert) verstärkt werden. Damit kann der sogenannte Verstärkungsfaktor errechnet werden.

Beispiel: Shunt 0,05 Ohm, max. Strom 5 Amp.

5 Amp x 0,05 Ohm ergibt 0,25 Volt am Shunt. 5 Volt durch 0,25 Volt ergibt einen Verstärkungsfaktor von 20.

Nachdem die Widerstände zu den Eingängen der OP's (hier mit R_E bezeichnet) in der Schaltung generell 10 kOhm haben, errechnet sich der Rückkoppelwiderstand aus $R_E \times$ Verstärkungsfaktor, in unserem Beispiel also 10 kOhm x 20 = 200 kOhm.

In den folgenden Tabellen sind Verstärkungsfaktor und Rückkopplungswiderstand für diverse Shunt-Widerstände und Strombereiche berechnet. Selbstverständlich sind auch „krumme“ Shunt-Widerstände wie. z.B. 60 mOhm etc. möglich, die dementsprechenden Widerstandswerte müssen dann berechnet werden.

Tabelle Verstärkungsfaktoren:

Shunt	1	0,5	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01	0,005	0,002	0,001	0,0005	
Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	
Strom												
1 Amp	5	10	25	50	100	250	500	1000	2500	5000	10000	Verst.
2 Amp	2,5	5	12,5	25	50	125	250	500	1250	2500	5000	Verst.
5 Amp	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000	Verst.
10 Amp	0,5	1	2,5	5	10	25	50	100	250	500	1000	Verst.
20 Amp	0,25	0,5	1,25	2,5	5	12,5	25	50	125	250	500	Verst.
50 Amp	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20	50	100	200	Verst.
100 Amp	0,05	0,1	0,25	0,5	1	2,5	5	10	25	50	100	Verst.
200 Amp	0,025	0,05	0,125	0,25	0,5	1,25	2,5	5	12,5	25	50	Verst.

Tabelle Rückkoppelwiderstände:

Shunt	1	0,5	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01	0,005	0,002	0,001	0,0005	
Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	
Strom												
1 Amp	50	100	250	500	1000	2500	5000	10000	25000	50000	100000	kOhm
2 Amp	25	50	125	250	500	1250	2500	5000	12500	25000	50000	kOhm
5 Amp	10	20	50	100	200	500	1000	2000	5000	10000	20000	kOhm
10 Amp	5	10	25	50	100	250	500	1000	2500	5000	10000	kOhm
20 Amp	2,5	5	12,5	25	50	125	250	500	1250	2500	5000	kOhm
50 Amp	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000	kOhm
100 Amp	0,5	1	2,5	5	10	25	50	100	250	500	1000	kOhm
200 Amp	0,25	0,5	1,25	2,5	5	12,5	25	50	125	250	500	kOhm

Nicht unerwähnt bleiben sollen auch die sieben grau hinterlegten Felder rechts oben in den Tabellen. Diese betreffen sehr kleine Widerstandswerte für Shunt, welche in den unteren Strommessbereichen wegen des geringen Spannungsabfalls eine sehr hohe Verstärkung und damit einen sehr hohen Rückkoppelwiderstand von mehr als 10 Megaohm erfordern. In diesen Fällen müsste man für die Eingangswiderstände (10 kOhm) kleinere Werte einsetzen. Diese Fälle wurden von mir aber mangels Gelegenheit noch nicht ausgetestet.

Für die Rückkoppelwiderstände wurden von mir ca. 80 Prozent des Gesamtwiderstands eingesetzt, für die in Serie geschalteten Einstellregler ca. 40 Prozent. Diese Werte haben sich in Zusammenhang mit den 25-Gang-Einstellreglern bewährt, es kann damit genau genug abgeglichen werden, lässt aber auch größere Toleranzen bei den Shunts zu.

Berechnung:

Für jene, welche das ganze selber berechnen wollen, hier die Grundlagen:

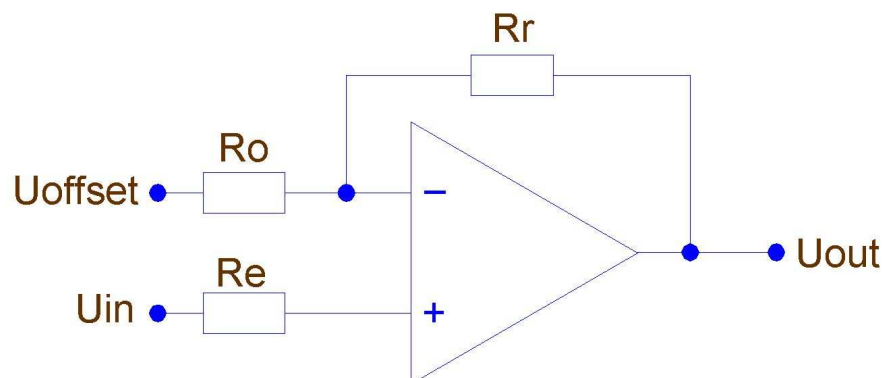


Bild 06: Prinzipielle Beschaltung der OP's

$$U_{out} = \left(\frac{R_r + R_o}{R_e} * U_{in} \right) - \left(\frac{R_r}{R_o} * U_{offset} \right)$$

Die Strommessung mittels Stromsensor-IC ACS715:

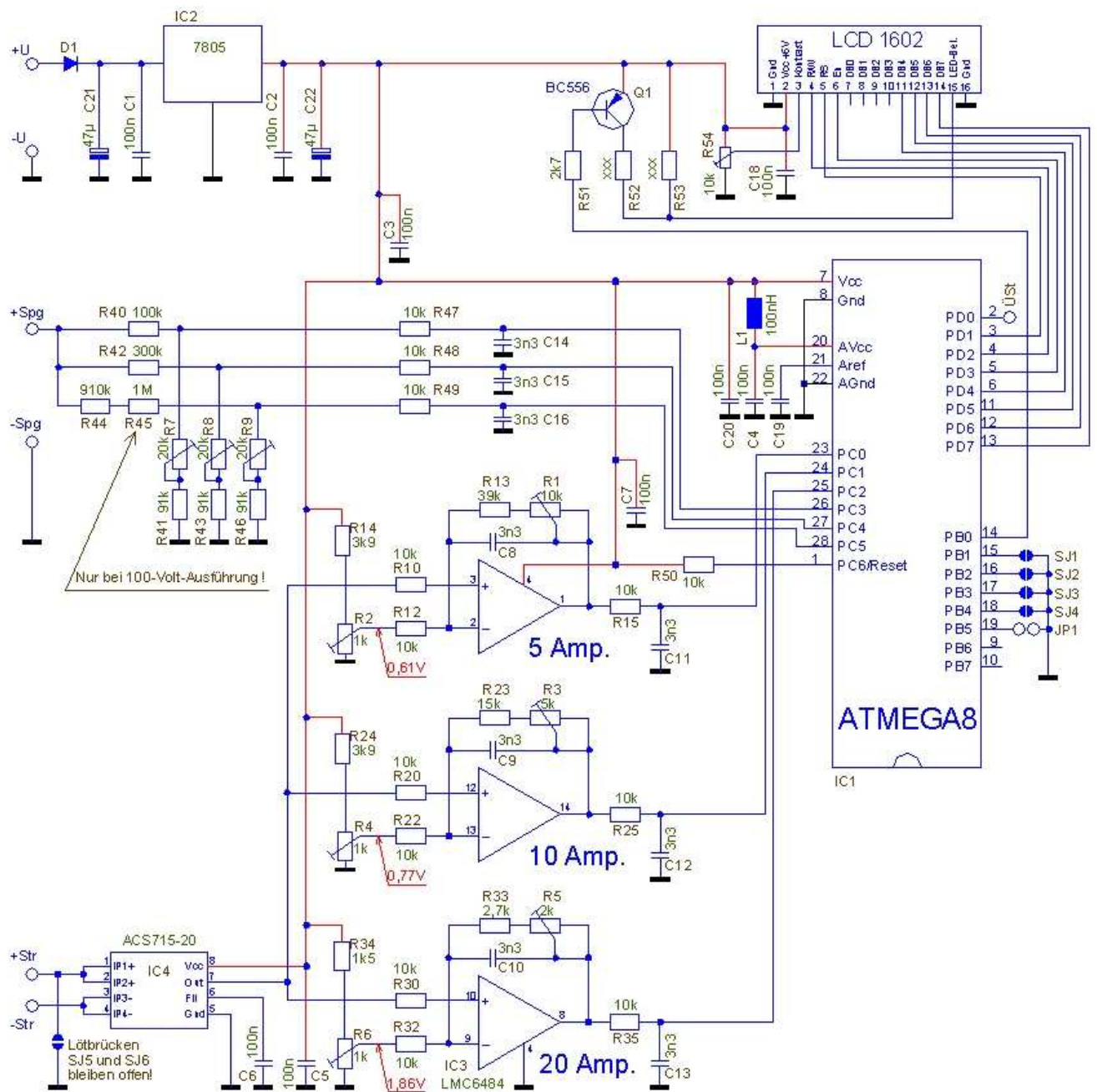


Bild 07: Schaltplan für Strommessung mittels Stromsensor-IC ACS715-20

Der Vorteil der Strommessung mittels Stromsensor-IC ACS715-20 von Allegro ist, dass es eine galvanische Trennung vom Rest der Schaltung gibt. Das bedeutet, dass keine Rücksicht auf irgendwelche Potentiale genommen werden muss, es ist egal ob die Messung in der Plusleitung oder der Minusleitung erfolgt.

Der Nachteil dieser Messung ist dass der Stromsensor-IC auf Grund des Messprinzips mit Hall-Elementen sehr empfindlich auf externe Magnetfelder reagiert und deshalb auch der kleinste Strom-Messbereich sinnvoller Weise auf 5 Ampere festgelegt werden musste. Damit ist in diesem Fall für den Strommessbereich 5 – 10 – 20 Ampere festgelegt worden.

Es gibt diese IC´s bis 200 Ampere, bei höheren Strömen jedoch in etwas größerer Bauform. Rein elektrisch können alle IC´s dieser Serie verwendet werden, es müssten nur die entsprechenden Widerstände anders dimensioniert werden und bei den größeren Bauformen eine externe Montage des ICs mit eigenen kurzen Zuleitungen zur Platine geschaffen werden.

Hier noch eine kleine Tabelle mit der Ausgangsspannung des ACS715-20 bei diversen Stromwerten. Die Spg. bei 0 Amp. ist definiert als 1/10 der Versorgungsspannung.

Strom	Spg. an Pin 7 des ACS715-20
0 Amp	0,5000 Volt
0,1 Amp	0,5185 Volt
0,5 Amp	0,5925 Volt
1 Amp	0,6850 Volt
2 Amp	0,8700 Volt
3 Amp	1,0550 Volt
4 Amp	1,2400 Volt
5 Amp	1,4250 Volt
6 Amp	1,6100 Volt
7 Amp	1,7950 Volt
8 Amp	1,9800 Volt
9 Amp	2,1650 Volt
10 Amp	2,3500 Volt
12 Amp	2,7200 Volt
14 Amp	3,0900 Volt
15 Amp	3,2750 Volt
16 Amp	3,4600 Volt
18 Amp	3,8300 Volt
20 Amp	4,2000 Volt

Die Anzeige

Als Anzeige kommen handelsübliche LCD's mit 2 Zeilen á 16 Zeichen und HD44780-Controller zum Einsatz. Wichtig ist die übliche Pinbelegung.

Pin 1	Gnd
Pin 2	+5Volt
Pin 3	Kontrast
Pin 4	R/W
Pin 5	RS
Pin 6	En
Pin 7	DB0
Pin 8	DB1
Pin 9	DB2
Pin 10	DB3
Pin 11	DB4
Pin 12	DB5
Pin 13	DB6
Pin 14	DB7
Pin 15	+ Hintergrundbeleuchtung
Pin 16	- Hintergrundbeleuchtung

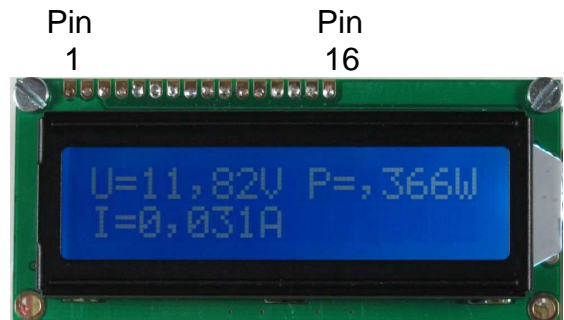


Bild 08: LCD

ACHTUNG FALLE: Wer ein anderes LCD verwendet, muss unbedingt die Pinbelegung des LCD überprüfen! Es gibt auch LCD's, bei welchen Pin 1 auf +5Volt und Pin 2 auf 0-Volt liegt. Ein Beispiel ist das LCD TC1602B-01YA0 des Herstellers Vatronix, welches die Fa. Neuhold / Graz preisgünstig im Angebot hat. Wer solche LCD's ohne die nötige Vertauschung von Pin 1 und 2 anschließt wird es voraussichtlich in den Elektronikhimmel befördern. Auch andere Gemeinheiten sind möglich. Wird aber die andere Pinbelegung durch „Umverdrahtung“ berücksichtigt, sind solche LCD's durchaus verwendbar.

ACHTUNG FALLE: Es gibt auch LCD's, welche am Pin 3 (Kontrasteinstellung) eine negative Spg. benötigen – diese sind vornehmlich für einen größeren Temperaturbereich konstruiert. Für diese Typen ist die Schaltung nicht vorgesehen.

Wenn Einer eine Arbeit macht, dann kann er was erzählen ...

Bei meinen Testaufbauten passierte es, dass ich bei einer Strommessung 60 mA erhalten sollte, tatsächlich aber sich ändernde Werte bis 120 mA angezeigt wurden. Im ersten Moment dachte ich an einen instabilen OP, an defekte Einstellregler etc. und ging der Sache auf den Grund.

Ich verwendete für die Strommessung 4 Stück 40-Milliohm-Shunts, welche parallel mit etwas Abstand zwischen zwei Kupferdrähten eingelötet waren. Die eine Seite der Kupferdrähte war mit den Strom-Eingangspins des Moduls verlötet, die andere Seite mit flexiblen Leitungen zur Stromspeisung durch das Netzgerät.

Es stellte sich heraus, dass der Effekt mit der falschen Stromanzeige dann auftrat, wenn ich mit dem Lötkolben eine jener Lötstellen aufheizte, welche die Zuleitungen mit den zwei Kupferdrähten verbanden. Dann erhöhte sich die Stromanzeige, obwohl der Strom gleich blieb. Beim Erhitzen der anderen Seite (2. Draht) geschah dasselbe umgekehrt, die Stromanzeige ging ins negative. Mit Kältespray konnte das Ganze mit umgekehrtem Vorzeichen bewerkstelligt werden. Es funktionierte auch nachdem ich die Zuleitungen entfernt hatte. Genauere Messungen brachten zu Tage, dass sich durch Erhitzen mit dem Lötkolben bis über 10 Millivolt Spannung am Moduleingang erzielen ließen.

Somit war klar, dass es sich beim Ganzen um eine Thermospannung zwischen Kupferdraht und Shunt handelte.

Laut Thermoelektrischer Spannungsreihe hat Kupfer einen Wert von $+6,5 \mu\text{V/K}$ und Konstantan $-35 \mu\text{V/K}$ (beide bezogen auf Platin), ergibt zusammen $41,5 \mu\text{V/K}$. Eine grobe Abschätzung der Temperatur von 300°C bei Erwärmung und einer Spannung von 10 mV ergibt eine Temperaturdifferenz von 280°K und damit ca. $36 \mu\text{V/K}$, was Größenordnungsmäßig nicht so falsch war. Leider war dem Datenblatt der Shunt's nicht zu entnehmen, um welches Material es sich handelt, es sieht aus wie Weißblech und lässt sich gut löten.

Eine Berechnung des spezifischen Widerstandes ergab bei Abmessungen von $0,18 \times 3,96 \text{ mm}$ Querschnitt, 64 mm Länge und einem Widerstand von $0,04 \text{ Ohm}$ einen Wert von $0,446 \text{ Ohm/m}$. Wäre ja auch nahe des berechneten Wertes von Konstantan mit $0,5 \text{ Ohm/m}$.

Das Gewicht eines solchen Shunts beträgt $0,45 \text{ Gramm}$, das Volumen 47 mm^3 . Dies ergibt ein spezifisches Gewicht von ca. $9,59 \text{ g/cm}^3$. Konstantan hat $8,9 \text{ g/cm}^3$.

Ein guter Freund, OM Karl OE5JKL, führte eine „Qualitative und Quantitative Spektralanalyse“ (ICP-MS) durch, welche folgende Werte ergab: 53% Cu, 39% Ni, 1% Mn und eine Menge weiterer Elemente wie Eisen, Magnesium, Phosphor, Calcium, Kobalt, Arsen, Selen, Molybdän, Silber, Zinn, etc. mit Anteilen weit unter 1% . Diese einfache Analyse ist allerdings mit bis zu 10% Unsicherheit behaftet, darum erhält man zusammengezählt auch nur 94% . Für meine Zwecke sollte diese einfache Untersuchung aber vollkommen ausreichen. Rechnet man das Ganze auf 100% hoch, erhält man ca. $57,3 \%$ Cu, $41,6 \%$ Ni und $1,1 \%$ Mn. Laut Wikipedia hat Konstantan eine Zusammensetzung von $53 - 57 \%$ Cu, $43 - 45 \%$ Ni und $0,5 - 1,2 \%$ Mn. Somit kann man davon ausgehen, dass es sich beim Shunt um Konstantan handelt, allerdings mit einer gut lötbaren Oberflächenbeschichtung.

Die eigentliche Bauanleitung:

Als Erstes wird festgelegt, welche Variante (Shunt oder Stromdetektor-IC) und welche Spannungs- und Strombereiche gewünscht werden (ist auch vom verwendeten Shunt abhängig). Bei Verwendung eines Shunt sind auch Widerstand und max. Leistung des selben zu beachten.

Wer den höchsten Strommessbereich nicht vollständig ausnützt, kann dies auch bei der Dimensionierung des Shunt berücksichtigen.

Beispiel: Es soll für ein Netzteil mit 25 Ampere der Shunt berechnet werden. Da der Strombereich von 20 Amp. hier zu klein wäre, muss der nächst höhere, das ist der 50-Amp.-Bereich, genommen werden. Hierfür wäre bei einem 10-Milliohm-Shunt eine Verlustleistung von 25 Watt zu berücksichtigen. Da das Netzteil aber nur 25 Amp. liefert, genügt eine Leistung von $25A \times 25A \times 0,01\Omega = 6,25$ Watt für den Shunt. Das ist dann schon ein deutlicher Unterschied zu den bei 50 Amp. geforderten 25 Watt.

Ist die Platine noch nicht gebohrt, mit ca. 0,7mm-Bohrer bohren. Die beiden 3mm-Löcher zur Befestigung des LCD nicht vergessen. Einige wenige Löcher müssen auf 0,9 bis 1 mm aufgebohrt werden.

ACHTUNG: Die Platine sorgfältig auf eventuelle Fehler (z.B. Kurzschlüsse) überprüfen und diese beheben.

Einfaches Hilfswerkzeug

Bei dieser Gelegenheit sei auf ein einfaches Eigenbau-Werkzeug hingewiesen, welches mir schon viele praktische Dienste erwies. Besteht aus einem Stück Messingstange mit 6mm Durchmesser, 2 Stk. M3-Madenschrauben und einem Spiralbohrer 0,8 bzw. 1 mm. Ist bei einer Platine ein einzelnes Loch beim Bohren übersehen worden oder ein paar wenige Löcher sind z.B. auf 1 mm aufzubohren, kann dieses Werkzeug schnell und einfach eingesetzt werden.



Bild 09: Praktisches Werkzeug: Handbohrer

Erster Teil für beide Ausführungen fast gleich

Die Aufbauanleitung ist für die beiden Ausführungen (Shunt oder Stromsensor-IC) für den allgemeinen Teil (Stromversorgung, Prozessor etc.) und den Spannungsmessbereich bis auf eine im Text erwähnte Ausnahme gleich. Für den Strommessbereich gibt es aber beträchtliche Unterschiede, deshalb gibt es dafür getrennte Aufbauanleitungen.

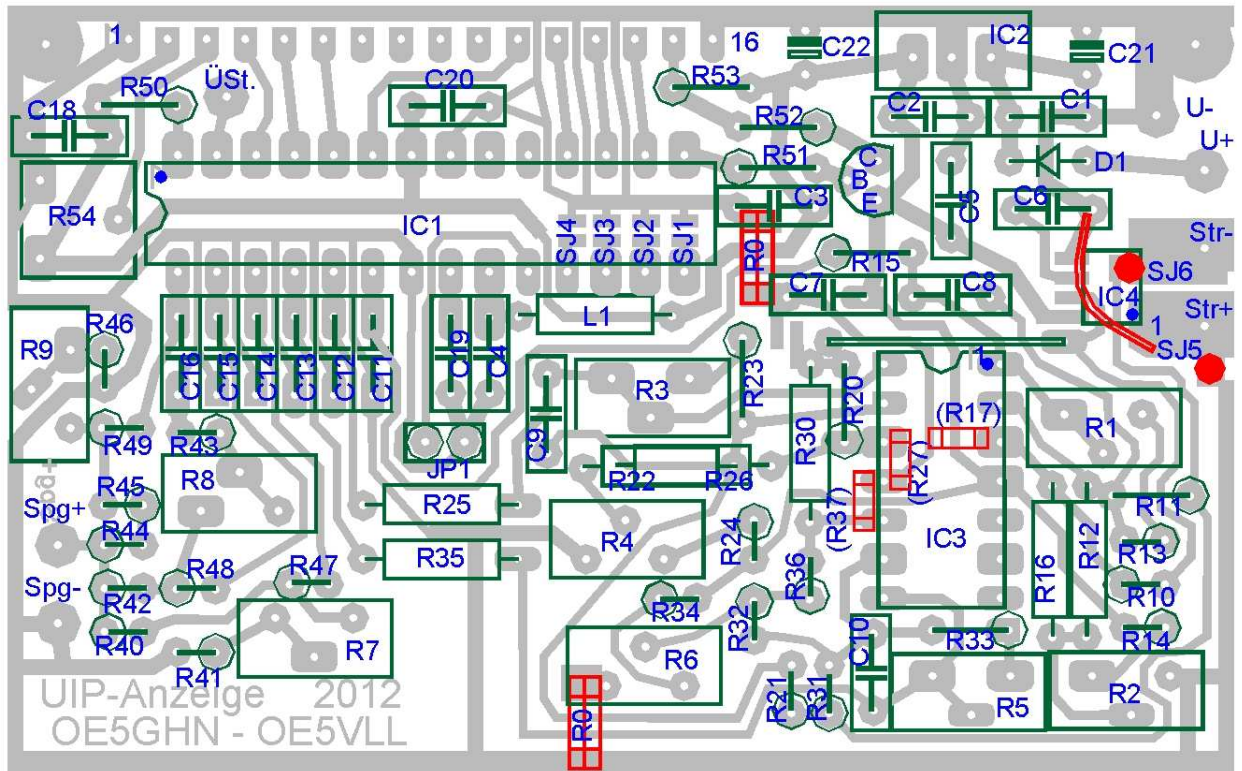


Bild 10: Bestückungsplan (Lötseite)

Für jene, welche gerne in Etappen aufbauen und dazwischen Funktionskontrollen machen wollen, empfiehlt sich folgende Vorgehensweise.

Als Erstes sollten die beiden 0-Ohm-SMD-Widerstände auf der Lötseite der Platine eingelötet werden. Beide sind im Bestückungsplan mit R0 bezeichnet.

Die Lötbrücken SJ1 bis SJ4 sind je nach gewählten Messbereichen bereits jetzt herzustellen – sie werden nur allzu leicht später gern vergessen, was dann zu unnötiger Fehlersuche führt.

Brücke SJ1 ist herzustellen, wenn der 100-Volt-Bereich gewünscht ist, Brücke SJ2, SJ3 und SJ4 wenn Variante Stromsensor-IC (Messbereichsgruppe 7). Siehe untenstehende Tabelle – die Brücken sind herzustellen, wenn 0 in der Tabelle.

Beispiel Messbereichsgruppe 1: Es ist nur die Brücke SJ2 herzustellen, SJ3 und SJ4 bleiben offen.

	SJ4 SJ3 SJ2			Low Mid High			
	Gruppe 0	1	1	1	1	2	
Gruppe 1	1	1	0	1	2	10	Amp
Gruppe 2	1	0	1	1	2	20	Amp
Gruppe 3	1	0	0	1	5	20	Amp
Gruppe 4	0	1	1	1	5	50	Amp
Gruppe 5	0	1	0	1	10	100	Amp
Gruppe 6	0	0	1	2	20	200	Amp
Gruppe 7	0	0	0	5	10	20	Amp

Nur bei der „Shunt-Ausführung“ sind auch die beiden Lötbrücken SJ5 und SJ6 zu erstellen. Die eingezeichnete Drahtbrücke (von C6 nach Str+, NUR BEI SHUNT-AUSFÜHRUNG!) ist zwar nicht zwingend notwendig, verbessert aber die Masseverhältnisse. Die Brücken werden zwar nicht gleich benötigt aber ansonsten später gern vergessen und es ist einfacher sie bei unbestückter Platine zu löten. Siehe dazu untenstehendes Bild (in diesem ist die Drahtbrücke nicht enthalten!).

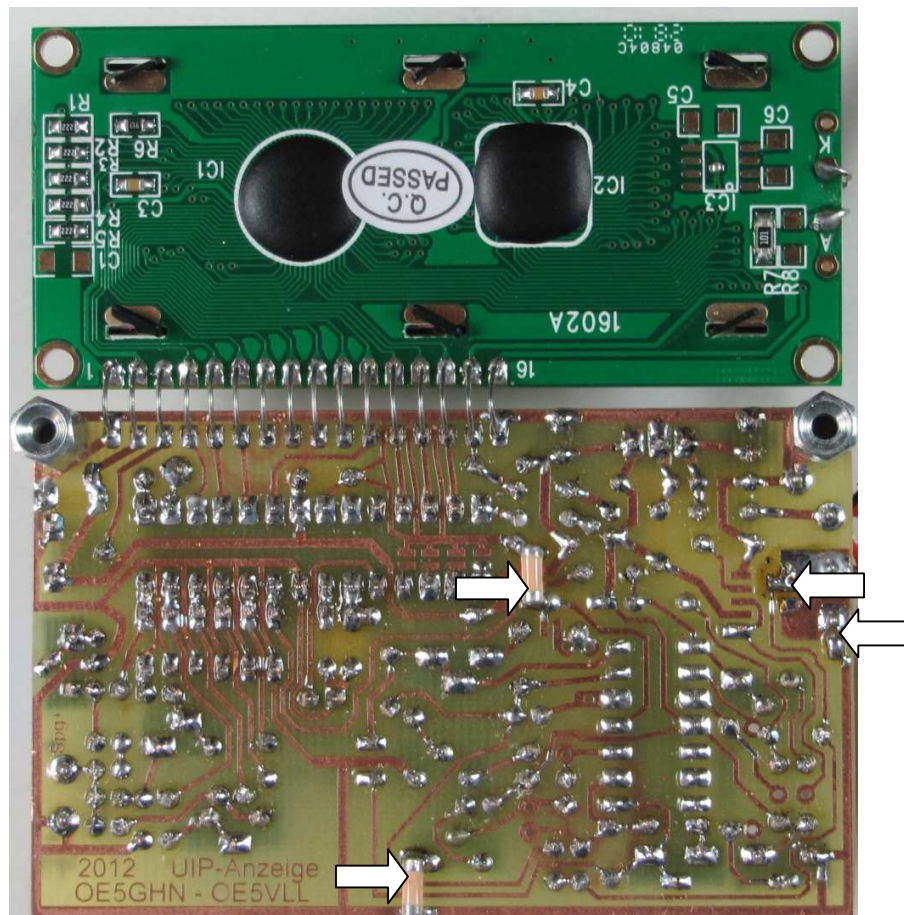


Bild 11: Modul Lötseite (Shunt-Ausführung)

Anschließend nur jene Bauteile bestücken, welche für einen ersten Prozessortest nötig sind.

Das betrifft für den Bereich der Stromversorgung D1, Q1, IC2, L1, R50 bis R54 und den Sockel für den Prozessor.

Die Widerstände R52 und R53 sind abhängig vom LCD-Typ und bestimmen den Strom für die Hintergrundbeleuchtung – im Normalfall sind diese beiden Widerstände durch Q1 parallelgeschaltet. Für die von mir verwendeten Typen mit schwarzer Schrift und grünem Hintergrund verwende ich je 47 oder 50 Ohm, für die Typen mit weißer Schrift und blauem Hintergrund je 270 Ohm.

Bei den Kondensatoren ist es einfacher gleich alle mit 100 nF (C1 bis C7 und C18 bis C20) und die beiden Elkos C21 und C22 zu bestücken. Statt der 100-nF-Kondensatoren können auch Typen mit Werten zwischen 47 nF und 200 nF verwendet werden. Ebenso unkritisch ist der Wert der 3,3-nF-Kondensatoren.

Anschließend kann kontrolliert werden, ob die +5V vom Spannungsregler korrekt geliefert werden. Wer ein Netzteil mit Strombegrenzung hat, sollte diese auf z.B. ca. 100 mA einstellen, dann kann nicht so leicht etwas passieren. Die Spannung wird auf einen Wert zwischen 8 und 15 Volt eingestellt. Das Ganze kann auch mittels einer 9-Volt-Batterie durchgeführt werden. Die Stromaufnahme beträgt in diesem Fall noch unter 10 mA. Die Stromaufnahme des fertigen Moduls ist speziell von den Vorwiderständen für die Hintergrundbeleuchtung abhängig und liegt üblicherweise zwischen 35 und 60 mA.

Des Weiteren wird das LCD mit der Platine verschraubt und die Verbindungen mit nicht zu dickem Schalt draht hergestellt. Einige LCD-Typen haben Befestigungslöcher mit 2,5 mm Durchmesser – diese müssen vorher vorsichtig auf 3 mm aufgebohrt werden. Die vier Anschlüsse 7, 8, 9 und 10 des LCD können ausgelassen werden, sie werden nicht benötigt.

Dann noch den Prozessor richtig herum in die Fassung stecken und einer ersten Inbetriebnahme sollte nichts entgegenstehen. Für die weitere Bestückungsarbeit ist es notwendig, die beiden Schrauben für die LCD-Befestigung wieder herauszudrehen und die beiden Platinen „auseinander zu klappen“.



Bild 12: Aufgeklapptes Modul

Wird die Stromversorgung hergestellt sieht man meistens auf dem LCD nichts. Es muss erst mit dem Poti R54 das LCD auf maximalen Kontrast eingestellt werden. Sollte trotzdem keine Anzeige zu sehen sein, beginnt die Fehlersuche. Ansonsten sollte bereits der Text lesbar sein. Ein für den Test guter Wert ist eine Einstellung von ca. 0,2 Volt – bei dieser Spannung sollte normalerweise der Text im Display sichtbar sein.



Bild 13: LCD mit schwarzer Schrift auf grünem Hintergrund

Danach können die Bauteile für die Spannungsmessung bestückt werden. Dies betrifft R7 bis R9 und R40 bis R49. Hier ist es nun sinnvoll, gleich alle Kondensatoren mit 3,3 nF (C8 bis C16) zu bestücken. Der Widerstand R45 wird nur für den 100 Volt-Bereich benötigt. Für den 50 V-Bereich wird R44 so eingelötet, dass keine Brücke statt R45 benötigt wird.

Danach wird die Schaltung wieder in Betrieb genommen und nacheinander ca. 9 Volt, 19 Volt und 30 bis 48 Volt an den Spg.-Eingang angelegt und mit einem parallelgeschalteten Voltmeter mittels der Poti R7, R8 und R9 auf gleiche Spannungsanzeige abgeglichen. Damit wäre die Inbetriebnahme der Spannungsmessung erledigt.

Bestückung des Strommessteils für die Shunt-Ausführung

Nun kommt die Bestückung des Strom-Messteils. Hier muss berücksichtigt werden, für welche Messbereichsgruppe und für welchen Shunt-Widerstand die Bestückung erfolgen soll.

Das Beispiel soll für die Messbereichsgruppe 1 und einen Shunt mit 20 Milliohm gezeigt werden.

Messbereichsgruppe 1: Low = 1 Amp., Mid = 2 Amp., High = 10 Amp
Lötbrücken SJ2 geschlossen, SJ3 und SJ4 offen

	SJ4	SJ3	SJ2	Low	Mid	High	
Gruppe 0	1	1	1	1	2	5	Amp
Gruppe 1	1	1	0	1	2	10	Amp

Aus den Tabellen kann man folgende Werte für Shunt = 0,02 Ohm entnehmen:

Messbereich	Leistung am Shunt	Spannung am Shunt	Verstärkungs-Faktor	Rückkoppel-Wid. Gesamt	Poti	Widerstand
1 Amp	0,02 W	20 mV	250	2,5 MOhm	1 MOhm	2 MOhm
2 Amp	0,08 W	40 mV	125	1,25 MOhm	500 kOhm	1 MOhm
10 Amp	2 W	200 mV	25	250 kOhm	100 kOhm	200 kOhm

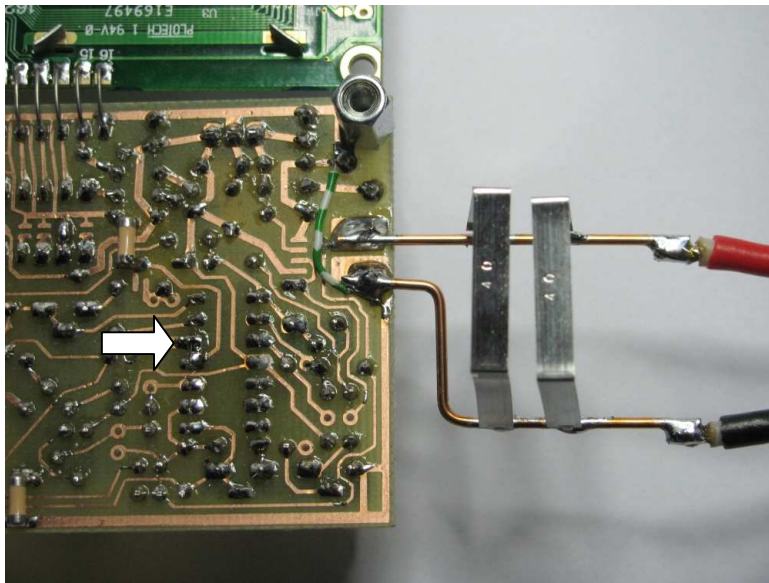
ACHTUNG: Für höhere Stromwerte ist zu beachten, dass die am Shunt bei max. Strom auftretende Leistung von diesem nicht nur verkraftet, sondern auch abgeführt werden muss!

Somit können die Bauteile IC3, R2, R4, R6, R11, R21, R31, R14, R24, R34, R15, R25, R35, R16, R26, R36 und C7 bis C13 bestückt werden. Die Drahtbrücke beim OP (IC3) nicht vergessen aber erst nach dem IC3 (OP) einlöten.

Ebenso folgende Bauteile mit den aus den Tabellen erhaltenen Werten:

- R1: 1 MOhm
- R3: 500 kOhm
- R5: 100 kOhm
- R13: 2 MOhm
- R23: 1 MOhm
- R33: 200 kOhm

Der Shunt wird provisorisch mit den +Str und –Str-Eingängen verbunden.

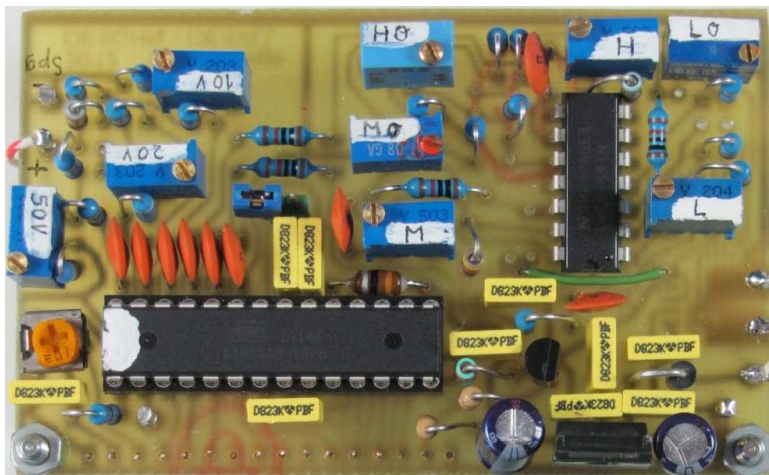


Bei nebenstehender Platine trat das „Offsetproblem“ im Mittleren Strombereich auf. Dieses ist dann weiter unten im Text beschrieben. Deshalb der eingelötete R27 Widerstand in SMD-Ausführung. Siehe Pfeilspitze.

Deutlich auch die beiden 40-Milliohm-Shunt's zwischen den beiden Kupferdrähten erkennbar.

Bild 14: Provisorische Inbetriebnahme des Shunt

Ebenfalls wird der Jumper JP1 gesteckt. Er schaltet die Software in eine Art Servicemodus: Es werden alle 3 Strommessbereiche gleichzeitig im Rohformat (0 – 1024) dargestellt, der High-Bereich außerdem in Amp. Dies erleichtert den Abgleich. Es kann übrigens jederzeit ohne Probleme während des Betriebes der Jumper gezogen oder wieder gesteckt werden und damit zwischen Normalmodus und Servicemodus umgeschaltet werden.



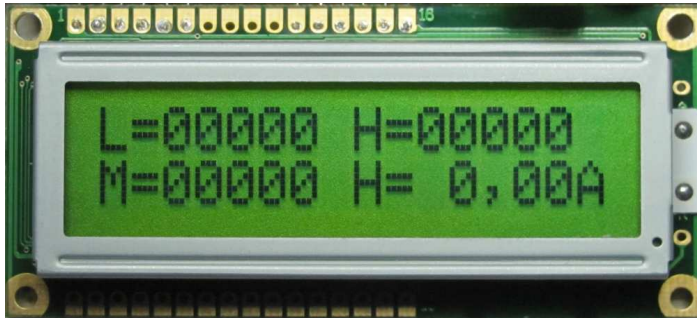
Es ist sehr praktisch wenn man die Potis mit einer Aufschrift versieht, welche ihrer Funktion entspricht. Das erleichtert die Abgleicharbeiten ungemein, da man dann nicht lange suchen muss, welches Poti für was zuständig ist. Siehe Bild.

Bild 15: Bestückte Platine

Ableich der Strommessbereiche für Ausführung mit Shunt

Nun wird die Platine wieder mit Strom versorgt.

Als erstes wird die Offseteinstellung (Nullpunkt-Einstellung) für jeden der drei Strommessbereiche durchgeführt. Die Potis R2, R4 und R6 werden in den jeweiligen Messbereichen auf eine Anzeige von =00000 eingestellt.



Hier im Bild eine optimale Offset-Einstellung – alle drei Bereiche auf exakt Null.

Bild 16: „Service-Modus“

Sollten sich ein oder mehrere Bereiche nicht auf 0 stellen lassen, dann ist, wenn kein Fehler vorliegt, folgendes Problem aufgetreten:

Es muss, um 0 zu erreichen, eine sehr geringe Offset-Spannung (ca. 0,0012 Volt) an den Potis eingestellt werden. Nun kann es sein, dass, Exemplarabhängig, der Operationsverstärker eine höhere (unerwünschte) Offsetspannung in die andere Polaritätsrichtung benötigt. Dies kann erst nach Inbetriebnahme festgestellt werden. In diesen Fällen ist es notwendig, bei jenen Messbereichen, wo es auftritt, den Widerstand R16, R26 bzw. R36 auszulöten und als R12, R22 bzw. R32 wieder einzulöten. Diese Widerstände sind im Schaltplan in Klammer bezeichnet, da sie normalerweise nicht bestückt sind.

Zusätzlich ist ein SMD-Widerstand (R17, R27 bzw. R37 auf der Lötseite im Bereich des OP's einzulöten (siehe Bestückungsplan). Dies ist aber nur bei jenen Messbereichen nötig, wo sich sonst nicht =00000 einstellen lässt. Tritt dies z.B. beim mittleren Strombereich auf, können vorerst die beiden anderen Bereiche fertig abgeglichen werden.

Nach dem Umbestücken sollte sich der Offset im jeweiligen Messbereich dann so einstellen lassen, dass =00000 erreicht wird.

Im Bereich der Strommessung sind die Widerstände mit den Bezeichnungen R1x für den Low-Strombereich, jene mit R2x für den Mid-Bereich und jene mit R3x für den High-Bereich zuständig.

Ist die Einstellung des Offsets beendet, kann mit der Einstellung der Verstärkung begonnen werden.

Dies geschieht nach Möglichkeit mit ca. 90 Prozent des Maximalstrom's der jeweiligen Messbereiche. Das bedeutet, dass im 1-Amp-Bereich ca. 900 mA durch den Shunt fließen sollen. Dieser Strom wird mit einem externen Amperemeter gemessen und mit dem zugehörigen Poti (R1, R3, R5) am Display eingestellt. Speziell beim höchsten Strombereich kann dies Schwierigkeiten bereiten, da so Mancher entweder nicht den benötigten Strom bereitstellen bzw. diesen nicht messen kann. Hier kann man sich aber ohne wei-

teres helfen, indem man bei einem geringeren Stromwert die Justage vornimmt. Man muss aber einen höheren Strom als das Maximum des mittleren Messbereichs verwenden, da sonst nicht auf den höchsten Strombereich umgeschaltet wird.

Eventuell wird anschließend die Offseteinstellung (Nullwert) und danach die Verstärkungseinstellung noch einmal nachjustiert.

Die Inbetriebnahme der Platine wäre somit abgeschlossen.

Bestückung des Strommessteils für die Stromsensor-Ausführung

Es werden nun die restlichen Bauteile eingelötet. Dies umfasst IC3, IC4, R1 bis R6, R10, R12, R13, R14, R15, R20, R22, R23, R24, R25, R30, R32, R33, R34 und R35. Die Kondensatoren sollten schon vorher eingelötet worden sein. Bei den beiden IC's ist auf die Pin-1-Markierung und bei IC4 besonders auf die exakte Positionierung zu achten damit es zu keinen Kurzschlüssen kommt.

Pin 1 und Pin 2 des IC4 sind miteinander verbunden, ebenso Pin 3 und Pin 4. Die Anschlüsse an diese bewusst relativ groß dimensionierten Anschlussstellen (Str- und Str+) sollten mit Kabeln erfolgen, welche einen möglichst großen Querschnitt haben, am Besten 4 mm², zumindest aber 2,5 mm². Der Grund liegt darin, dass die Wärme, welche an den Anschlussstellen des IC's entsteht, möglichst von den Kabeln abgeführt wird und nicht umgekehrt durch zu dünne Kabel noch zusätzliche Wärme produziert wird, was sich in einem starken Temperaturgang von IC 4 niederschlagen würde.

Sind die Bauteile alle eingelötet und auch die Brücken SJ2 bis SJ4 nicht vergessen worden, kann mit dem Abgleich begonnen werden.

Abgleich der Strommessbereiche mit Stromsensor-IC

1.) Als erstes wird Jumper 1 (JP1) an Pin 19 des ATmega8 gesteckt – damit wird der Prozessor auf Service-Modus umgestellt – das hat zur Folge, dass alle 3 Strommessbereiche gleichzeitig dargestellt werden, was für den Abgleich notwendig ist.

2.) Dann werden an den Schleiferkontakten (mittlerer Pin) der Offset-Einstellregler folgende Werte eingestellt:

Einstellregler R2: 0,61 Volt (5-Amp.-Bereich)
Einstellregler R4: 0,77 Volt (10-Amp.-Bereich)
Einstellregler R6: 1,86 Volt (20-Amp.-Bereich)

Anschließend wird mit den Verstärkungs-Einstellreglern bei ca. 90 Prozent der jeweiligen Strombereichsgrenze die Stromanzeige auf richtigen Wert eingestellt.

Einstellregler R1: 5-Amp.-Bereich
Einstellregler R3: 10-Amp.-Bereich
Einstellregler R5: 20-Amp.-Bereich

Beispiel 20-Ampere-Bereich:

3.) Es werden z.B. 19 Ampere (möglichst stabil) mittels eines Netzteils durch den Stromsensor-IC geschickt und mit dem Einstellregler R5 diese 19 Amp. im größten Bereich am Display eingestellt. Man muss dazu nicht den vollen Bereich nutzen, es funktioniert auch bei z.B. 12 Amp., es kann aber um so genauer eingestellt werden je besser der Bereich ausgenutzt wird.

4.) Anschließend wird mit dem zugehörigen Offset-Regler R6 bei null Strom der Offset nachkorrigiert (Im Servicemodus Anzeige am Display auf 0 gebracht).

5.) Danach werden Punkt 3 und Punkt 4 so lange wiederholt, bis keine wesentlichen Abweichungen mehr sind. Es sollten rund 6 Wiederholungen genügen.

6.) Nun werden die Punkte 3 bis 5 mit den beiden anderen Strombereichen durchgeführt. Es kann sein, dass nach einer „Umpositionierung“ der Anzeige eine kleine Nachjustage bei 0 Amp. notwendig wird, da selbst das Erdmagnetfeld hier seinen Einfluss geltend macht. Mit einem „magnetischen“ Schraubendreher, welchen man in die Nähe des Sensors bringt, sieht man die Empfindlichkeit desselben sehr stark.

Damit wäre der Abgleich erledigt und das Modul einsatzbereit.

Die Strombegrenzungsanzeige:

Wird das Modul an einem Netzgerät betrieben, welches einen Ausgang zur Anzeige des strombegrenzten Betriebs zur Verfügung stellt, kann man diesen nützen. Dies kann ein Transistor oder ein Relaiskontakt sein, welche bei Einsatz der Strombegrenzung den Kontakt „ÜSt“ (direkt verbunden mit Pin 2 des Prozessors) gegen Masse durchschaltet. Im gegebenen Fall wird das durch Text im Display (2. Zeile rechts) und durch blinken der Hintergrundbeleuchtung zwischen „hell“ und „halb-hell“ angezeigt.

Die Stromversorgung für das Modul:

Üblicherweise ist vorgesehen, dass die Spg-Strom-Leistungs-Anzeige als Nachrüstung für vorhandene Netzteile oder auch für neue Netzteile eingesetzt wird. Je nach Ausführung der Netzteile gibt es unterschiedliche Möglichkeiten, wie die Platine mit der benötigten Spannung versorgt werden kann. Einige davon sollen hier erläutert werden. Bei der Ausführung mit dem Stromsensor-IC tut man sich hier etwas leichter, da das Potential für die Strommessung nicht berücksichtigt werden muss.

a) Die einfachste Form ist, einfach ein eigenes Netzteil zu verwenden (8 – 15 Volt, 70 mA Gleichstrom). Dies kann auch aus einem kleinen Transformator bestehen, welcher zusätzlich eingebaut wird, so fern es die Platzverhältnisse erlauben.

Nachteil: Der Einbau scheitert manchmal an Platzproblemen.

b) Bei konventionellen Netzteilen kann eventuell am Trafo eine zusätzliche Wicklung aufgebracht werden. Diese müsste sozusagen „eingefädelt“ werden. Nur möglich, wenn auf dem Wicklungskörper noch genügend Platz ist. Dazu noch Gleichrichter, Elko und Sicherung und fertig ist die Versorgung.

Nachteil: Es kann sehr aufwendig sein, die zusätzliche Wicklung anzubringen, da dazu normalerweise der Trafo ausgebaut werden muss. Ist leider nicht bei Schaltnetzteilen möglich.

c) Auf der Niederspannungsseite eines konventionellen Trafos mittels eines geeigneten (NF)-Übertragers eine geeignete Spannung erzeugen. Die benötigte Leistung ist kleiner 1 Watt. Dazu noch Gleichrichter, Elko und Sicherung und fertig ist die Versorgung, ohne dass im 230-V-Bereich etwas geändert werden muss.

d) Eine vorhandene aber zu hohe Spannung mittels geeignetem Vorwiderstand der Platine zuführen. Hier ist die maximal erlaubte Eingangsspannung des verwendeten Spannungsreglers zu beachten. Eventuell muss hier mit einer geeigneten Zenerdiode zusätzlicher Schutz vor zu hoher Eingangsspannung geschaffen werden.

e) Mittels DC-DC-Wandler eine im Netzteil vorhandene, aber ungeeignete Spannung, auf das benötigte Niveau bringen. Speziell solche Typen, welche gleichzeitig auch galvanisch trennen, sind hier sehr brauchbar. Typischer Einsatzfall: Für andere Zwecke verwendete PC-Netzteile, deren 5-Volt-Teil meistens brach liegt. Hier ein 1-Watt-DC-DC-Wandler von 5 auf 12 Volt eingesetzt, ist eine einfache Lösung.

Bei den DC-DC-Wandlern ist zu beachten, dass viele Typen eine relativ genau passende Eingangsspannung (z.B. +/- 10 %) benötigen.

f) Bei Netzgeräten, welche sowieso eine geeignete Spannung erzeugen (z.B. 13,75 Volt für Funkgeräte etc.) ist bei Verwendung der Ausführung mit Shunt zu beachten, dass keine Minus-seitige Masseverbindung besteht, da dies die Strommessung verhindern oder verfälschen kann. Eine eventuell bestehende Verbindung müsste aufgetrennt werden. Sie könnte dann, wenn benötigt, auf der „Plus-Seite“ des Shunts wieder hergestellt werden. Hier ist auch zu beachten, dass in diesem Fall auch die Stromaufnahme der Platine mit angezeigt wird. Soll dies verhindert werden, muss mit einem DC-DC-Wandler gearbeitet werden.

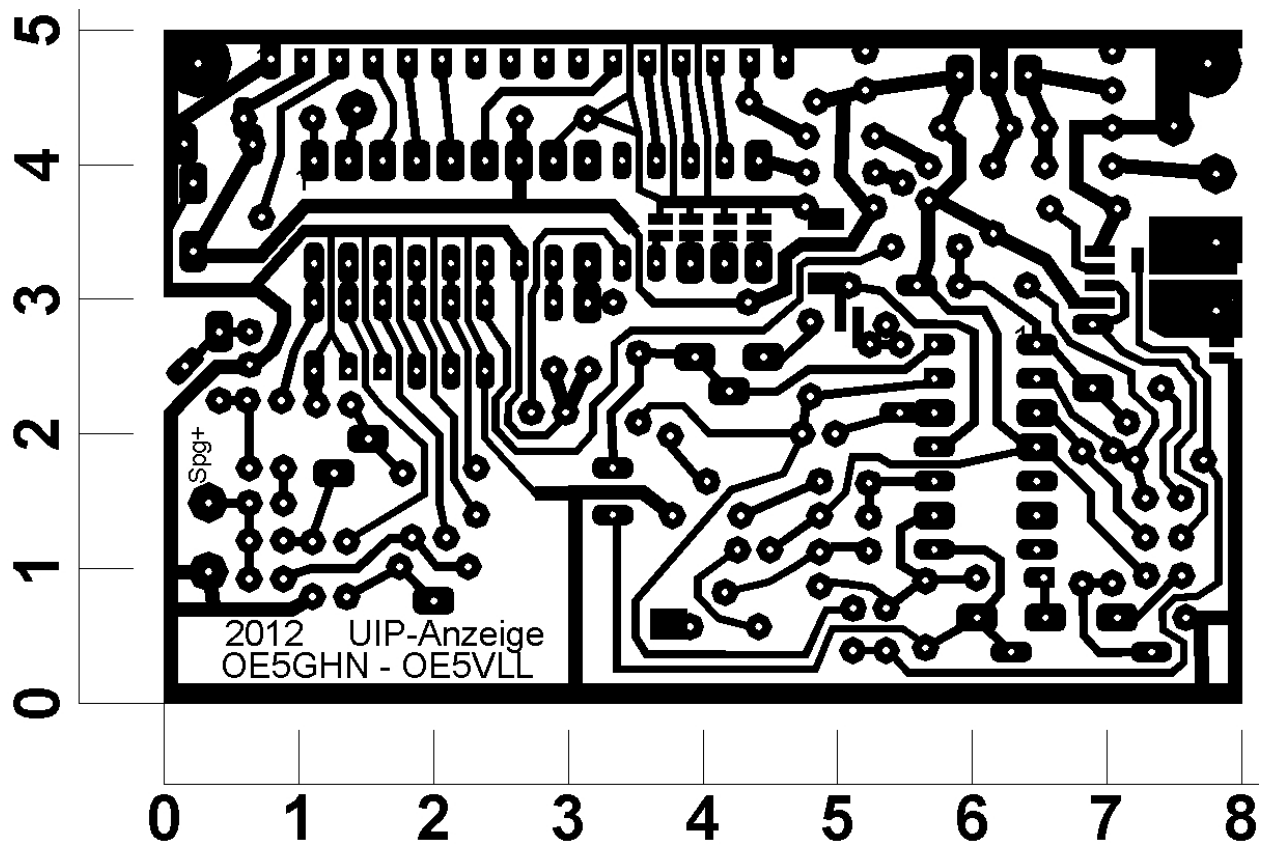


Bild 18: Das Platinenlayout mit cm-Mass

Der Bausatz:

Als „Standardbausatz“ wurde die Ausführung für die Strommessbereichsgruppe 1 (1 Amp. – 2 Amp. – 10 Amp.) mit Shunt 0,02 Ohm (2 x 0,04 Ohm parallel) ausgewählt. Wer als hohen Strombereich 5 Amp. (Strommessbereichsgruppe 0) haben will, der braucht nur R33 mit 430 kOhm oder 470 kOhm statt 200 kOhm bestücken.

Für diesen Bausatz ist ein passender Shunt beigelegt. Die in der Stückliste violett markierten Einträge sind abhängig von den Strombereichen etc. Der 1-MOhm-Widerstand (R45) für die wahlweise Ausführung Spg.-Bereich 100 Volt liegt bei. Die Widerstände R52 und R53 werden mit zum LCD passenden Werten beigelegt.

Stückliste für 1-2-10 Amp. mit Shunt 0,02 Ohm

Stück	Type	Bezeichnung	
1	1N4937	D1	
1	BC556	Q1	
1	ATMega8	IC1	
1	LM7805	IC2	
1	LMC6484	IC3	
1	LCD 1602	LCD	
1	100 nH	L1	
2	0 R SMD	R0	
2	0,04 R	Shunt	
9	3,3 nF	C8, C9, C10, C11, C12, C13, C14, C15, C16	
10	100 nF	C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C18, C19, C20	
2	47 µF	C21, C22	RAD47/25
3	1k ER	R2, R4, R6	64Y 1k
3	20k ER	R7, R8, R9	64Y 20k
1	1M ER	R1	64Y 1M
1	500k ER	R3	64Y 500k
1	100k ER	R5	64Y 200k
1	10k ER	R54	PT6-L 10k
1	2M	R13	
1	1M	R23	
1	200k	R33	
2	47R oder 270R	R52, R53	
1	2k7	R51	
13	10k	R11, R15, R16, R21, R25, R26, R31, R35, R36, R47, R48, R49, R50	
3	91k	R41, R43, R46	
1	100k	R40	
1	300k	R42	
3	470k	R14, R24, R34	
1	910k	R44	
1	1M	R45	
3	(10k) SMD	R17, R27, R37	(Sind nur bei Bedarf zu bestücken, siehe Text!)
1	Jumper		
1	Stiftleiste für Jumper		
1	Sockel 28-pol., Type GS28P-S		GS28P-S
1	Platine		
2	Mutter M3		
2	Abstandsbolzen M3 Type: DA10mm		DA 10mm
2	Schraube M3 x 3		

Viel Bastelspaß wünschen Euch

Hubert Gschwandtner OE5GHN und Erwin Hackl OE5VLL
oe5ghn@schorsch.at erwin.hackl@pc-club.at